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 DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV

CONSULTA PÚBLICA



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 1
I.1 NOMBRE DEL PROYECTO 1
I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO 1
I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO 3
I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE 3
I.4.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL 3
I.4.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE 3
I.4.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL 3
I.4.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES 3
I.4.5 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO 4

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Resumen de datos de localización para el proyecto fotovoltaico Tepetates PV.* _____ *1*
Cuadro 2. *Riesgo y vulnerabilidad de la localización de las obras del proyecto Tepetates PV.*_____ *2*

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Croquis de localización.*_____ *2*

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

El objeto de este capítulo es aportar los datos básicos que permitan la identificación del **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV** y una primera aproximación de su entorno, asimismo, proveer de los siguientes datos administrativos para dar seguimiento del trámite en evaluación:

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO

El nombre del proyecto asignado por el promovente es **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, o "Tepetates PV"**, con el cual quedará registrado ante la Secretaría y es con el que se identificará dicho proyecto para trámites subsecuentes relacionados con él.

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se localiza en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz; en la porción central de la entidad veracruzana. Las coordenadas geográficas extremas del proyecto son 19°08'5'' al norte y 19°6'47'' al sur en Latitud Norte y 96°31'36'' al este y 96°34'2'' al oeste en Longitud Oeste. El predio del Parque Fotovoltaico cuenta con una superficie de 439.236 hectáreas.

El proyecto Tepetates PV tiene acceso mediante un entronque al sureste de la planta. El Entronque se realiza en el Camino Ejidal "Sinaloa", el cuál intercepta con la carretera "Soledad de Doblado-El Capricho" (*Cuadro 1*) (*Figura 1*).

Cuadro 1. Resumen de datos de localización para el proyecto fotovoltaico Tepetates PV.

PROYECTO TEPETATES PV	
Municipio	Soledad de Doblado
entidad federativa	Veracruz
calle, número, colonia o código postal	C.P 94240
Localidades próximas	Población de Tepetates y Soledad de Doblado, Ver.
Vías de comunicación cercanas	Carretera estatal carretera "Soledad de Doblado-El Capricho", entronque camino ejidal "Sinaloa"

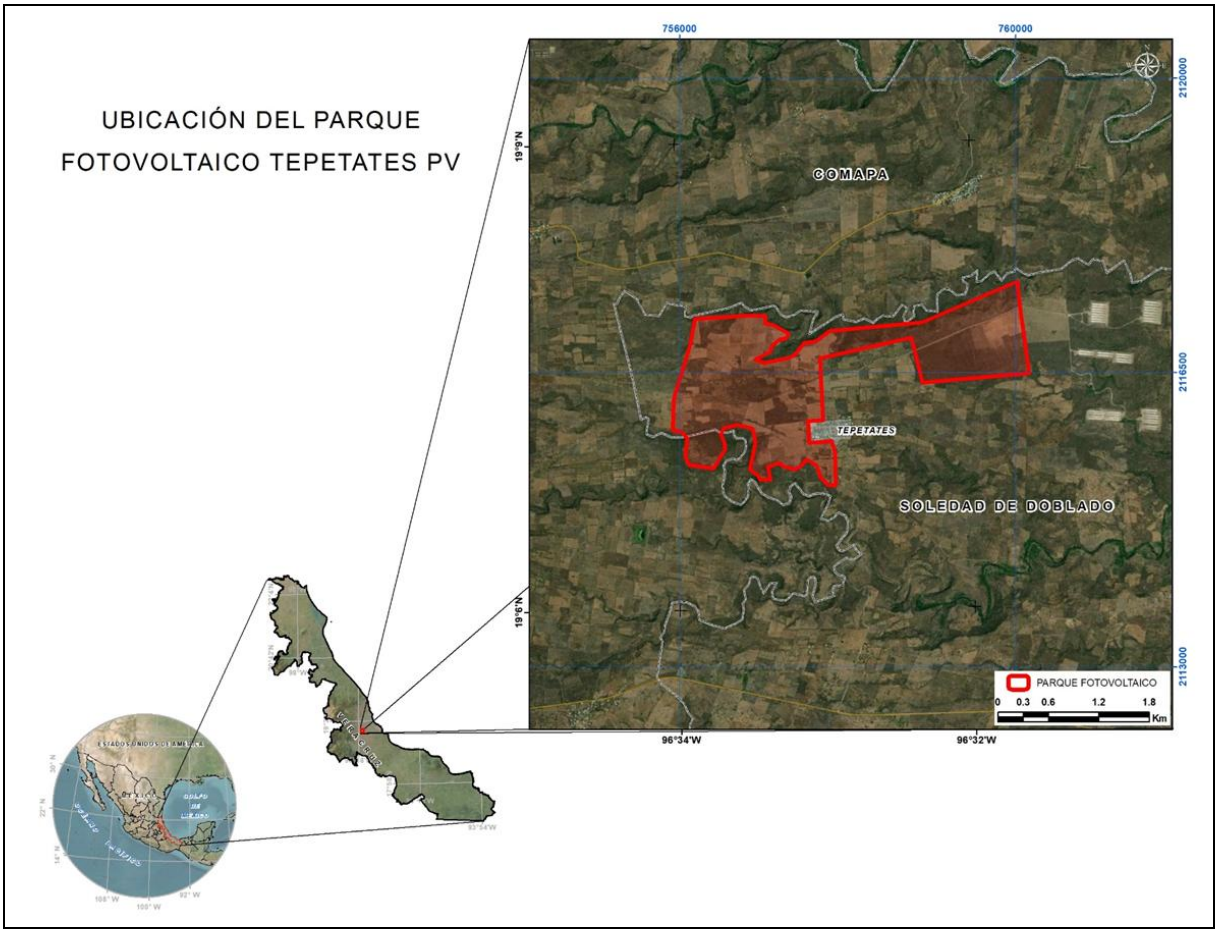


Figura 1. Croquis de localización.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos y el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al cambio climático, se Indica si el proyecto se ubica en zona de riesgo como paredes de cañones, lechos y cauces de arroyos, zonas de fallas geológicas, de deslizamiento, de inundación, así como en zonas de litorales expuestas a oleaje de tormenta y procesos de erosión, en desembocaduras y ríos, áreas identificadas como altamente vulnerables al cambio climático[1] (*Cuadro 2*). En los sistemas para evaluación de los riesgos mencionados en las aplicaciones del Atlas Nacional de Riesgos, no se observan dichos riesgos en las poligonales de obras del proyecto.

Cuadro 2. Riesgo y vulnerabilidad de la localización de las obras del proyecto Tepetates PV.

ZONA DE RIESGO	APLICA (SI/NO)
Paredes de cañones	NO
Lechos y cauces de arroyos	NO

[1] http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

ZONA DE RIESGO	APLICA (SI/NO)
Zonas de fallas geológicas	NO
Zonas de deslizamiento	NO
Zonas de inundación	NO
Zonas de litorales expuestas a oleaje de tormenta y procesos de erosión	NO
Desembocaduras y ríos	NO
Áreas identificadas como altamente vulnerables al cambio climático	NO

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto podrá lograr una vida útil de 30 años, con la posibilidad de prolongarla gracias al mantenimiento permanente y a la adaptación de las nuevas tecnologías que vayan surgiendo al paso del tiempo. El calendario detallado de actividades del proyecto en sus distintas etapas puede consultarse en el capítulo II de este mismo documento.

I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.4.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

[redacted]

I.4.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE

[redacted]

I.4.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL

[redacted]

I.4.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES

[redacted]

[redacted]

I.4.5 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

Instituto de Ecología, A.C.

Consultor que elabora el estudio: Rafael Villegas Patraca, No, de cédula profesional; 1924514

REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES

[redacted]

[redacted]

Correo electrónico: [redacted]

Se anexa copia simple de los documentos de identificación del responsable del estudio (Se presenta el original para cotejo). Anexo 4.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES 1
II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 1
II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO 1
II.1.2 JUSTIFICACIÓN 4
II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO 6
II.1.3.1 Superficie total requerida 20
II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 28
II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 30
II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO 46
II.2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN 48
II.2.2.1 Preparación del sitio 48
II.2.2.2 Construcción 49
II.2.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 55
II.2.3.1 Operación 55
II.2.3.2 Mantenimiento 56
II.2.4 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES 60
II.2.5 REQUERIMIENTOS DE PERSONAL E INSUMOS 61
II.2.6 RESIDUOS 65
II.2.7 GENERACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO 68
II.2.7.1 Identificar por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero 68
II.2.7.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, entre otros 69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Criterios de evaluación que justifican la viabilidad del proyecto.* 4
Cuadro 2. *Coordenadas del polígono que integra el predio del parque fotovoltaico* 11
Cuadro 3. *Coordenadas de localización de los vértices de vallado perimetral del proyecto.* 16
Cuadro 4. *Superficies ocupadas por obras permanentes.* 21
Cuadro 5. *Superficies a ocupar por obras temporales.* 22
Cuadro 6. *Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m^2) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.* 22
Cuadro 7. *Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m^2) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.* 22
Cuadro 8. *Montos estimados de inversión para el proyecto.* 28
Cuadro 9. *Resumen de costos.* 29
Cuadro 10. *Características eléctricas.* 31
Cuadro 11. *Características de los centros de transformación.* 33
Cuadro 12. *Longitudes totales en caminos internos.* 44
Cuadro 13. *Cronograma de actividades de proyecto.* 46
Cuadro 14. *Requerimientos de personal por etapa del proyecto.* 61
Cuadro 15. *Requerimientos de agua por etapas del proyecto.* 62
Cuadro 16. *Maquinaria por utilizar durante la preparación del sitio y la construcción.* 63
Cuadro 17. *Camiones para utilizar durante la preparación del sitio y la construcción.* 63
Cuadro 18. *Requerimiento de combustible y energía por etapas del proyecto.* 64
Cuadro 19. *GEI esperados, fuente y origen.* 69
Cuadro 20. *Estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).* 71

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Croquis de localización del Proyecto.* 3
Figura 2. *Ubicación del proyecto dentro de la región.* 7
Figura 3. *Acceso al proyecto (entronque al sureste de la planta).* 8
Figura 4. *Detalle del acceso mediante el entronque al camino ejidal.* 9
Figura 5. *Municipios que interaccionan con el Proyecto.* 10
Figura 6. *Predio del Proyecto y vértices que lo conforman.* 13
Figura 7. *Acceso principal a Planta FV.* 14
Figura 8. *Vallado perimetral del Proyecto.* 15
Figura 9. *Obras del proyecto.* 24
Figura 10. *Obras del proyecto: módulos fotovoltaicos, centros de transformación y zanja de media tensión.* 25
Figura 11. *Obras del proyecto: subestación eléctrica, cuarto de control, caseta de vigilancia y estacionamiento.* 26
Figura 12. *Obras del proyecto: Caminos internos, cunetas, campamento de faenas y ampliación de la subestación.* 27
Figura 13. *Módulo fotovoltaico.* 31
Figura 14. *Detalle del Tracker.* 32
Figura 15. *Centro de Transformación.* 33
Figura 16. *Detalle de las zanjas de baja tensión.* 35
Figura 17. *Detalle de las zanjas de media tensión.* 36
Figura 18. *Especificaciones de la valla perimetral.* 37
Figura 19. *Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle A.* 38
Figura 20. *Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle B.* 39
Figura 21. *Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle C.* 39
Figura 22. *Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle D.* 40
Figura 23. *Secciones tipo de cunetas.* 40
Figura 24. *Imagen tipo vado.* 41
Figura 25. *ODT tipo tubería.* 42
Figura 26. *ODT tipo cajón de concreto.* 43
Figura 27. *Sección transversal tipo.* 44
Figura 28. *Cerramiento típico para una planta fotovoltaica.* 49
Figura 29. *Hincadora para estructura de seguidor.* 51
Figura 30. *Montaje de Torque Tube.* 51
Figura 31. *Fijación del panel.* 52
Figura 32. *Zanjado de media tensión.* 53
Figura 33. *Tipos de sección de cuneta.* 54

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES

En este capítulo se presenta la información de las obras y actividades que se pretenden llevar a cabo para el desarrollo del **PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV.** La información requerida detalla de manera precisa los objetivos del proyecto.

En su conjunto, esta información permite aportar un primer acercamiento a la identificación de los componentes del proyecto y sus actividades que podrían ocasionar posibles impactos ambientales durante la ejecución de este, así como su magnitud y temporalidad.

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A continuación, se describe el proyecto en su conjunto, de acuerdo con su naturaleza, objetivos, características, distribución espacial y temporal de obras y/o actividades principales, de servicios y obras asociadas.

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO

El **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV** consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una central de generación de energía eléctrica de tipo solar con una capacidad de 130 MWAC, la cual aprovechará la radiación emitida por el sol para la conversión a energía eléctrica, por lo que esta energía se considera limpia y de origen renovable.

El principal propósito del proyecto es aprovechar la energía de la radiación emitida por el sol para transformarla en energía eléctrica y suministrarla al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para el abastecimiento de energía a centros de consumo de cualquier tipo además de contribuir a la mitigación de emisiones de CO_2 reduciendo el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

Así mismo dentro de los objetivos del proyecto se incluyen las siguientes medidas generales de protección ambiental para reducir la vulnerabilidad y adaptarse a los efectos del cambio climático:

- **Optimización del diseño y ubicación:** Selección de áreas con menor impacto ecológico y alta eficiencia energética para minimizar la alteración del entorno natural.
- **Uso de tecnologías eficientes:** Implementación de paneles solares con alta eficiencia y menor degradación térmica para maximizar la generación de energía en diversas condiciones climáticas.
- **Gestión de residuos y materiales:** Uso de materiales reciclables y estrategias de economía circular para reducir la huella ambiental durante la instalación y desmantelamiento.

- **Medidas de conservación del suelo y biodiversidad:** Implementación de técnicas de reforestación y restauración ecológica en áreas afectadas para mitigar la erosión y mantener la biodiversidad local.

- **Gestión hídrica sustentable:** Uso eficiente del agua en la limpieza de paneles, priorizando sistemas de reutilización para evitar impactos.

- **Monitoreo y mitigación de impactos:** Implementación de un sistema de vigilancia ambiental para evaluar la afectación y aplicar medidas correctivas en caso necesario.

- **Planes de adaptación a eventos climáticos extremos:** Diseño de infraestructura resiliente ante tormentas, huracanes y olas de calor, con estrategias de mantenimiento preventivo y respuesta rápida.

Este tipo de instalaciones producen energía a partir de fuentes de energía renovables, en este caso energía solar. Son energías "limpias" y no contaminantes, por lo que evitan una influencia negativa sobre el medio ambiente y hacen posible el desarrollo sostenible. Evitan la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera como Azufre, CO_2, CO, Plomo, etc., ya que introducen a la red nacional energía limpia generada con radiación solar y evitan la generación de electricidad mediante otras fuentes energéticas como la nuclear, carbón y derivados del petróleo, en cuyos procesos se generan residuos y subproductos altamente contaminantes.

En la planta solar del proyecto fotovoltaico Tepetates PV, los circuitos de media tensión serán a 34,5kV. Estos circuitos se conectarán a la Subestación Elevadora donde se elevará la tensión a 115kV. Se dispondrá de una línea aérea desde la Subestación Elevadora hasta conectar a una subestación desde donde se distribuirá al Sistema Eléctrico Nacional. Dicha Línea de Transmisión se presentará ante la autoridad ambiental como un proyecto/trámite aparte.

El proyecto contempla también:

- Subestación elevadora particular y transformador de potencia.

- Obra civil (cimentaciones, registros, caminos internos, camino de acceso, etc.).

- Sistema de cableado (Red de Media Tensión), cajas de conexiones, tableros.

- Sistemas periféricos de seguridad, vigilancia y mantenimiento.

El parque podrá lograr una vida útil de 30 años, con la posibilidad de prolongarla gracias al mantenimiento permanente y a la adaptación de las nuevas tecnologías que vayan surgiendo al paso del tiempo.

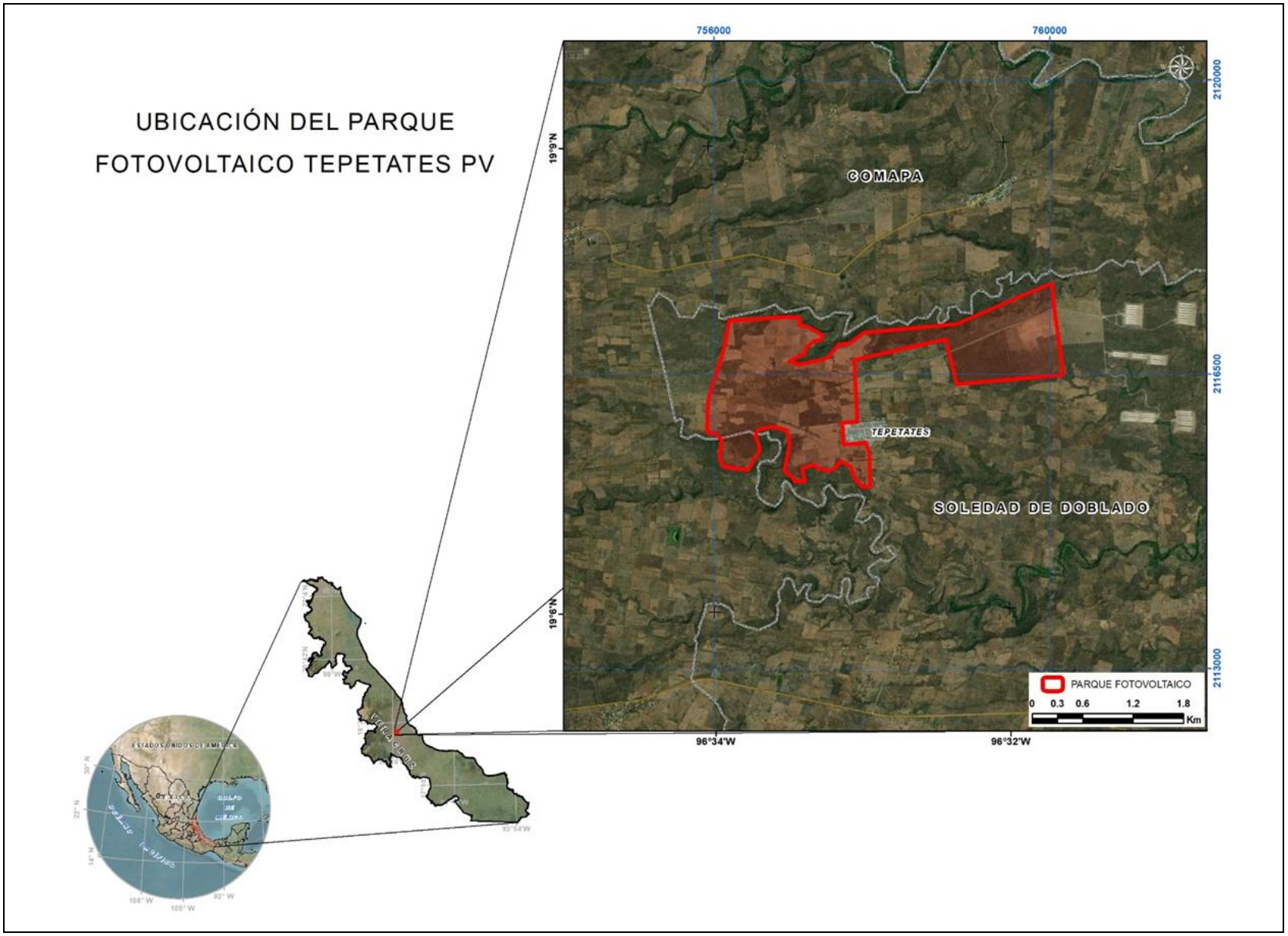


Figura 1. Croquis de localización del Proyecto.

II.1.2 JUSTIFICACIÓN

La necesidad y/o posibilidad de desarrollar un proyecto fotovoltaico se determina a través de una serie de criterios técnicos, económicos, legales y ambientales. Estos criterios permiten evaluar si el proyecto es factible y rentable a largo plazo, teniendo en cuenta las condiciones locales y las exigencias del mercado. A continuación, se presentan los principales criterios que se utilizan para determinar la viabilidad de un proyecto fotovoltaico:

1. Criterios técnicos; Radiación solar, topografía del terreno, disponibilidad de terreno Acceso a la red eléctrica Infraestructura.
2. Criterios económicos; Inversión inicial, retorno de inversión, análisis de flujo de caja, subvenciones e incentivos, precio de la energía.
3. Criterios legales y normativos; Regulación local y permisos, contrato de compraventa de energía, impacto social.
4. Criterios ambientales; Impacto ambiental, sostenibilidad del proyecto, cambio climático.
5. Criterios sociales y comunitarios; Aceptación social, beneficios locales.
6. Criterios operativos y de mantenimiento; Costos de operación y mantenimiento, durabilidad y vida útil de los paneles.
7. Criterios tecnológicos; Eficiencia tecnológica, Innovación.

A continuación, se describen los criterios y aspectos a evaluar en el proyecto fotovoltaico Tepetates PV indicando si cada uno presenta una aptitud favorable, desfavorable, o si aún se encuentra en proceso de estimación respecto a la factibilidad de su ejecución. Una aptitud favorable se refiere a la capacidad o condición de un elemento para cumplir de manera positiva con los requisitos, criterios o condiciones establecidas en un contexto determinado. En el caso de un proyecto, significa que un aspecto o criterio específico tiene las características adecuadas o necesarias para contribuir al éxito del proyecto.

Por ejemplo, si en el análisis de viabilidad del proyecto se dice que el terreno tiene "aptitud favorable", esto indicaría que el terreno tiene las características ideales para la instalación del proyecto, como una buena radiación solar, accesibilidad, y topografía adecuada.

En resumen, una aptitud favorable implica que se tienen las condiciones necesarias para ser adecuado o positivo dentro de un análisis o evaluación (*Cuadro 1*).

Cuadro 1. Criterios de evaluación que justifican la viabilidad del proyecto.

CRITERIOS	ASPECTO QUE EVALUAR	APTITUD	DESCRIPCIÓN
Técnicos	Radiación solar	Favorable	La cantidad de radiación solar disponible en el área del proyecto es un factor clave. Se realiza un análisis detallado del potencial solar mediante estudios climáticos y la utilización de

CRITERIOS	ASPECTO QUE EVALUAR	APTITUD	DESCRIPCIÓN
			herramientas como bases de datos de radiación (por ejemplo, PVGIS). Cuanto mayor sea la radiación solar, mayor será la eficiencia y el rendimiento energético.
	Topografía del terreno	Favorable	El área debe ser adecuada para la instalación de los paneles, preferiblemente en zonas planas o con poca pendiente para maximizar la captación de la luz solar. También se deben evitar áreas propensas a inundaciones o con una inclinación excesiva.
	Disponibilidad de terreno	Favorable	Se evalúa la extensión y adecuación del terreno disponible, considerando que un proyecto fotovoltaico requiere grandes superficies para instalar los paneles solares.
	Acceso a la red eléctrica	Favorable	Es fundamental que el proyecto esté cerca de las infraestructuras necesarias para la conexión a la red eléctrica. La proximidad a subestaciones y líneas de transmisión influye en los costos de interconexión.
	Infraestructura	Favorable	Disponibilidad de infraestructura vial y logística para el transporte de equipos y materiales hacia el sitio, así como el acceso a recursos hídricos y otras utilidades necesarias durante la fase de construcción y operación.
Económicos	Inversión inicial	Favorable	El costo total de la inversión, que incluye los paneles solares, inversores, estructura de montaje, sistema de conexión a la red, y costos de instalación. Se analiza si el proyecto tiene un costo razonable en relación con su capacidad de generación.
	Retorno de inversión	Favorable	Se realiza un cálculo financiero detallado para determinar el retorno de la inversión, evaluando el tiempo necesario para recuperar el capital invertido, considerando factores como la producción de energía, ingresos por venta de electricidad, incentivos gubernamentales y costos de operación y mantenimiento.
	Análisis de flujo de caja	Favorable	Se proyectan los ingresos y egresos futuros del proyecto, incluyendo los costos operativos, mantenimiento, impuestos y otros factores financieros. Un flujo de caja positivo es esencial para garantizar la viabilidad económica a largo plazo.
	Subvenciones e incentivos	Favorable	Se evalúa la existencia de incentivos gubernamentales, como subsidios, tarifas feed-in, créditos fiscales o precios preferenciales para energía renovable, que puedan mejorar la rentabilidad del proyecto.
	Precio de la energía	Favorable	Se debe analizar el mercado energético local, considerando el precio de venta de la electricidad y las posibles fluctuaciones del mercado.
Legales y normativos	Regulación local y permisos	En proceso	El proyecto debe cumplir con todas las normativas locales, nacionales e internacionales en términos de instalación de infraestructuras energéticas y protección ambiental. Esto incluye la obtención de permisos de construcción, conexión a la red y licencias para operar.
	Impacto socioambiental	Favorable	Es necesario llevar a cabo un estudio de impacto ambiental para asegurar que el proyecto cumple con las regulaciones ambientales y no cause daños significativos al entorno o a las comunidades locales. Además, es importante evaluar el impacto social, especialmente si el proyecto afecta a la población local en términos de desplazamiento o uso de recursos.
Ambientales	Impacto ambiental	En proceso	Mediante la manifestación de impacto ambiental (MIA), se deben implementar medidas de mitigación para reducir posibles daños al ecosistema local, como la gestión de residuos, la protección de la fauna y flora, y la minimización de la erosión del suelo.

CRITERIOS	ASPECTO QUE EVALUAR	APTITUD	DESCRIPCIÓN
	Sostenibilidad del proyecto	En proceso	Evaluar si el proyecto contribuye a los objetivos de sostenibilidad a largo plazo, como la reducción de emisiones de carbono y la transición hacia una economía baja en carbono.
	Cambio climático	Favorable	Se considera cómo el proyecto podría verse afectado por los efectos del cambio climático, como el aumento de temperaturas, cambios en los patrones de radiación solar, o eventos climáticos extremos. También se evalúa la capacidad del proyecto para contribuir a la adaptación climática.
Sociales y comunitarios	Aceptación social	Favorable	La aceptación por parte de las comunidades locales y las partes interesadas es fundamental para el éxito del proyecto. Se deben considerar los impactos sociales, como la creación de empleo, la mejora de infraestructura local y los posibles conflictos por el uso del terreno.
	Beneficios locales	Favorable	Un análisis de los posibles beneficios para la comunidad local, como el desarrollo económico o la provisión de electricidad más limpia, puede influir en la aceptación social y el apoyo al proyecto.
Operativos y de mantenimiento	Costos de operación y mantenimiento	Favorable	Los costos de operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del parque fotovoltaico deben calcularse con precisión. Esto incluye la limpieza regular de los paneles, reparaciones y monitorización del sistema.
	Durabilidad y vida útil de los paneles	Favorable	Se evalúa la durabilidad de los paneles solares y otros componentes, su resistencia a las condiciones climáticas, y la necesidad de reemplazo o mantenimiento a largo plazo.
Tecnológicos	Eficiencia tecnológica	Favorable	La eficiencia de los paneles solares y la tecnología utilizada son factores críticos. Se debe seleccionar tecnología avanzada que maximice la producción de energía y minimice las pérdidas.
	Innovación	En proceso	El uso de tecnologías innovadoras, como sistemas de seguimiento solar o paneles bifaciales, puede mejorar el rendimiento del proyecto y aumentar su viabilidad a largo plazo.

En conclusión, tenemos que la viabilidad del proyecto fotovoltaico depende de una combinación de estos criterios, donde la radiación solar, los costos económicos, la infraestructura disponible, el cumplimiento normativo y la aceptación social y sobre todo los aspectos ambientales, son factores clave. Todos estos aspectos deben ser cuidadosamente evaluados para asegurar que el proyecto sea rentable, sostenible y técnicamente factible como es el caso del proyecto fotovoltaico Tepetates PV.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

Ubicación del proyecto dentro de la región

El Proyecto se localiza en los municipios de Soledad de Doblado, Veracruz, que se ubica en la región sureste de la República Mexicana, en la porción central de la entidad veracruzana. Las coordenadas geográficas extremas del proyecto son 19°08'5" al norte y 19°6'47" al sur en Latitud Norte y 96°31'36" al este y 96°34'2" al oeste en Longitud Oeste. El predio del Parque Fotovoltaico cuenta con una superficie de 439.236 hectáreas (*Figura 2*).



Figura 2. Ubicación del proyecto dentro de la región.

El proyecto tiene acceso mediante un entronque al sureste de la planta. El Entronque se realiza en el Camino Ejidal "Sinaloa", el cuál intercepta con la carreta "Soledad de Doblado-El Capricho" (*Figura 3* y *Figura 4*).

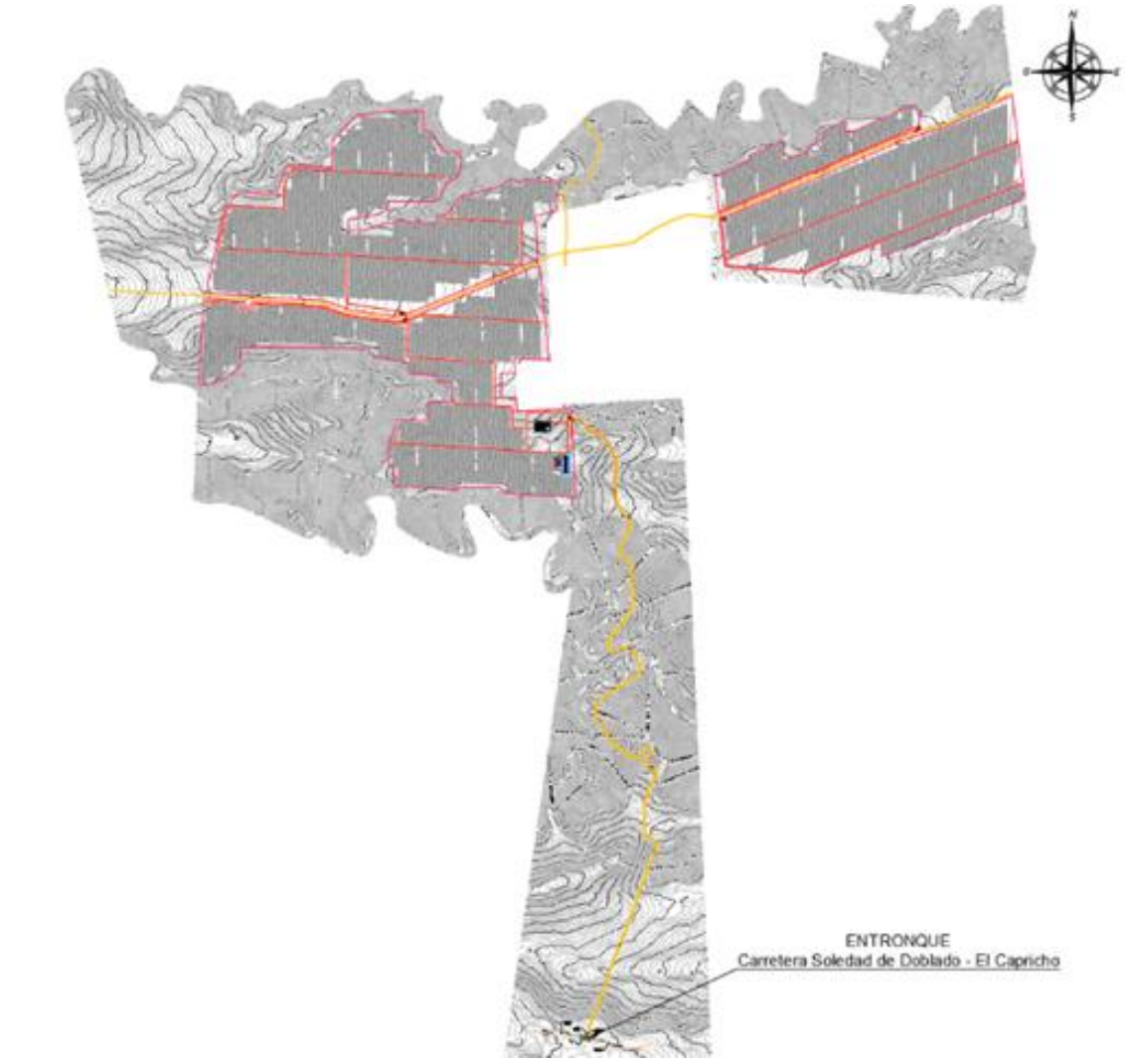


Figura 3. Acceso al proyecto (entronque al sureste de la planta).

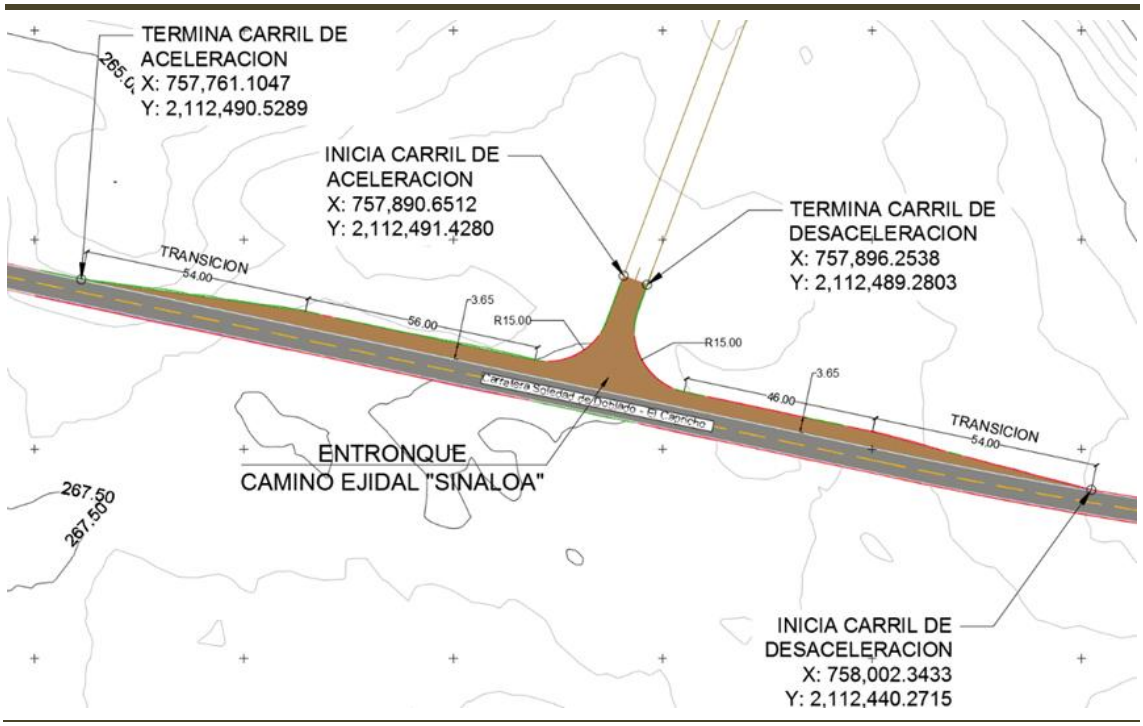


Figura 4. Detalle del acceso mediante el entronque al camino ejidal.

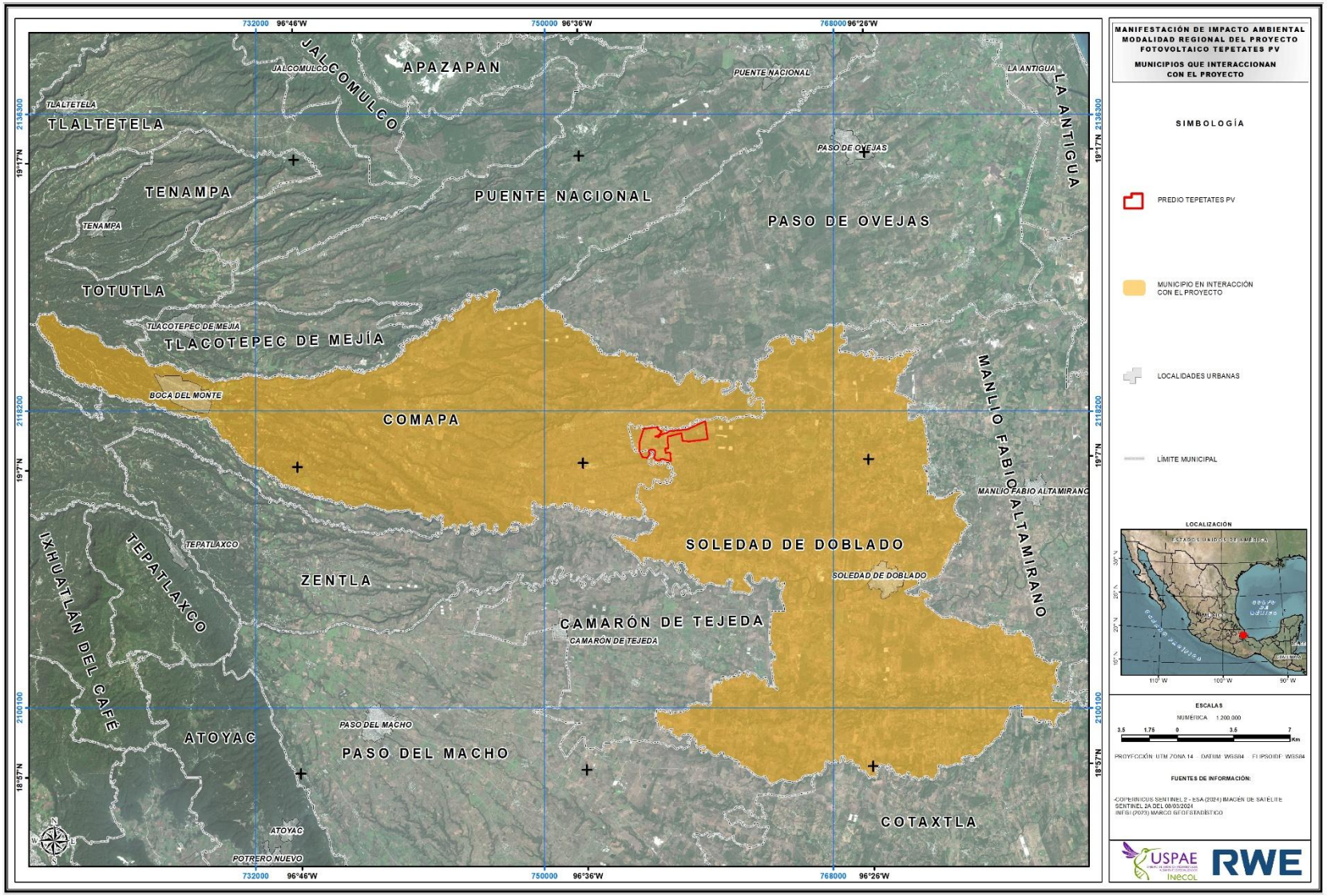


Figura 5. Municipios que interaccionan con el Proyecto.

El *Cuadro 2* indica los vértices que conforman el predio del proyecto y en la *Figura 6* se aprecia la ubicación de los vértices que dan forma a la poligonal del proyecto.

Cuadro 2. Coordenadas del polígono que integra el predio del parque fotovoltaico

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE					
VÉRTICE	X	Y	VÉRTICE	X	Y
1	756063.835	2115508.687	36	757684.791	2116663.373
2	755906.633	2115790.788	37	757686.109	2116494.681
3	755923.742	2116148.067	38	757705.420	2115931.802
4	755917.610	2116300.626	39	757527.602	2115922.759
5	756031.725	2116689.870	40	757540.665	2115663.703
6	756181.523	2117135.286	41	757815.733	2115683.675
7	756811.330	2117201.324	42	757818.881	2115624.011
8	757068.780	2117205.350	43	757848.510	2115629.057
9	757071.157	2117106.991	44	757865.621	2115612.793
10	757109.621	2117091.218	45	757830.997	2115612.514
11	757297.304	2116958.861	46	757846.260	2115557.226
12	757264.405	2116902.109	47	757863.649	2115161.434
13	757244.566	2116843.611	48	757764.877	2115159.293
14	757185.866	2116825.884	49	757726.558	2115198.165
15	757154.856	2116749.257	50	757686.132	2115225.348
16	757118.555	2116731.717	51	757484.848	2115236.764
17	756896.991	2116654.225	52	757448.743	2115274.717
18	756997.525	2116638.463	53	757240.198	2115274.790
19	757123.187	2116628.269	54	757240.741	2115211.005
20	757137.590	2116650.705	55	756956.683	2115225.704
21	757198.993	2116686.019	56	756933.928	2115269.651
22	757219.902	2116738.076	57	756908.995	2115279.510
23	757261.526	2116766.175	58	756836.517	2115339.953
24	757478.942	2116853.721	59	756845.253	2115406.916
25	757507.603	2116872.689	60	756894.852	2115651.400
26	757548.330	2116857.731	61	756886.138	2115748.618
27	757612.700	2116864.409	62	756858.979	2115834.406
28	757787.604	2116992.883	63	756676.415	2115875.295
29	758885.303	2117094.187	64	756522.768	2115836.326
30	760027.886	2117600.490	65	756491.113	2115761.542
31	760160.612	2116492.267	66	756526.021	2115678.376
32	759006.253	2116363.388	67	756538.826	2115588.144

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE					
VÉRTICE	X	Y	VÉRTICE	X	Y
33	758595.399	2116399.148	68	756401.884	2115356.717
34	758543.039	2116863.219	69	756107.324	2115399.859
35	757944.550	2116731.163	70	756063.835	2115508.687

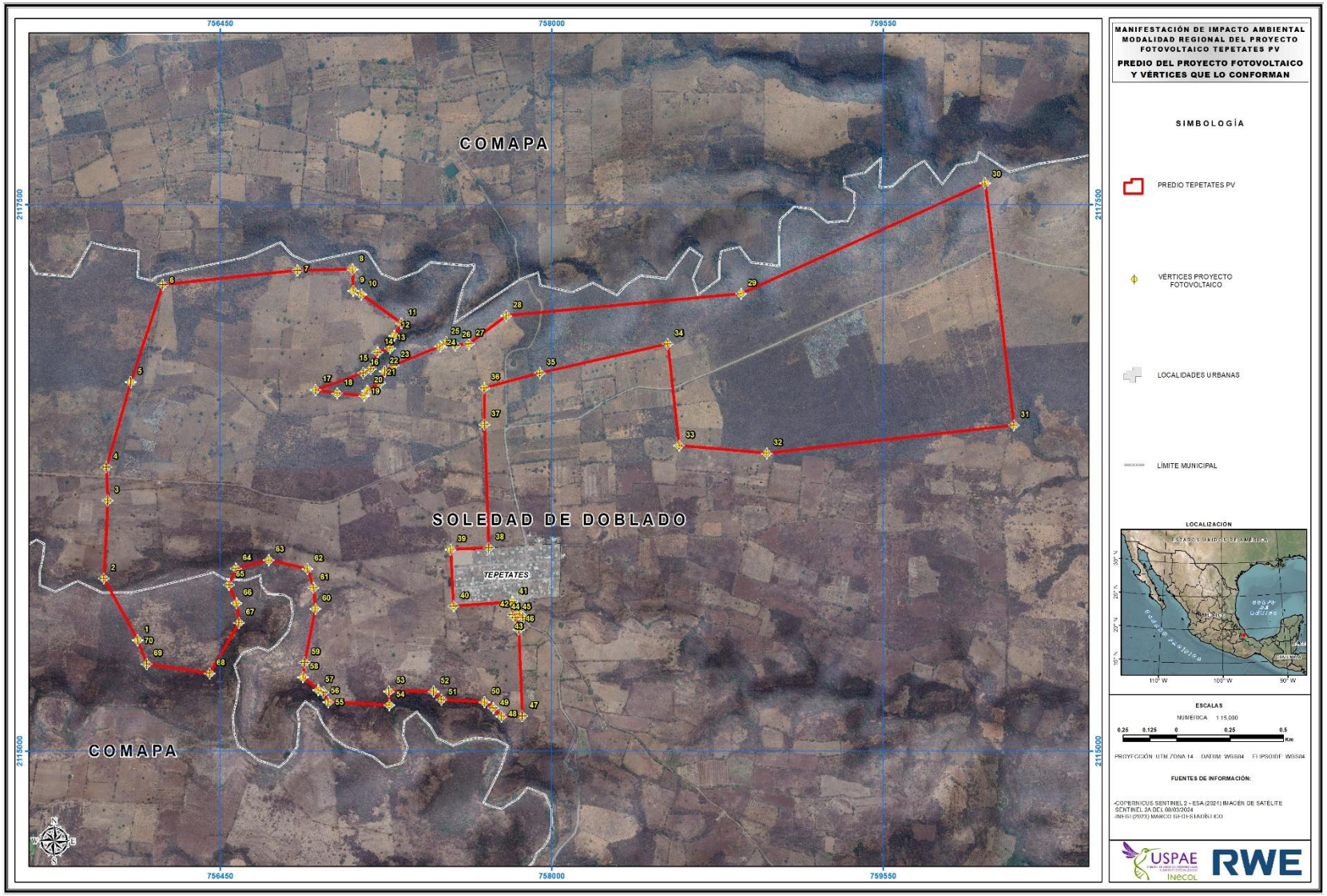


Figura 6. Predio del Proyecto y vértices que lo conforman.

La planta fotovoltaica cuenta con un área de vallado de 293.930 Ha. A continuación, en la *Figura 7* se muestra el acceso principal a la planta.

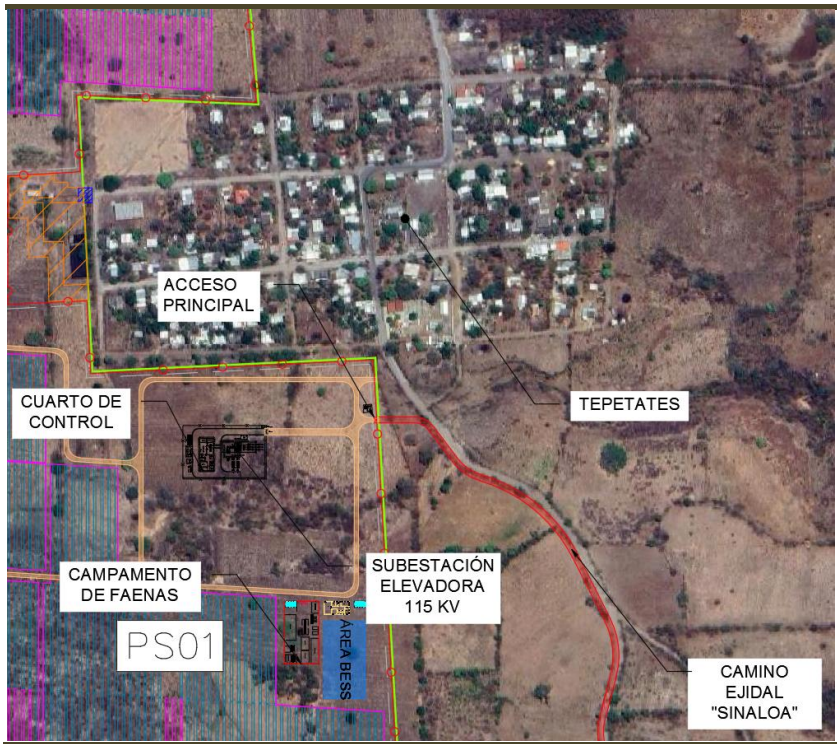


Figura 7. Acceso principal a Planta FV.

Se deberá ejecutar un vallado de mínimo 2.0 metros de alto que cierre completamente el perímetro de la planta, por seguridad de la infraestructura.

Este cercado constituye una barrera de seguridad, además, es importante indicar que el vallado contará con pasos para el libre acceso de fauna pequeña. Las características de la valla o delimitación se resumen a continuación:

- Valla: Malla ciclónica de acero galvanizado calibre 12.5.
- Altura: 2.0 metros (mínimo).
- Luz de malla de 55mm.
- Postes verticales de tubo galvanizado cal. 18 cada 3.0 metros
- Accesos: Se ha previsto una puerta de acceso principal para personal y paso de vehículos de 6.00 metros.

La *Figura 8* muestra la distribución del vallado al interior del predio del proyecto y de la misma manera, el *Cuadro 3* indica las coordenadas de cada uno de los vértices que dan origen a la valla.

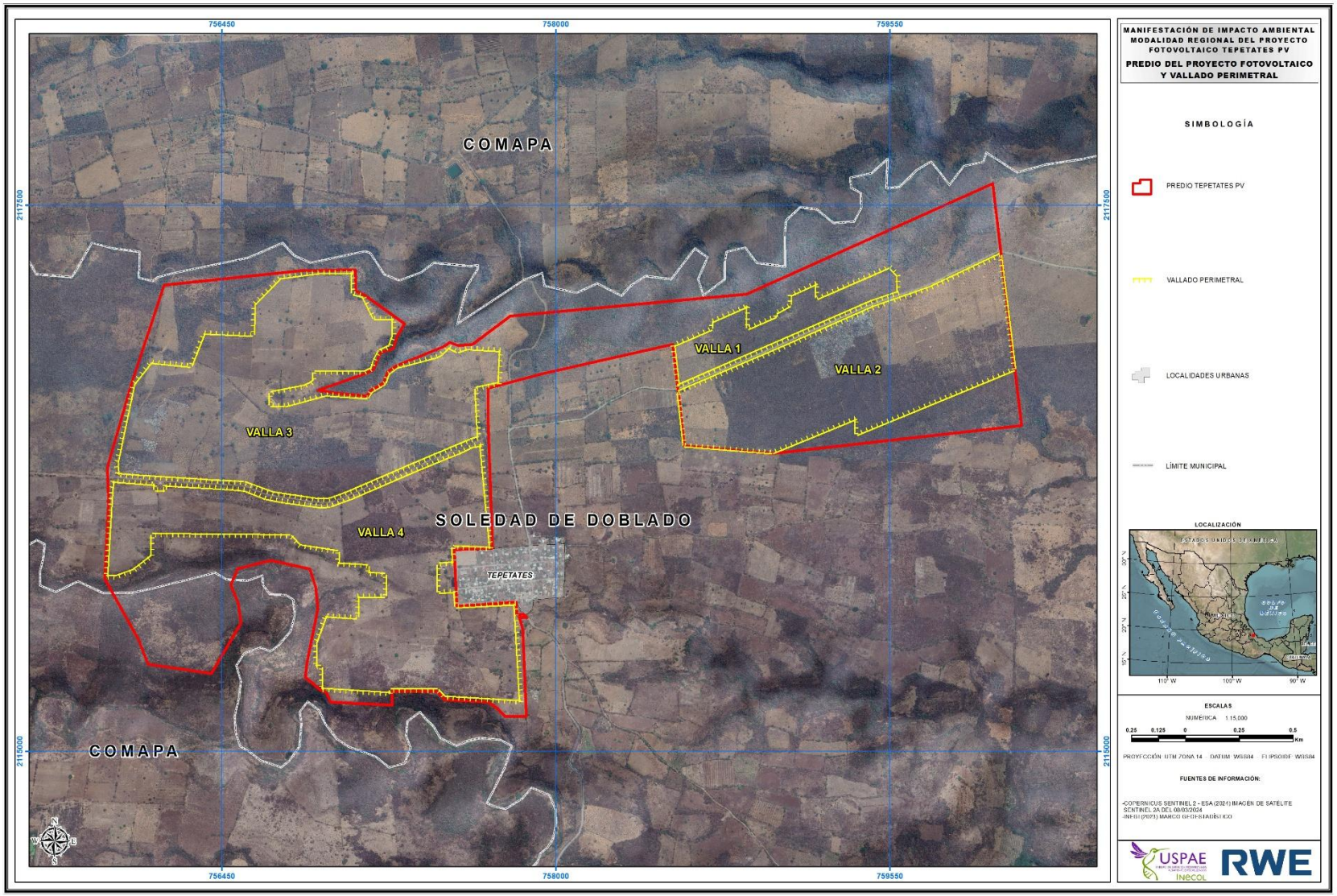


Figura 8. Vallado perimetral del Proyecto.

Cuadro 3. Coordenadas de localización de los vértices de vallado perimetral del proyecto.

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE							
VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y	VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y
VALLA 1	1	758544.377	2116859.750	VALLA 2	5	759476.358	2117033.160
	2	758565.697	2116671.843		6	759736.660	2117121.105
	3	758565.697	2116671.843		7	759736.660	2117121.105
	4	759466.824	2117058.449		8	760061.769	2117272.928
	5	759466.824	2117058.449		9	760061.769	2117272.928
	6	759589.823	2117099.287		10	760126.812	2116749.533
	7	759589.823	2117099.287		11	760126.812	2116749.533
	8	759587.989	2117180.075		12	759395.126	2116453.103
	9	759587.989	2117180.075		13	759395.126	2116453.103
	10	759549.481	2117220.249		14	759395.126	2116526.953
	11	759549.481	2117220.249		15	759395.126	2116526.953
	12	759212.491	2117075.649		16	759005.109	2116368.945
	13	759212.491	2117075.649		17	759005.109	2116368.945
	14	759212.491	2117146.665		18	758596.458	2116400.719
	15	759212.491	2117146.665		19	758596.458	2116400.719
	16	759086.112	2117089.390		20	758568.792	2116644.563
	17	759086.112	2117089.390	VALLA 3	1	756743.058	2116584.355
	18	759086.112	2117044.089		2	756676.195	2116584.355
	19	759086.112	2117044.089		3	756676.195	2116584.355
	20	759021.189	2117008.194		4	756676.195	2116641.274
	21	759021.189	2117008.194		5	756676.195	2116641.274
	22	759021.189	2116993.562		6	756832.651	2116670.262
	23	759021.189	2116993.562		7	756832.651	2116670.262
	24	758890.500	2116937.485		8	756866.232	2116686.093
	25	758890.500	2116937.485		9	756866.232	2116686.093
	26	758890.500	2117042.397		10	756879.123	2116696.965
	27	758890.500	2117042.397		11	756879.123	2116696.965
	28	758722.122	2116969.874		12	756879.123	2116733.450
	29	758722.122	2116969.874		13	756879.123	2116733.450
	30	758722.122	2116936.020		14	757111.079	2116733.450
	31	758722.122	2116936.020		15	757111.079	2116733.450
	32	758544.377	2116859.750		16	757146.404	2116750.719
VALLA 2	1	758568.792	2116644.563		17	757146.404	2116750.719

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE							
VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y	VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y
	2	759047.208	2116844.670		18	757158.442	2116788.813
	3	759047.208	2116844.670		19	757158.442	2116788.813
	4	759476.358	2117033.160		20	757181.685	2116832.107
VALLA 3	21	757181.685	2116832.107	VALLA 3	63	756683.765	2116182.375
	22	757230.011	2116852.939		64	756890.993	2116151.812
	23	757230.011	2116852.939		65	756890.993	2116151.812
	24	757248.057	2116903.322		66	756953.120	2116153.432
	25	757248.057	2116903.322		67	756953.120	2116153.432
	26	757248.057	2116982.842		68	757028.208	2116181.294
	27	757248.057	2116982.842		69	757028.208	2116181.294
	28	757156.673	2116982.842		70	757340.081	2116314.086
	29	757156.673	2116982.842		71	757340.081	2116314.086
	30	757105.356	2117085.650		72	757603.630	2116423.744
	31	757105.356	2117085.650		73	757603.630	2116423.744
	32	757057.897	2117097.481		74	757642.362	2116435.658
	33	757057.897	2117097.481		75	757642.362	2116435.658
	34	757057.897	2117193.630		76	757630.205	2116660.955
	35	757057.897	2117193.630		77	757630.205	2116660.955
	36	756900.448	2117193.630		78	757738.025	2116683.671
	37	756900.448	2117193.630		79	757738.025	2116683.671
	38	756720.744	2117171.212		80	757745.201	2116837.066
	39	756720.744	2117171.212		81	757745.201	2116837.066
	40	756598.924	2117048.109		82	757585.072	2116846.431
	41	756598.924	2117048.109		83	757585.072	2116846.431
	42	756593.484	2116907.203		84	757542.984	2116831.503
	43	756593.484	2116907.203		85	757542.984	2116831.503
	44	756365.612	2116917.372		86	757501.152	2116853.621
	45	756365.612	2116917.372		87	757501.152	2116853.621
	46	756305.528	2116765.711		88	757469.418	2116821.413
	47	756305.528	2116765.711		89	757469.418	2116821.413
	48	756119.637	2116784.066		90	757443.989	2116808.073
	49	756119.637	2116784.066		91	757443.989	2116808.073
	50	756040.110	2116685.497		92	757260.170	2116760.117
	51	756040.110	2116685.497		93	757260.170	2116760.117

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE							
VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y	VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y
	52	755961.558	2116319.533		94	757220.886	2116730.263
	53	755961.558	2116319.533		95	757220.886	2116730.263
	54	755965.570	2116266.209		96	757203.815	2116685.987
	55	755965.570	2116266.209		97	757203.815	2116685.987
	56	756084.421	2116256.165		98	757141.981	2116649.083
	57	756084.421	2116256.165		99	757141.981	2116649.083
	58	756405.912	2116236.477		100	757124.677	2116620.518
	59	756405.912	2116236.477		101	757124.677	2116620.518
	60	756552.442	2116228.861		102	756930.963	2116634.045
	61	756552.442	2116228.861		103	756930.963	2116634.045
	62	756683.765	2116182.375		104	756743.058	2116584.355
VALLA 4	1	757654.102	2116404.008	VALLA 4	43	755936.971	2116193.617
	2	757612.733	2116398.729		44	755913.015	2115797.126
	3	757612.733	2116398.729		45	755913.015	2115797.126
	4	757554.119	2116370.394		46	755954.495	2115797.126
	5	757554.119	2116370.394		47	755954.495	2115797.126
	6	757486.952	2116344.760		48	756040.393	2115826.435
	7	757486.952	2116344.760		49	756040.393	2115826.435
	8	757344.929	2116286.751		50	756127.500	2115894.337
	9	757344.929	2116286.751		51	756127.500	2115894.337
	10	757184.169	2116217.571		52	756127.500	2115990.774
	11	757184.169	2116217.571		53	756127.500	2115990.774
	12	757047.375	2116159.920		54	756767.913	2115985.003
	13	757047.375	2116159.920		55	756767.913	2115985.003
	14	756953.303	2116126.029		56	756810.849	2115939.244
	15	756953.303	2116126.029		57	756810.849	2115939.244
	16	756940.638	2116124.139		58	756988.118	2115912.804
	17	756940.638	2116124.139		59	756988.118	2115912.804
	18	756911.685	2116121.852		60	756988.118	2115856.066
	19	756911.685	2116121.852		61	756988.118	2115856.066
	20	756904.453	2116122.438		62	757126.935	2115847.605
	21	756904.453	2116122.438		63	757126.935	2115847.605
	22	756742.965	2116144.121		64	757128.118	2115847.605
	23	756742.965	2116144.121		65	757128.118	2115847.605

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE							
VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y	VALLA PERIMETRAL	VÉRTICE	X	Y
	24	756653.705	2116159.840		66	757128.118	2115813.556
	25	756653.705	2116159.840		67	757128.118	2115813.556
	26	756555.924	2116197.803		68	757207.500	2115808.767
	27	756555.924	2116197.803		69	757207.500	2115808.767
	28	756485.743	2116204.828		70	757207.500	2115711.539
	29	756485.743	2116204.828		71	757207.500	2115711.539
	30	756404.523	2116209.710		72	757079.118	2115711.539
	31	756404.523	2116209.710		73	757079.118	2115711.539
	32	756186.271	2116220.642		74	757079.118	2115613.367
	33	756186.271	2116220.642		75	757079.118	2115613.367
	34	756186.271	2116198.152		76	756929.968	2115622.507
	35	756186.271	2116198.152		77	756929.968	2115622.507
	36	756141.389	2116198.152		78	756884.118	2115499.066
	37	756141.389	2116198.152		79	756884.118	2115499.066
	38	756141.389	2116224.452		80	756884.118	2115386.110
	39	756141.389	2116224.452		81	756884.118	2115386.110
	40	755943.567	2116239.326		82	756911.118	2115386.110
	41	755943.567	2116239.326		83	756911.118	2115386.110
	42	755936.971	2116193.617		84	756911.118	2115281.828
	85	756911.118	2115281.828		100	757537.223	2115663.468
	86	757233.500	2115262.055		101	757537.223	2115663.468
	87	757233.500	2115262.055		102	757533.613	2115734.336
	88	757233.500	2115279.145		103	757533.613	2115734.336
	89	757233.500	2115279.145		104	757456.812	2115730.424
	90	757451.008	2115279.145		105	757456.812	2115730.424
	91	757451.008	2115279.145		106	757456.813	2115855.488
VALLA 4	92	757481.360	2115246.586	VALLA 4	107	757456.813	2115855.488
	93	757481.360	2115246.586		108	757527.231	2115859.601
	94	757819.933	2115225.659		109	757527.231	2115859.601
	95	757819.933	2115225.659		110	757523.435	2115934.121
	96	757838.132	2115225.659		111	757523.435	2115934.121
	97	757838.132	2115225.659		112	757698.465	2115926.995
	98	757812.302	2115676.767		113	757698.465	2115926.995
	99	757812.302	2115676.767		114	757654.102	2116404.008

II.1.3.1 SUPERFICIE TOTAL REQUERIDA

El proyecto contiene obras permanentes y temporales, mismas que suman una superficie de 315.763 hectáreas, de las cuales 315.258 ha se consideran como permanentes y 0.505 ha como temporales. Del total de la superficie de las obras permanentes una porción presenta coincidencia espacial de las obras entre sí mismas (78.395 ha), tal es el caso de los módulos fotovoltaicos, centros de transformación, caminos internos y zanjas de media tensión. **Finalmente, la superficie del proyecto que es considerada como de área de afectación corresponde a 237.368 hectáreas, dentro de las cuales se encuentran áreas permanentes y temporales.** El *Cuadro 4* y *Cuadro 5* recogen las superficies de cada una las obras que se construirán para el proyecto.

Cuadro 4. Superficies ocupadas por obras permanentes.

OBRA	LONGITUD		SUPERFICIE TOTAL DE LA OBRA		SUPERFICIE DE LA OBRA QUE COINCIDE CON ALGUNA OTRA OBRA		SUPERFICIE NETA DE AFECTACIÓN	
	M	KM	M²	HA	M²	HA	M²	HA
Módulos fotovoltaicos	-	-	761,870.749	76.187	761,870.749	76.187	0.000	0.000
Área de módulos fotovoltaicos (incluye zanjas de baja tensión)	-	-	2,293,590.397	229.359	-	-	2,293,590.397	229.359
Subestación eléctrica	-	-	4,149.953	0.415	-	-	4,149.953	0.415
Cuarto de control	-	-	305.640	0.031	-	-	305.640	0.031
Estacionamiento	-	-	68.750	0.007	-	-	68.750	0.007
Caseta de acceso/vigilancia (5 ubicaciones)	-	-	133.195	0.013	-	-	133.195	0.013
Centros de transformación	-	-	516.147	0.052	486.868	0.049	29.279	0.003
Camino interno (incluye camino de acceso)	13,675.210	13.675	56,604.150	5.660	13,507.823	1.350	43,096.327	4.310
Zanja de media tensión	13,995.106	13.995	27,482.777	2.748	5,564.172	0.556	21,918.605	2.192
Cunetas (incluye área de obra de descarga)	13,115.301	13.115	7869.094	0.786	2530.612	0.253	5338.482	0.533
Vallado perimetral	20,697.483	20.697	-	-	-	-	-	-
Total	61,483.100	61.482	3,152,590.852	315.258	783,960.224	78.395	2,368,630.628	236.863

Cuadro 5. Superficies a ocupar por obras temporales.

OBRA	SUPERFICIE NETA DE AFECTACIÓN	
	M²	HA
Campamento de faenas	2,050.377	0.205
Ampliación de la subestación	2999.998	0.300
Total	5,050.375	0.505

SUPERFICIE A AFECTAR (M²) CON RESPECTO A LA COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

Para conocer las superficies a afectar de la cobertura vegetal por las obras del proyecto, fue necesario comparar la superficie de las obras con la cobertura de uso de suelo y vegetación, para lo cual se empleó una clasificación de uso de suelo y vegetación obtenida de una imagen de satélite Sentinel 2A y muestreos de campo (el proceso detallado de cómo se obtuvo dicha clasificación se presenta en el apartado de vegetación del capítulo IV). En el *Cuadro 6* y *Cuadro 7* se pueden apreciar las superficies de vegetación respecto a cada una de las obras del proyecto.

Cuadro 6. Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m²) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.

TIPO DE COBERTURA / OBRAS	VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	AGROPECUARIO	TOTAL
Área de módulos fotovoltaicos	555,283.775	1,738,306.622	2,293,590.397
Subestación eléctrica	-	4,149.953	4,149.953
Cuarto de control	-	305.640	305.640
Estacionamiento	-	68.750	68.750
Caseta de acceso/vigilancia	26.639	106.556	133.195
Centros de transformación	14.509	14.770	29.279
Camino interno	10,463.267	32,633.060	43,096.327
Zanja de media tensión	4,143.850	17,774.755	21,918.605
Cunetas	1,286.427	4,052.055	5,338.482
Total	**571,218.467**	**1,797,412.161**	**2,368,630.628**

Cuadro 7. Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m²) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.

TIPO DE COBERTURA / OBRAS	AGROPECUARIO	TOTAL
Campamento de faenas	2,050.377	2,050.377
Ampliación de la Subestación	2999.998	2999.998
Total	5,050.375	5,050.375

Como ya fue mencionado anteriormente, la superficie de afectación del proyecto (obras permanentes y temporales) presenta una superficie **de 2,373,681.003 m² (237.368 ha), de los cuales 571,218.467 m² (57.121 ha) son considerados como terrenos para cambio de uso de suelo (CUSTF) (24.065 % respecto del total la superficie de afectación del proyecto).**

La *Figura 9*, *Figura 10*, *Figura 11* y *Figura 12* muestran la distribución de las obras al interior del proyecto.

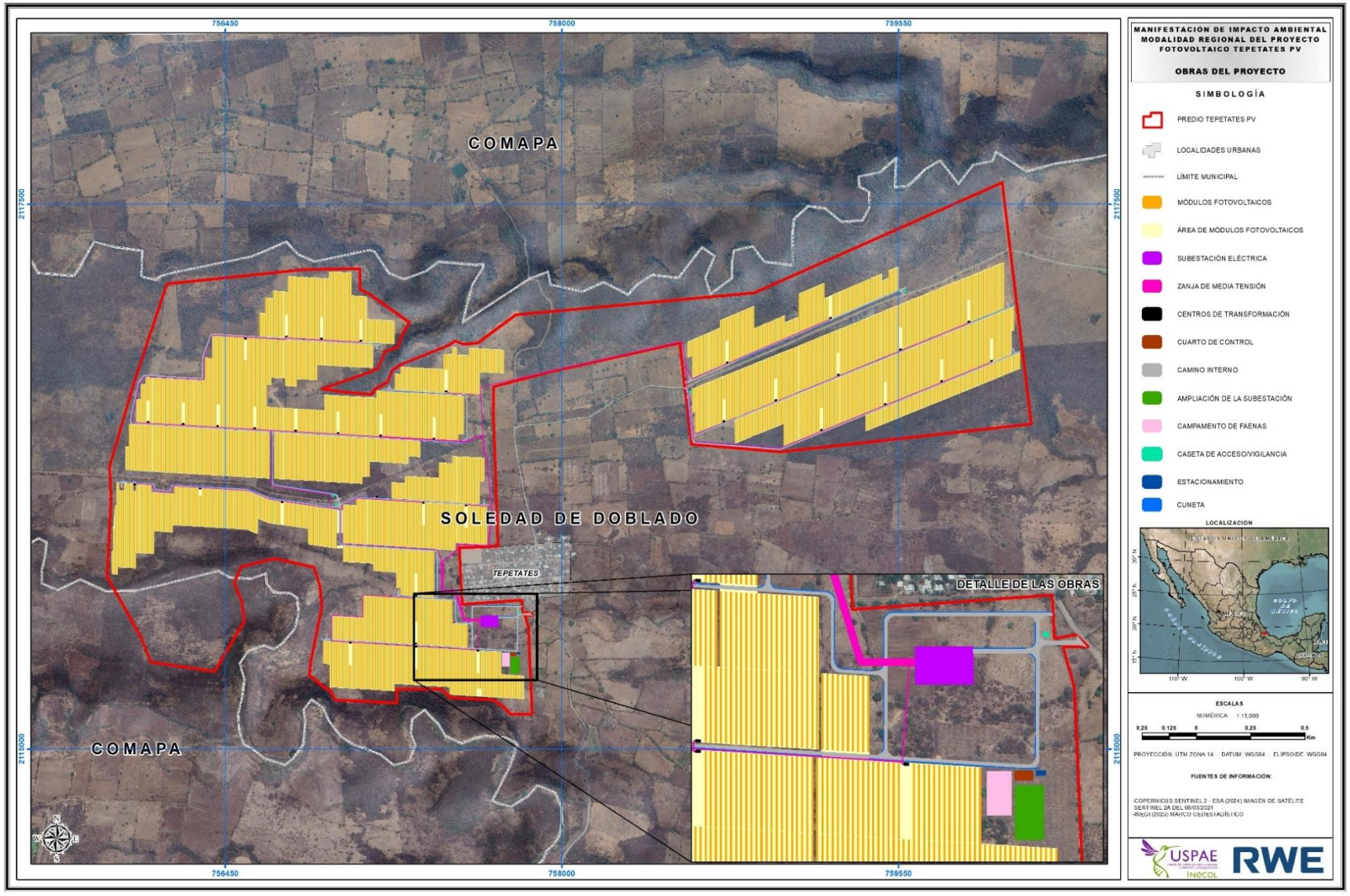


Figura 9. Obras del proyecto.

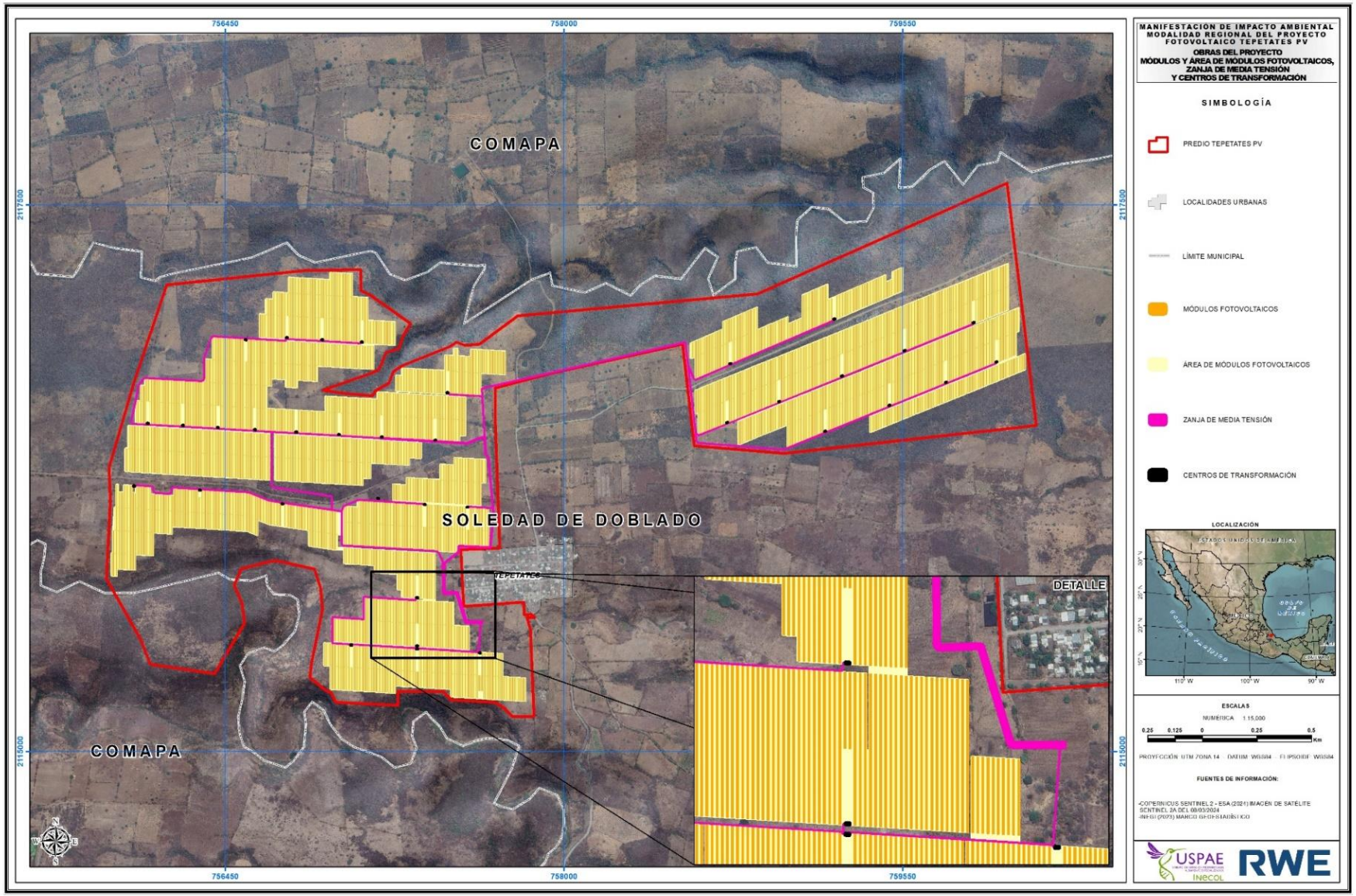


Figura 10. Obras del proyecto: módulos fotovoltaicos, centros de transformación y zanja de media tensión.

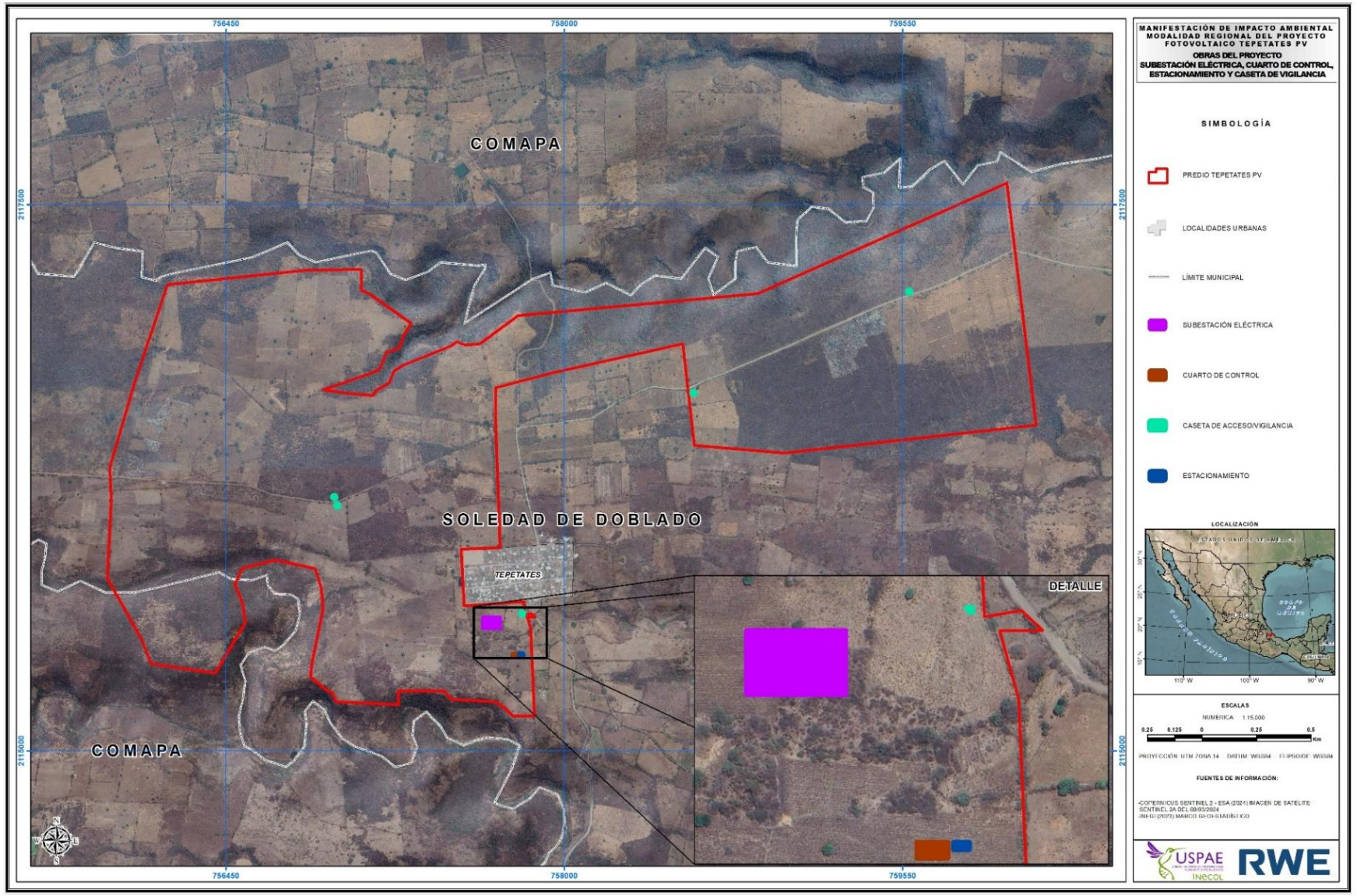


Figura 11. Obras del proyecto: subestación eléctrica, cuarto de control, caseta de vigilancia y estacionamiento.

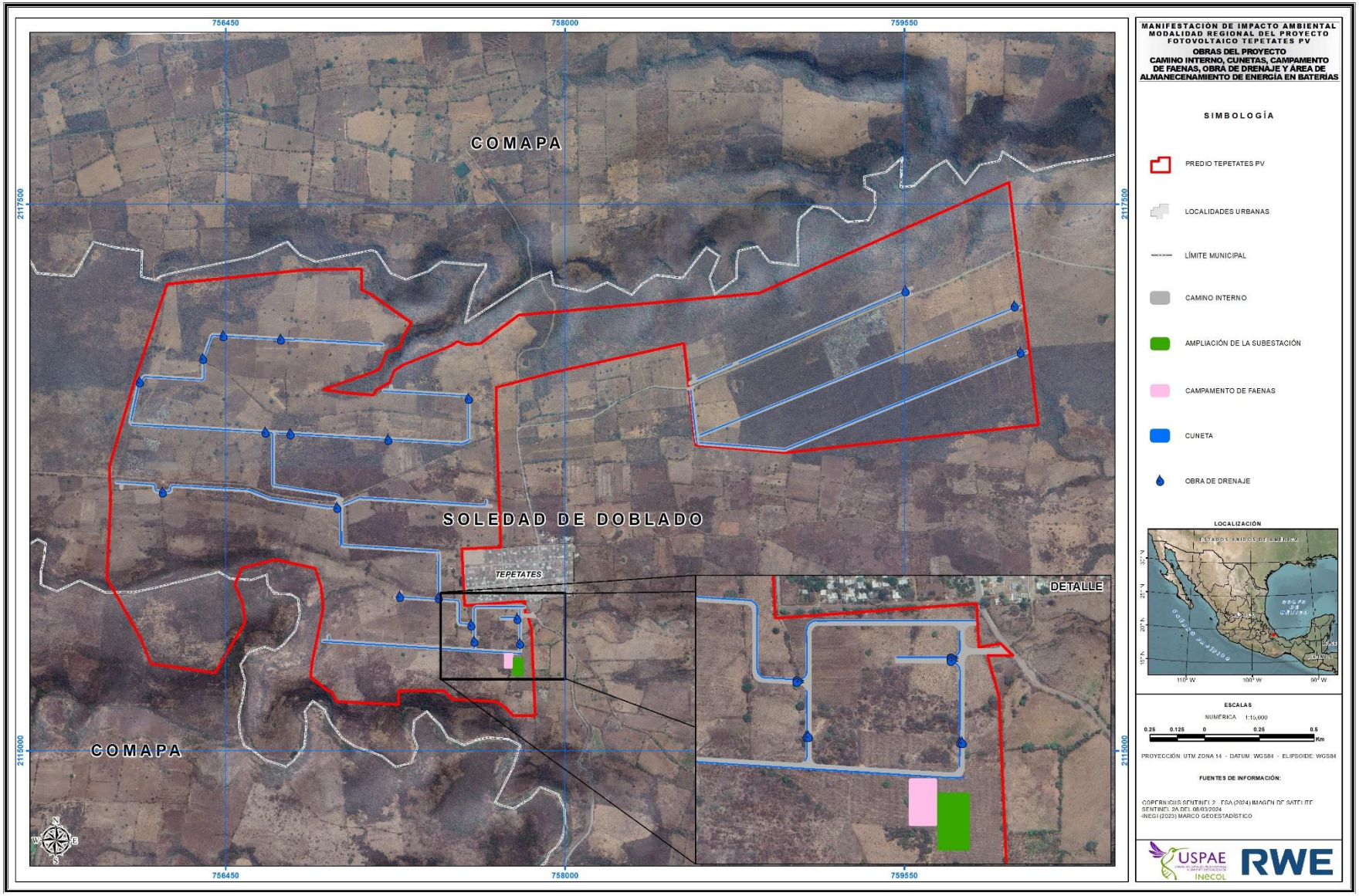


Figura 12. Obras del proyecto: Caminos internos, cuneta, campamento de faenas y ampliación de la subestación.

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA

El cálculo de los costos para las medidas de prevención, mitigación y recuperación ambiental para un parque fotovoltaico depende de varios factores, sin embargo, una forma común de estimar estos costos es asignar un porcentaje de la inversión total del proyecto, basado en prácticas y experiencia previa en este tipo de proyectos enérgicos.

El monto estimado de la inversión total del proyecto es de $ 3,733,956,934.00 MNX diferenciando la inversión requerida para cada etapa del proyecto en que se pretende aplicar dicho monto reportado: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y/o abandono (*Cuadro 8*):

Cuadro 8. Montos estimados de inversión para el proyecto.

ETAPA	INVERSIÓN USD	INVERSIÓN MXN
Preparación del sitio y construcción	$ 133,129,783.20	$ 2,662,595,664.00
Operación y mantenimiento *	$ 2,269,000.00	$ 45,380,000.00
Desmantelamiento y abandono	$ 51,299,063.5	$ 1,025,981,270.00
Total	$ 186,697,846.7	$ 3,733,956,934.00
* Costo anual de Operación y Mantenimiento		

A continuación, se presenta la estimación de costos para el parque fotovoltaico de un total de inversión para el proyecto de $ 3,733,956,934.00 MNX (*Cuadro 9*):

1. Medidas de prevención ambiental

Estas acciones están orientadas a evitar impactos ambientales negativos desde el inicio del proyecto, como estudios previos, delimitación de áreas sensibles y capacitación ambiental.

- Porcentaje estimado: 0.5% a 2% del total de inversión.
- Costo aproximado:
  - Bajo: $18,669,784.67
  - Alto: $74,679,138.68

2. Medidas de mitigación ambiental

Acciones para reducir o minimizar los impactos generados durante la construcción y operación del proyecto, como la revegetación de áreas afectadas, el manejo de residuos, y el control de emisiones.

- Porcentaje estimado: 1% a 3% del total de inversión.
- Costo aproximado:
  - Bajo: $37,339,569.34

- Alto: $112,018,708.02

3. Medidas de recuperación ambiental

Estas medidas buscan restaurar el entorno a su estado original o a un estado funcional equivalente después del abandono o desmantelamiento del proyecto, incluyendo la rehabilitación del suelo, revegetación y eliminación de infraestructura.

- Porcentaje estimado: 2% a 5% del total de inversión.
- Costo aproximado:
  - Bajo: $74,679,138.68
  - Alto: $186,697,846.70

Cuadro 9. Resumen de costos.

CATEGORÍA	PORCENTAJE BAJO	PORCENTAJE ALTO	COSTO BAJO (MXN)	COSTO ALTO (MXN)
Prevención	0.5%	2%	$18,669,784.67	$74,679,138.68
Mitigación	1%	3%	$37,339,569.34	$112,018,708.02
Recuperación	2%	5%	$74,679,138.68	$186,697,846.70

Algunas consideraciones importantes que hay que tomar en cuenta son las siguientes:

- Especificidades del proyecto: Estos valores son estimaciones generales, pueden variar al realizarse un desglose más detallado basado los requerimientos legales (como el estudio técnico económico ETE).
- Normatividad: Los costos también pueden variar dependiendo de las exigencias de la SEMARNAT y de las obligaciones derivadas de la MIA (Manifestación de Impacto Ambiental).
- Monitoreo y seguimiento: Los costos pueden incluir programas de monitoreo continuo y auditorías ambientales, especialmente para asegurar el cumplimiento a largo plazo.
- Ajustes: Factores como la inflación pueden modificar estas estimaciones.

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

A continuación, se describen los componentes principales que conforman una instalación fotovoltaica.

Una Planta Solar Fotovoltaica con conexión a la red genera energía eléctrica que es inyectada a la red de transporte para su posterior distribución hasta los puntos de consumo.

Este tipo de instalaciones producen energía a partir de fuentes de energía renovables, en este caso energía solar. Son energías "limpias" y no contaminantes, por lo que evitan una influencia negativa sobre el medio ambiente y hacen posible el desarrollo sostenible. Evitan la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera como Azufre, CO_2, CO, Plomo, etc., ya que introducen a la red nacional energía limpia generada con radiación solar y evitan la generación de electricidad mediante otras fuentes energéticas como la nuclear, carbón y derivados del petróleo, en cuyos procesos se generan residuos y subproductos altamente contaminantes y muy nocivos para el medio ambiente.

La planta solar se estructurará modularmente y estará formada por inversores centralizados en un conjunto que integra un centro de transformación, que suman un total de 154 MVA de potencia aparente. Los 35 centros de transformación se conectarán a la subestación elevadora por medio de 7 ramales de MT.

Además de los componentes principales, la planta contará con una serie de componentes estándar (cimentaciones, cables, protecciones eléctricas, sistemas de monitorización, sistema de seguridad, etc.). A continuación, se describen los componentes principales que conforman una instalación fotovoltaica.

CELDA FOTOVOLTAICA

La conversión de la radiación solar en energía eléctrica tiene lugar en la celda fotovoltaica, que es el elemento base del proceso de transformación de la radiación en energía. Las celdas fotovoltaicas que utilizan el efecto fotoeléctrico producen electricidad cuando la luz del sol incide directamente sobre ellas.

Las celdas suelen estar conectadas entre sí para formar módulos fotovoltaicos y los módulos a su vez se combinan y conectan para formar matrices fotovoltaicas en una planta de energía solar.

MÓDULO FOTOVOLTAICO

Un módulo fotovoltaico es una asociación de celdas a las que protege físicamente de la intemperie y aísla eléctricamente del exterior, dando rigidez mecánica al conjunto.

La estructura de los módulos se muestra en la *Figura 13*:

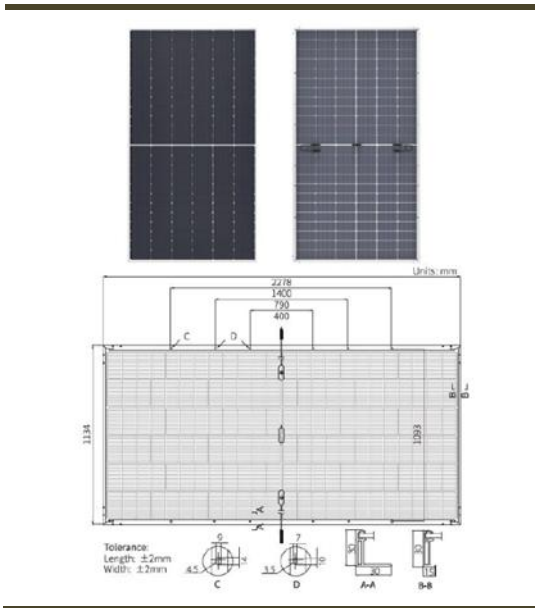


Figura 13. Módulo fotovoltaico.

En el Proyecto Tepetates PV (130MW) se instalarán módulos fotovoltaicos del fabricante Longi Solar, modelo LR8-66HYD-660M. En concreto módulos monocristalinos bifaciales de 144 células con una potencia nominal de 660 Wp (*Cuadro 10*)

Cuadro 10. Características eléctricas.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Tipo de Módulo	LR8-66HYD-660M	
Condiciones de prueba	STC: AM1.5 1000W/m² 25°C	NOC: AM1.5 800W/m² 20°C/1m/S
Potencia Máxima (Pmax/W)	575	437.7
Voltaje de circuito Abierto (Voc/V)	51.3	48.75
Corriente de corto circuito (Isc/A)	14.14	11.35
Voltaje a Potencia máxima (Vmp/A)	43.11	40.97
Corriente a Potencia máxima (Imp/A)	13.34	10.68
Eficiencia del módulo (%)	24.4	

CONECTORES

Son los elementos que permiten la conexión de unos módulos fotovoltaicos con otros, permitiendo la formación de las series. Los conectores son un elemento muy importante en la planta, ya que de su correcto funcionamiento dependerá parte de la eficiencia de la planta. Los conectores deben de ser de material clase II (doble aislamiento). Los conectores deben estar perfectamente cerrados, no dejando resquicios que den lugar a la entrada de polvo y humedad en su interior, para evitar la degradación de estos, arcos eléctricos y que quemen el conector dando lugar a cortocircuitos.

ESTRUCTURA DEL TRACKER (SEGUIDORES)

El sistema de seguimiento permite captar más radiación solar, por lo que se incrementa la producción de energía de los módulos fotovoltaicos.

La estructura es un seguidor horizontal con seguimiento E-O a un eje con 1 módulo fotovoltaico en posición vertical del fabricante Longi Solar.

Los trackers disponen de un controlador de seguimiento que está ubicado en el motor, en el centro de cada fila. Los controladores son autoalimentados con respaldo de batería. El seguidor usa una conexión cableada hasta el Centro de Transformación para la transmisión de estado y recepción de consignas.

El montaje de los módulos fotovoltaicos en los seguidores se realiza mediante elementos de unión atornillados.

El caso del proyecto Tepetates PV, el seguidor será el modelo NX Horizon-XTR el número total de estructuras a instalar es de 3,246 seguidores en configuración 1V87 y 1V58, la cual portará 87 módulos.

Los módulos se instalarán en posición vertical. El seguidor permite que los módulos giren sobre un eje horizontal en un rango de ±60° y un acimut de 0° dirección norte. Esta orientación y acimut garantizaran la máxima producción a lo largo del año (*Figura 14*).

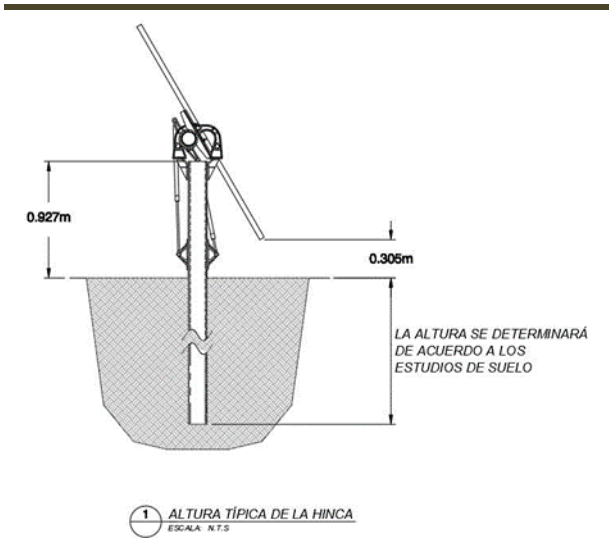


Figura 14. Detalle del Tracker.

INVERSOR

El inversor es un dispositivo eléctrico que convierte corriente continua en corriente alterna a una determinada frecuencia.

El control del inversor es capaz de ajustar y configurar el patrón de respuesta de la inyección de potencia reactiva y activa cuando se producen fallas de red, frecuencia o variaciones de tensión. El accesorio de interfaz de control de potencia permite al inversor seguir rápidamente las instrucciones del operador de la red.

El proyecto Tepetates PV, cuenta con 140 inversores, distribuidos en 4 unidades por cada Centro de Transformación.

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

La tecnología de inversor centralizado seleccionada permite que estos estén acoplados de fábrica con el transformador MT/BT, por lo tanto aunque a la salida del inversor el nivel de tensión es de 645 V, a la salida del Centro de Transformación, el nivel de tensión es de 34.5kV, en este punto, la potencia a la salida de cada centro de transformación se colecta en circuitos de MT y se establece una red colectora de Media Tensión, que será direccionada hacia una Subestación eléctrica elevadora del parque donde nuevamente será elevado su nivel de tensión por medio de un transformador de potencia de 34.5/115kV (*Figura 15*).



Figura 15. Centro de Transformación.

Los centros de transformación albergan tanto los inversores como los equipos encargados de transformar y elevar la tensión de los subcampos fotovoltaicos. Para la planta solar se instalarán 35 centros de transformación. El centro de transformación posee las siguientes características (*Cuadro 11*):

Cuadro 11. Características de los centros de transformación.

TIPO DE DESIGNACIÓN	SG4400UD-MV-US
Entrada (CC)	
Máx. Tensión de entrada FV	1500V
Mín. Tensión de entrada FV/ Tensión de entrada de arranque	915V / 955V
Tamaño de fusibles de CC disponibles	250 – 630 A
Rango de tensión MPP para potencia nominal	915 – 1500 V
N° de entradas MPP independientes	4

TIPO DE DESIGNACIÓN	SG4400UD-MV-US
N° de entradas CC	24(opcional: 28 entradas conexión a tierra negativa)
Máx. Corriente de entrada FV	4*1400 A
Máx. Corriente de cortocircuito CC	4*5000 A
Configuración de la matriz fotovoltaica	Conexión a tierra negativa o flotante
Salida (CA)	
Potencia de salida CA	4400 kVA @ 40 °C (104 °F)
Corriente máxima de salida CA	73.64 A @ 34.5 KV
Frecuencia nominal de red/Rango de frecuencia de red	60 Hz / 55-65 Hz
THD (armónicos)	< 3% (a potencia nominal)
Factor de potencia a potencia nominal/Factor de potencia ajustable	> 0.99 / 0.8 anterior – 0.8 posterior

SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN

El punto de conexión con la red eléctrica de una planta fotovoltaica tiene una gran importancia en su viabilidad técnica y económica.

En la planta solar los circuitos de media tensión serán a 34,5kV. Estos circuitos se conectarán a la Subestación Elevadora donde se elevará la tensión a 115kV.

ZANJAS ELÉCTRICAS

Todas las zanjas necesarias para la instalación de cableado de corriente continua y alterna, así como la seguridad y los sistemas de puesta a tierra están instaladas de acuerdo con las regulaciones apropiadas.

El fondo de la zanja deberá estar nivelado y libre de piedras o cualquier objeto extraño o residuo de construcción. La excavación deberá hacerse a través de medios adecuados, ya sean manuales o mecánicos. El material procedente de la excavación se apilará al lado de la zanja de manera que no pueda caer de nuevo a la misma.

El material de relleno para la capa que incluye los cables estará compuesto de arena natural, arena manufacturada, material nativo existente, o combinaciones de estos.

ZANJAS DE BAJA TENSIÓN

El cableado de bajo voltaje que conecta la caja de cadenas con el inversor y el cableado de alimentación y los motores incluido el cableado de comunicaciones, se lleva a cabo mediante del siguiente tipo de canalizaciones subterráneas en tubos separados de diferentes tamaños según el cableado.

Las Zanjas de Baja Tensión (BT) tienen 0.55m (N1) y 0.85 m (N2) de profundidad por mínimo y ancho variable. La primera capa es de 10 cm de arena sobre la que se apoyan los cables directamente enterrados o en conductos, dependiendo del voltaje (*Figura 16*).

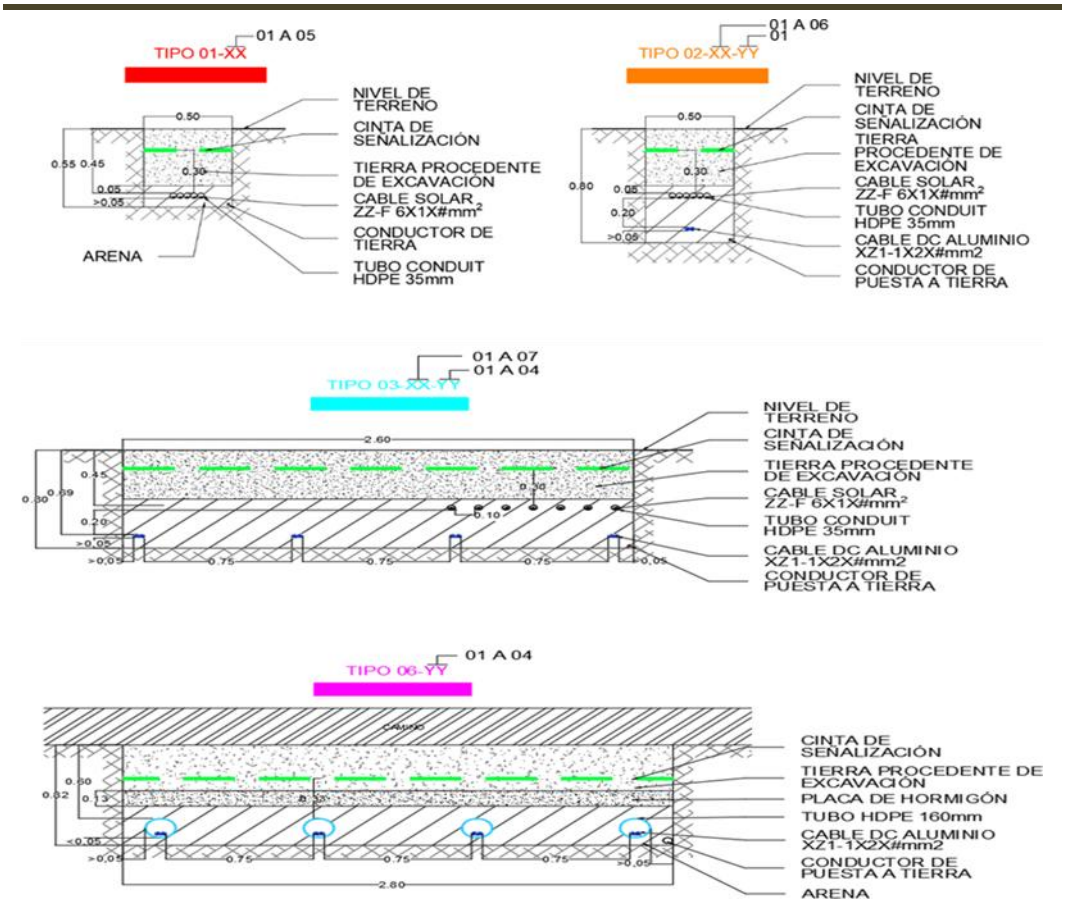


Figura 16. Detalle de las zanjas de baja tensión.

ZANJAS DE MEDIA TENSIÓN

El cableado de media tensión que interconectará los transformadores entre sí, y estos con la subestación de la planta solar, incluyendo el tendido de la fibra óptica adecuada, se realizará mediante el siguiente tipo de canalizaciones subterráneas en tubos separados de diferentes tamaños según el uso de secciones de cableado:

Las Zanjas de Media Tensión (MT) son de 1.20 m de profundidad y ancho variable. La primera capa se cubrirá con 10 cm de arena sobre la que se apoyarán los cables directamente enterrados o en ducto dependiendo del voltaje. Luego se cubre con arena sobre la cual se colocarán láminas de plástico sin halógenos (PE) como protección mecánica. La última capa de 620 mm puede estar con la misma superficie terrestre. El voltaje del cable es de 35kV (*Figura 17*).

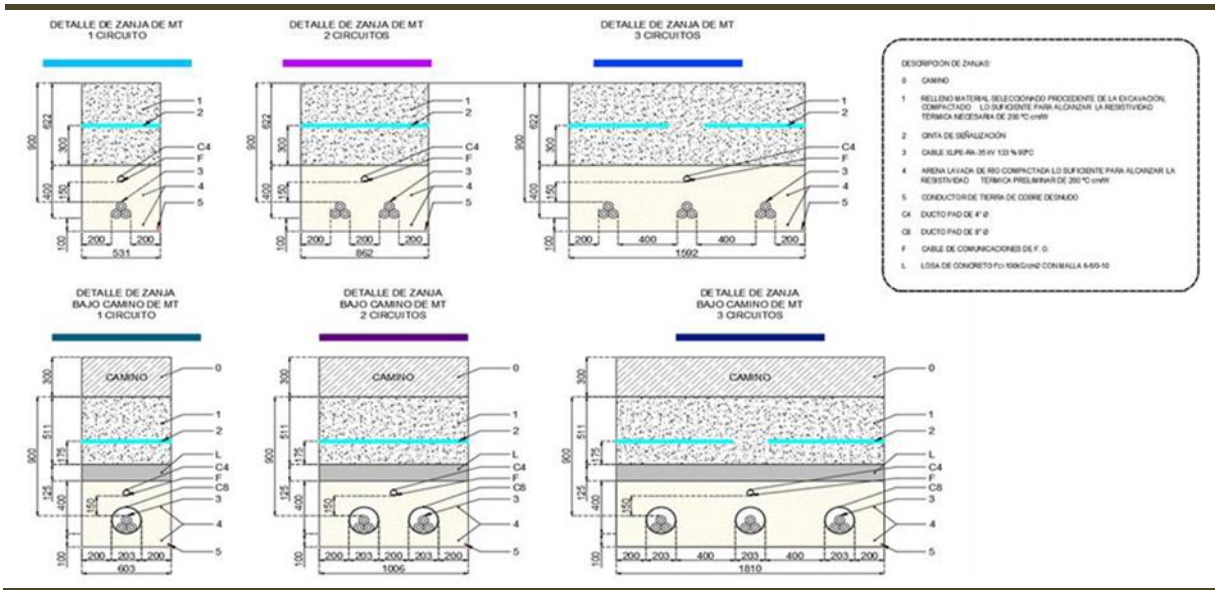


Figura 17. Detalle de las zanjas de media tensión.

VALLADO PERIMETRAL

Se deberá ejecutar un vallado de mínimo 2.0 metros de alto que cierre completamente el perímetro de la planta según los requisitos especificados.

Este cercado constituye una barrera de seguridad.

Las características de la valla o delimitación se resumen a continuación (*Figura 18*):

- Valla: Malla ciclónica de acero galvanizado calibre 12.5
- Altura: 2.0 metros (mínimo)
- Luz de malla de 55mm.
- Postes verticales de tubo galvanizado cal. 18 cada 3.0 metros
- Accesos: Se ha previsto una puerta de acceso principal para personal y paso de vehículos de 6.00 metros.

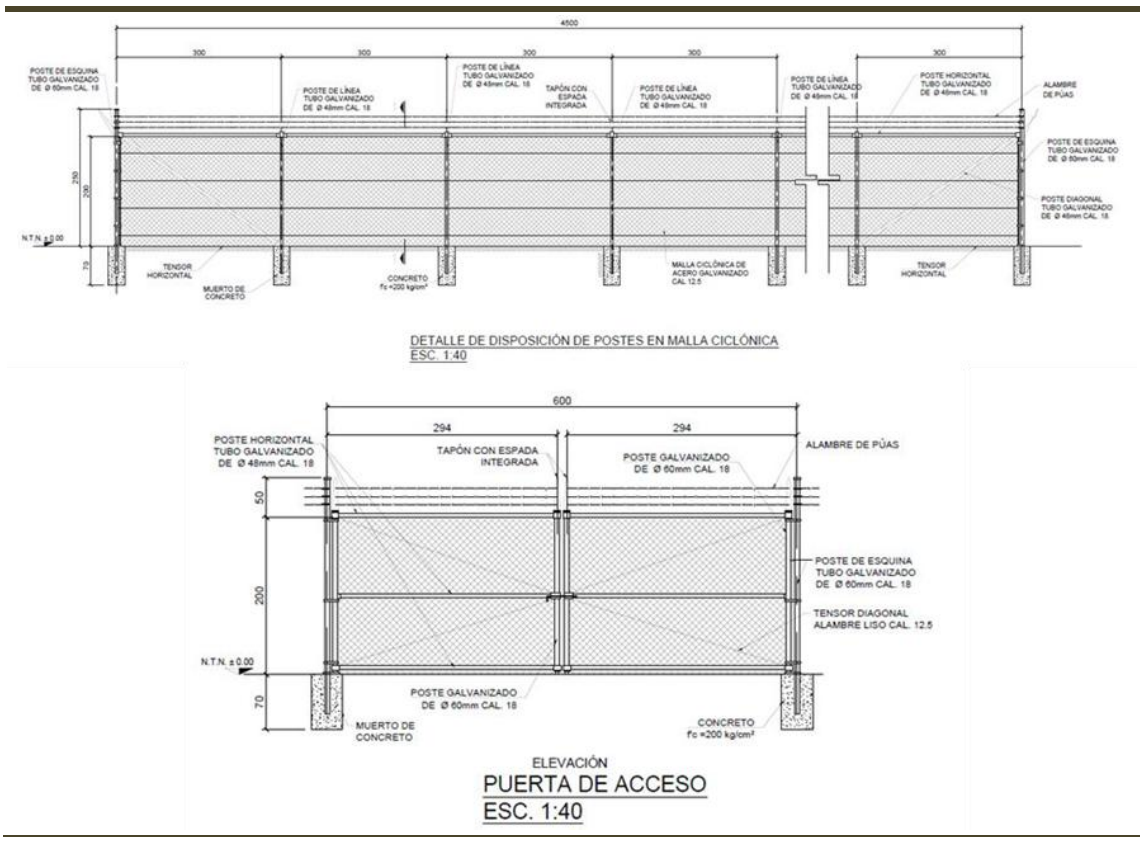


Figura 18. Especificaciones de la valla perimetral.

INSTALACIONES PERMANENTES Y CAMPAMENTO DE FAENAS

Para la ejecución de las obras del presente proyecto será necesaria la implantación de una zona para albergar las instalaciones de faena. En estas instalaciones se centralizarán las actividades generales de control del proyecto, administración, planificación y manejo de materiales incorporados, además de toda la infraestructura logística para la gestión de recursos materiales y humanos.

Se ha considerado utilizar instalaciones modulares para las oficinas, almacenes, etc. Estas deben contar con la posibilidad de reutilización, para lo cual los edificios deben ser desarmables, transportables y fáciles de montar.

Asimismo, para la operación de la planta se necesitarán unas instalaciones permanentes en las que se centralizarán las actividades generales de operación y mantenimiento, además de toda la infraestructura logística para la gestión de recursos materiales y humanos.

DRENAJES

El sistema de drenajes interior de la planta solar se diseña con el objetivo de evacuar y dirigir el agua desde el interior de la parcela hacia los exteriores de esta o los arroyos circundantes, actuando como salvaguarda y evitando la erosión de la superficie y los daños sobre los equipos y obra civil ejecutada.

CUNETAS Y OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Se estiman la utilización de 50 cunetas para la protección de viales y 19 obras de drenaje transversal para conducir el flujo a través de estos.

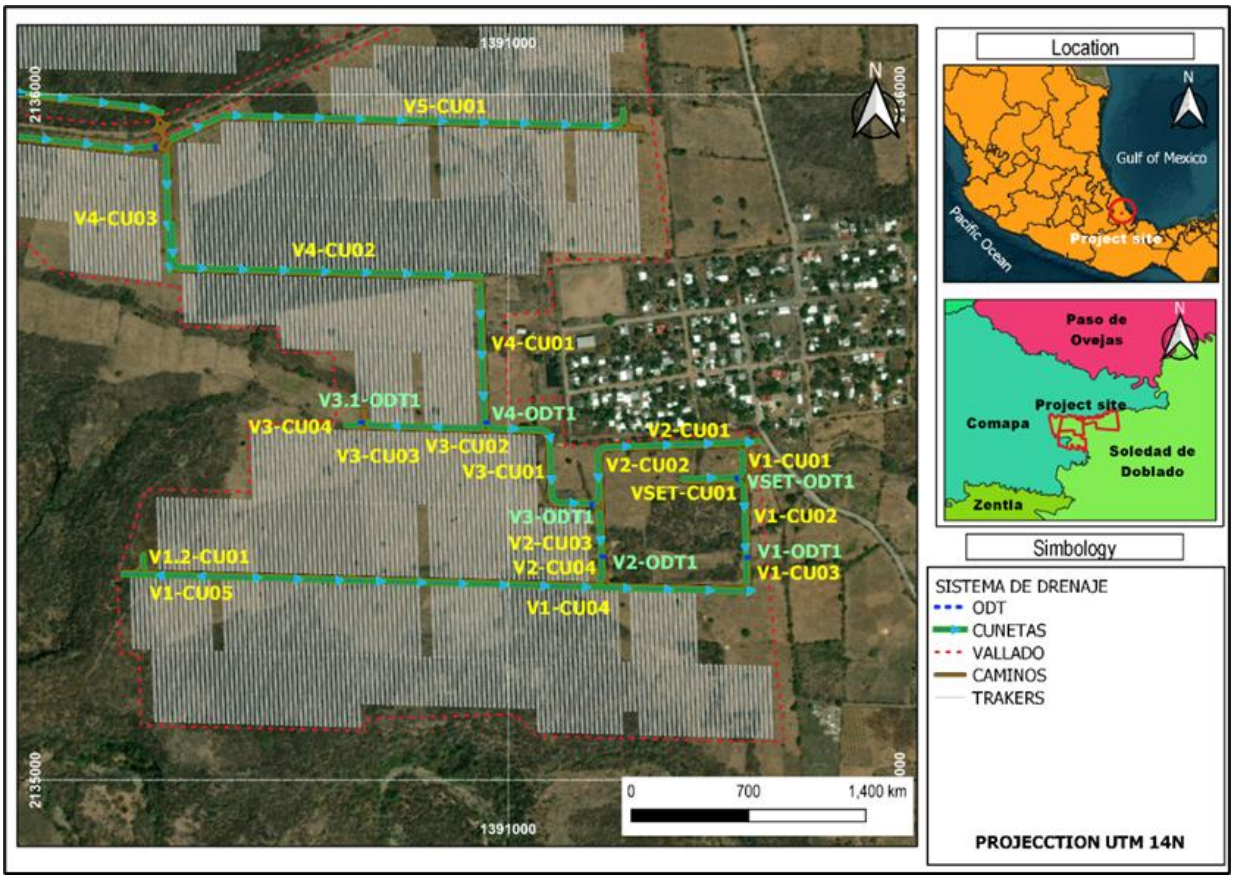


Figura 19. Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle A.

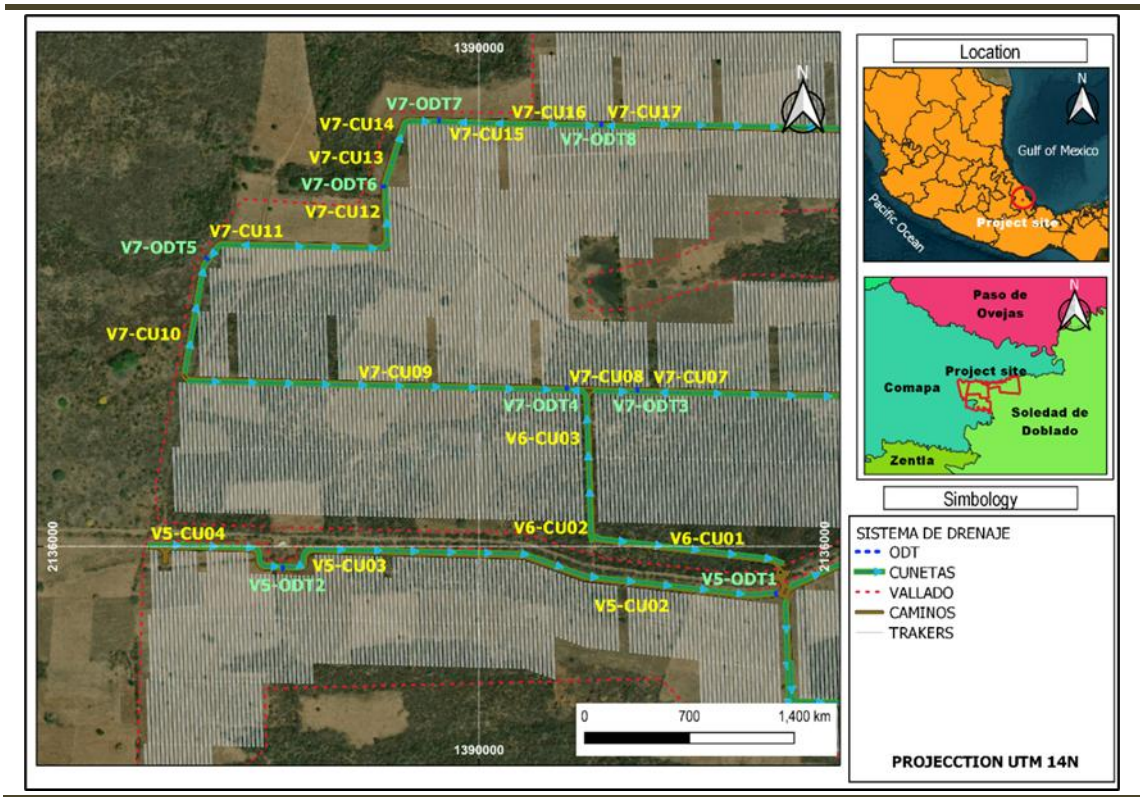


Figura 20. Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle B.

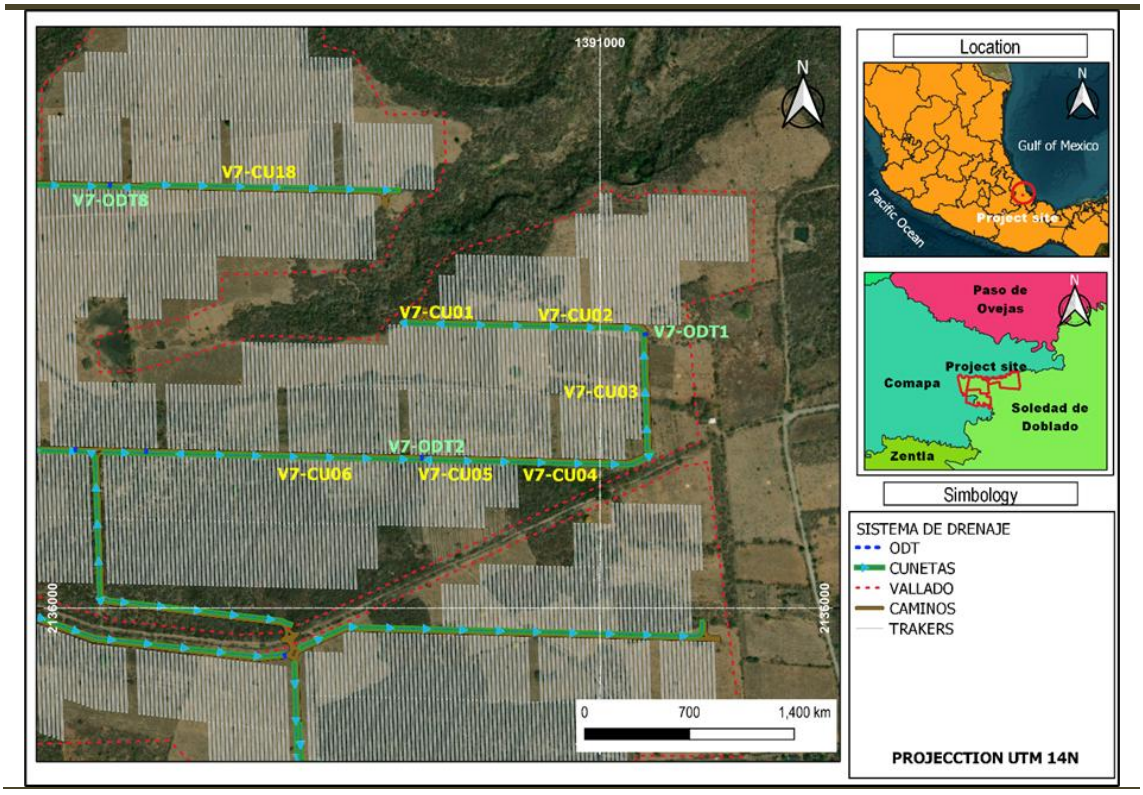


Figura 21. Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle C.

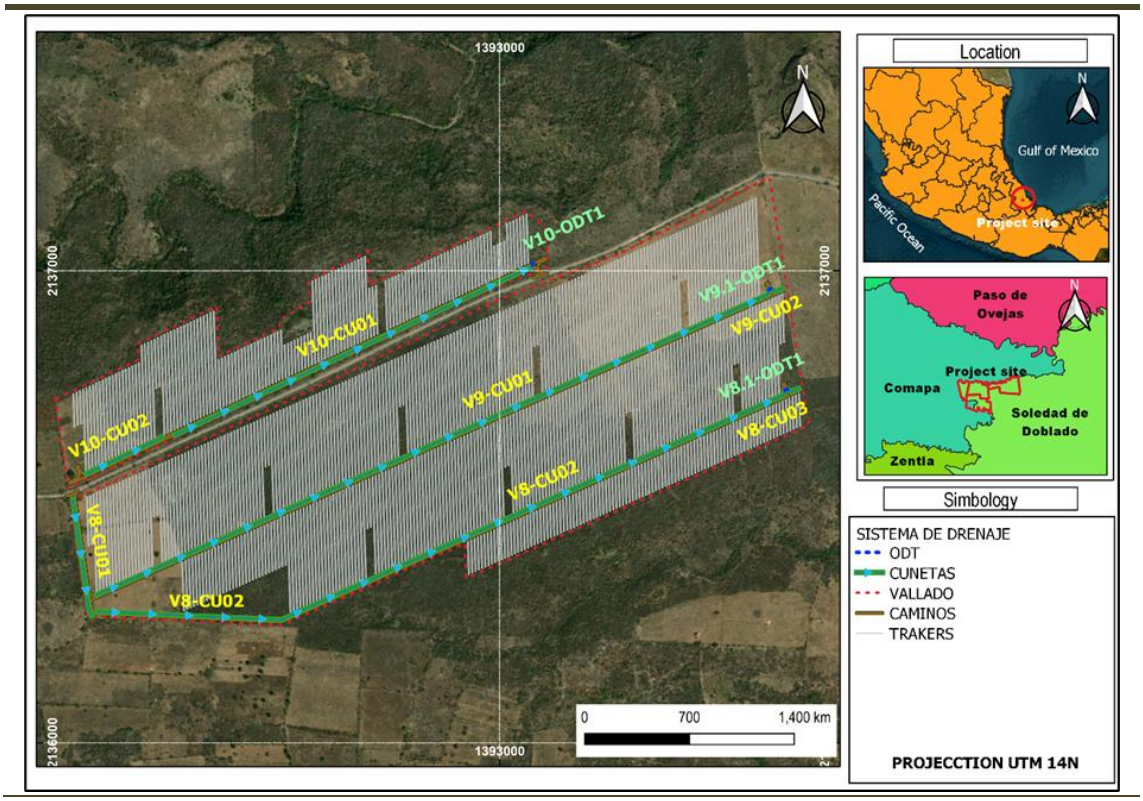


Figura 22. Ubicación de cunetas y ODT. Sistema de drenaje detalle D.

Las cunetas podrán ser revestidas de concreto o sin revestir, el dimensionamiento de estas estructuras se realizará en una etapa posterior del estudio de drenajes, y se determinará su geometría y revestimiento de acuerdo con el comportamiento hidráulico e hidrológico de cada obra proyectada. A continuación, se muestran las secciones tipos más usuales para la construcción de cunetas (*Figura 23*).

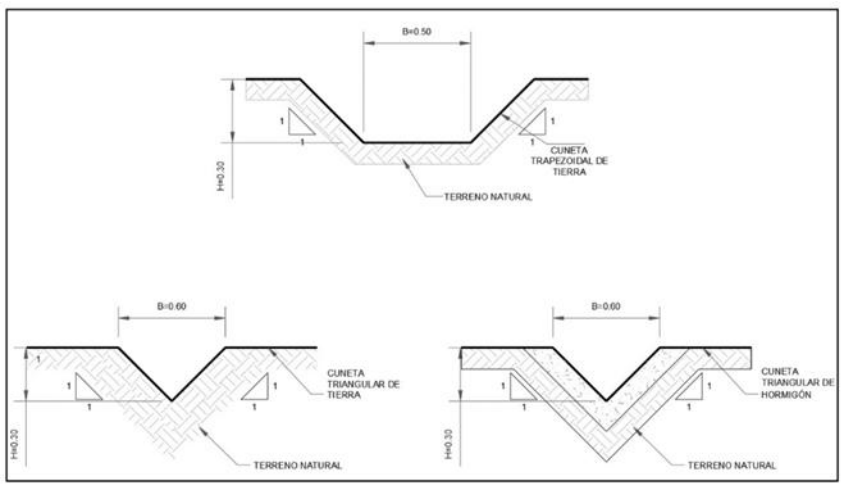


Figura 23. Secciones tipo de cunetas.

Cada cuneta contará con una obra de reducción y dispersión de velocidades en su descarga, debido a que estas descargarán sobre el terreno natural de la planta y así reducir y prevenir los efectos de la erosión en estas zonas.

Las obras de drenaje transversal (ODT) son estructuras que permiten conducir los flujos de agua a través de los viales sin poner en riesgo estos mismos, se considera la posible utilización de tres tipos de ODT's en la zona de proyecto:

- **Vados:** Son obras de drenaje que conducen los flujos sobre el vial con tirantes no mayores a 3 cm, estos pueden ser de tierra o concreto, este tipo de estructuras son las más comunes a utilizar en plantas de energía solar, deben instalarse donde los viales tengan una elevación no mayor al terreno natural (*Figura 24*).

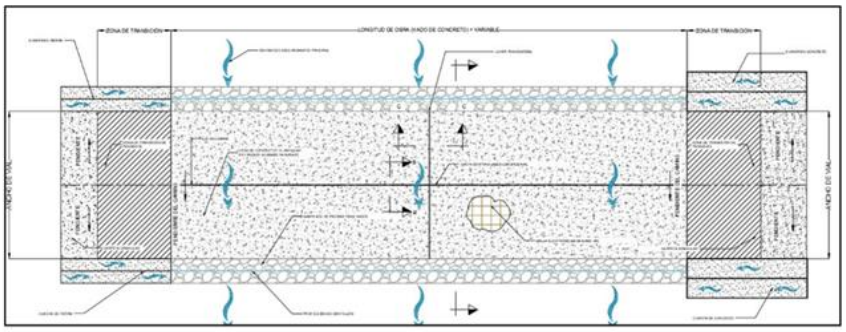


Figura 24. Imagen tipo vado.

- **Tuberías**: Son obras de drenaje que conducen los flujos por debajo de los viales, a través de una tubería de polietileno de alta densidad o de concreto simple o armado, estas estructuras pueden conducir un gasto mayor en comparación con los vados y se proponen en lugares donde la utilización de vados no es posible debido al alto caudal presentado o donde los viales se encuentren sobre el terreno natural y no permitan la colocación de vados (*Figura 25*).

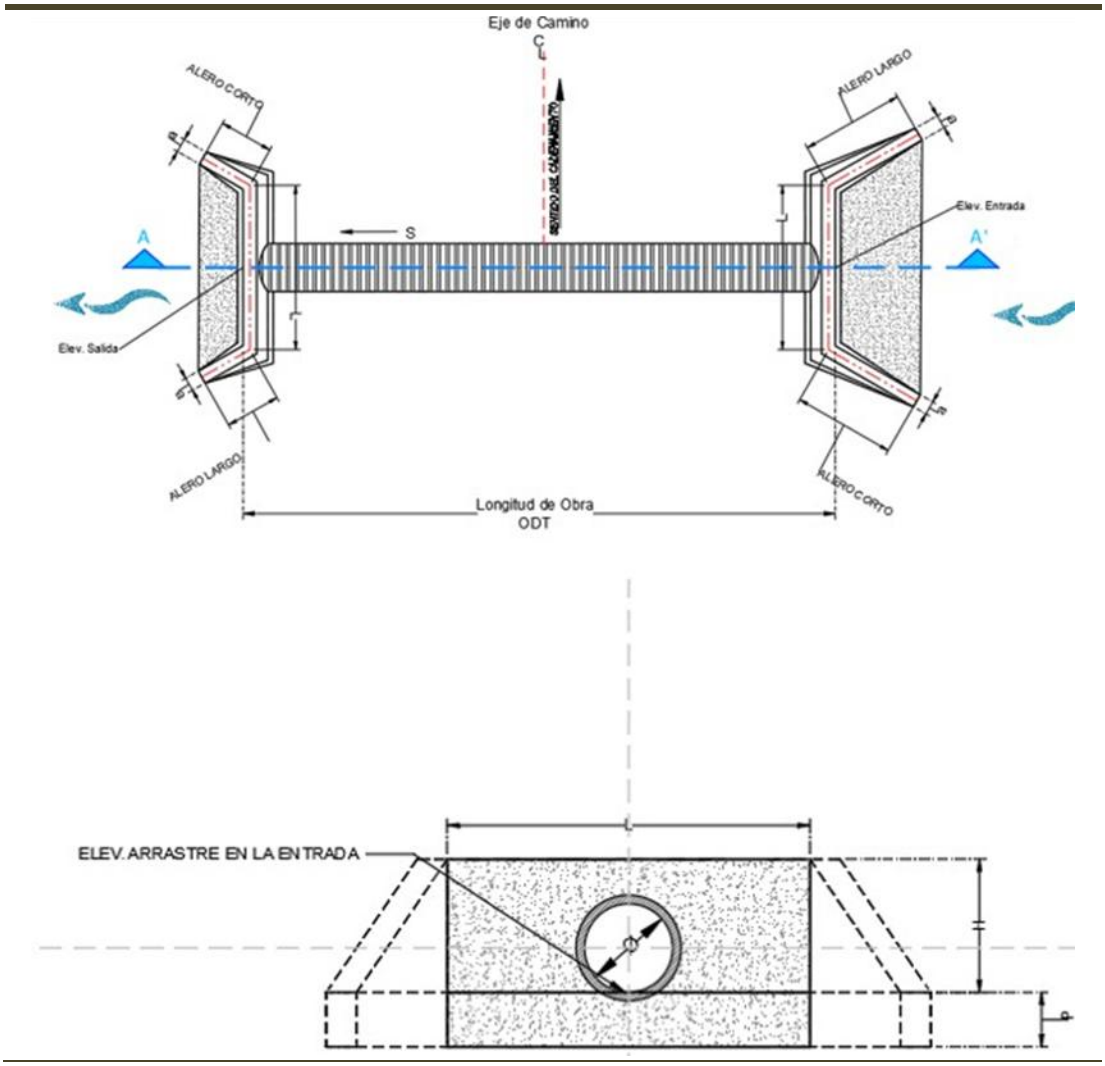


Figura 25. ODT tipo tubería.

- **Cajones de Concreto:** Son obras de drenaje que conducen los flujos por debajo de los viales a través de cajones de concreto armado prefabricados o construidos *in situ*, este tipo de obras se propone en zonas de caudales mayores por su alta eficiencia hidráulica o en zonas donde las tuberías no puedan contar con colchones mínimos sobre estas recibiendo el peso de los vehículos que transitan los viales, estos cajones se diseñan estructuralmente tomando en cuenta las cargas estáticas y dinámicas sobre estos (*Figura 26*).

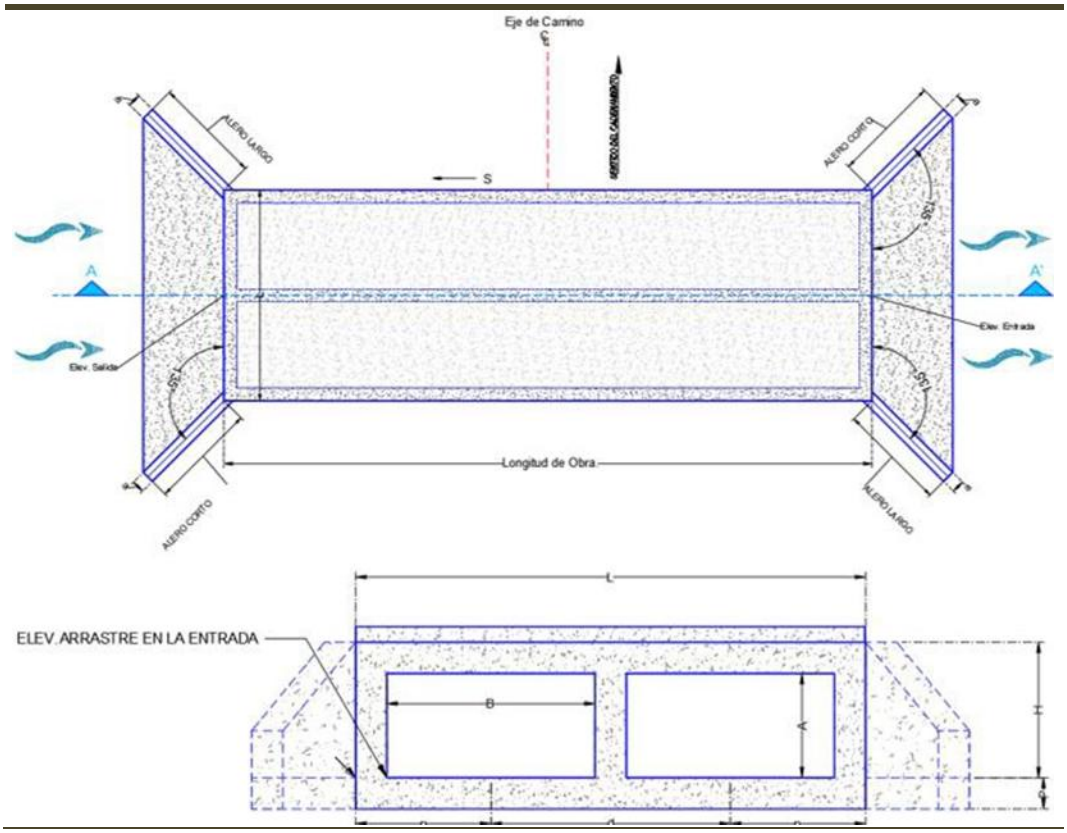


Figura 26. ODT tipo cajón de concreto.

Las obras de drenaje transversal se dimensionarán y diseñarán en una etapa posterior de proyecto, tomando en consideración su funcionamiento hidráulico e hidrológico presentado en la zona de estudio.

VIALES

Los caminos de este proyecto son de uso exclusivo del parque solar para el acceso y comunicación con todas las zonas de este.

En este proyecto, se realizaron las proyecciones de 23 viales internos y 1 vial de acceso con diferentes longitudes, que mantendrán conexión entre ellos para acceder a diferentes puntos del parque solar (*Figura 27*).

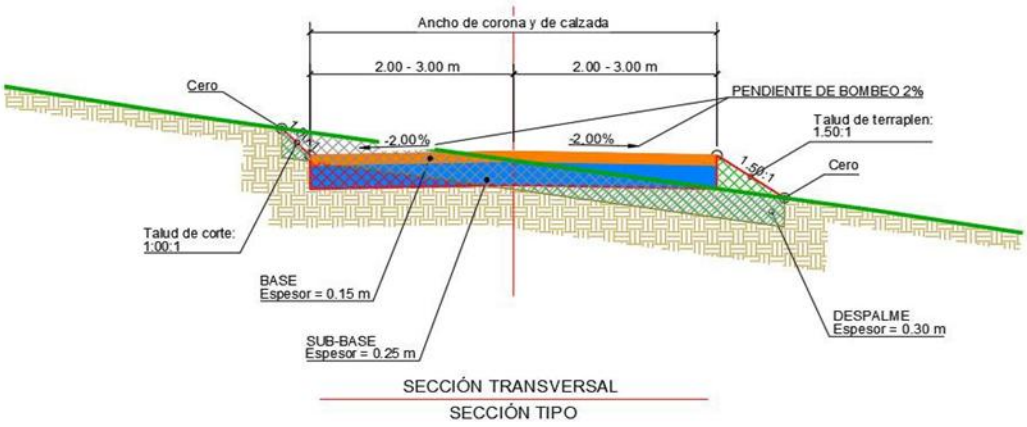


Figura 27. Sección transversal tipo.

VIALES INTERNOS

Se proyectaron 23 vías internas conectadas a las diferentes vías de acceso con una longitud total de 13,675.210 m. Para el diseño se ha tomado una anchura de 4 m (*Cuadro 12*).

Cuadro 12. Longitudes totales en caminos internos.

VIAL	LONGITUD (M)	ÁREA (M²)
VIAL-01	1,108.958	5,246.490
VIAL-1.1	19.896	149.270
VIAL-1.2	25.000	174.760
VIAL-02	421.951	2,072.060
VIAL-03	461.955	2,212.390
VIAL-3.1	25.000	173.600
VIAL-04	842.739	4,075.090
VIAL-05	1,776.415	8,315.290
VIAL-5.1	25.000	172.630
VIAL-5.2	25.000	379.440
VIAL-5.3	25.000	196.360
VIAL-06	563.667	2,748.400
VIAL-07	3,629.766	17,090.370
VIAL-7.1	22.000	159.660
VIAL-7.2	22.000	157.900
VIAL-08	1,846.680	8,667.380
VIAL-8.1	25.000	172.530
VIAL-09	1,598.565	7,544.220
VIAL-9.1	25.000	379.380

VIAL	LONGITUD (M)	ÁREA (M²)
VIAL-10	1,105.622	5,126.490
VIAL-10.1	29.738	281.060
VIAL-10.2	25.000	172.770
VIAL DE ACCESO AL SET	88.773	645.900
TOTAL	13,738.73	66,313.44

VIALES DE ACCESO

Se proyectó una vía de acceso conectada a la comunidad Tepetates.

SUBESTACIÓN

La energía generada por los paneles fotovoltaicos y a su vez convertida a corriente AC por los inversores, es dirigida mediante la Red de MT hacia la subestación elevadora ("SE") interna del parque solar, esta SE es donde se eleva el nivel de tensión de 34.5kV de la red de MT al nivel de 115kV en Alta Tensión para el acoplamiento de la energía con la Red del Sistema Eléctrico Nacional. Se estima una superficie de 4400 m^2.

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

A continuación, se presenta el programa de trabajo correspondiente a las obras y/o actividades, de forma calendarizada y para toda la vida útil del proyecto (*Cuadro 13*).

Cuadro 13. Cronograma de actividades de proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	AÑO		MES																								AÑO 0	AÑO
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1 A 30	1
Planeación	Gestión de trámites y permisos	*	*																										
Preparación del sitio	Desmonte			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
	Despalme			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Construcción	Nivelación del terreno			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
	Adecuación de caminos existentes					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
	Apertura de caminos nuevos										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Apertura de zanjas										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Instalación de pilotes												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Instalación del sistema fotovoltaico																						*	*	*	*			
	Montaje de paneles solares																			*	*	*	*	*	*	*			
	Obra civil subestación										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
	Retiro de maquinaria y materiales																								*	*			
Operación y mantenimiento	Generación de energía																											*	

ETAPA	ACTIVIDAD	AÑO		MES																								AÑO 0	AÑO
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1 A 30	1
	Conducción eléctrica (subterránea)																											*	
	Transformación																											*	
	Mantenimiento de paneles solares																											*	
Desmantelamiento y abandono	Desconexión de paneles																												*
	Desmontaje de paneles																												*
	Desmantelamiento instalaciones eléctricas																												*
	Retiro de cimentaciones																												*

II.2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

II.2.2.1 PREPARACIÓN DEL SITIO

Esta fase contempla todas las actividades previas a la instalación de los sistemas fotovoltaicos y la infraestructura asociada. Su objetivo es acondicionar el terreno para garantizar condiciones adecuadas para la construcción y operación del parque solar. Los trabajos de replanteo inicial del terreno y marcado (trazo y marcaje) mediante estacas son el paso inicial de la construcción de la planta, para establecer los límites de los polígonos de operación, los caminos de acceso y ubicación de las cimentaciones.

Desmonte y despalme

Se hará un recorte lateral de la vegetación y una nivelación del terreno. Los movimientos de tierras tienen la función de crear una superficie firme y homogénea, con la compactación y resistencia mecánica adecuada, que permita la ejecución de fundaciones y canalizaciones

Respecto a los servicios de limpieza, tales como el suministro y mantenimiento de baños provisionales, la seguridad (guardia), el transporte, las telecomunicaciones y el retiro y disposición de residuos industriales y domésticos se contratarán a empresas especializadas y que cuenten con las autorizaciones respectivas.

Durante la etapa los residuos se almacenarán temporalmente en zonas específicas delimitadas, sectorizadas y debidamente señalizadas.

Para los residuos sólidos domésticos se recogerán en bolsas de basura o recipientes cerrados para luego disponerse en tambores rotulados, los que se mantendrán tapados para evitar la generación de malos olores y atracción y proliferación de vectores, además se habilitará un sector o patio de residuos para la acumulación transitoria generada durante la etapa, donde se retirarán semanalmente.

Los residuos industriales no peligrosos que se generarán de manera relativa serán acopiados en un área especial de las instalaciones provisionales donde serán clasificados por tipo y calidad para posteriormente procurar primeramente su reciclaje antes de ser llevados a un vertedero autorizado para su eliminación.

Los residuos peligrosos se almacenarán al interior de un área especialmente habilitada, la que contará con un cierre perimetral y demarcación interior para las áreas donde se acumularán los distintos tipos de residuos.

Durante toda la etapa, se llevará un registro escrito de control para verificar que los residuos sean dispuestos en lugares autorizados.

Se deberá identificar y cumplir con los requisitos técnicos, jurídicos y/o administrativos relacionados con los aspectos ambientales de la planta fotovoltaica, para cumplir las disposiciones de la normativa ambiental que resulte aplicable para la protección de la flora y fauna silvestre, y para prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo.

II.2.2.2 CONSTRUCCIÓN

En esta fase se lleva a cabo la instalación de los componentes principales del parque fotovoltaico, asegurando que cada sistema cumpla con las especificaciones técnicas y normativas aplicables. Las actividades clave incluyen como primer paso la colocación del vallado, ya que la planta fotovoltaica contará con un cierre o mallado perimetral con objeto de evitar el ingreso de personal no autorizado a la planta.

Dicho vallado será de una altura mínima de 2,0 m, formado por malla, con postes metálicos de acero galvanizado montados sobre base de concreto y fijaciones, provista de nervadura de refuerzo en forma transversal y galvanizada.

Las características de la valla o delimitación se resumen a continuación:

- Valla: Malla ciclónica metálica y galvanizada.
- Altura: 2 metros (mínimo).
- Luz de malla de 50 mm.
- Acceso: El ancho de la carretera (para paso de vehículos) es de 6 m.

Un ejemplo de cerramiento típico para una planta fotovoltaica se muestra en la *Figura 28*.

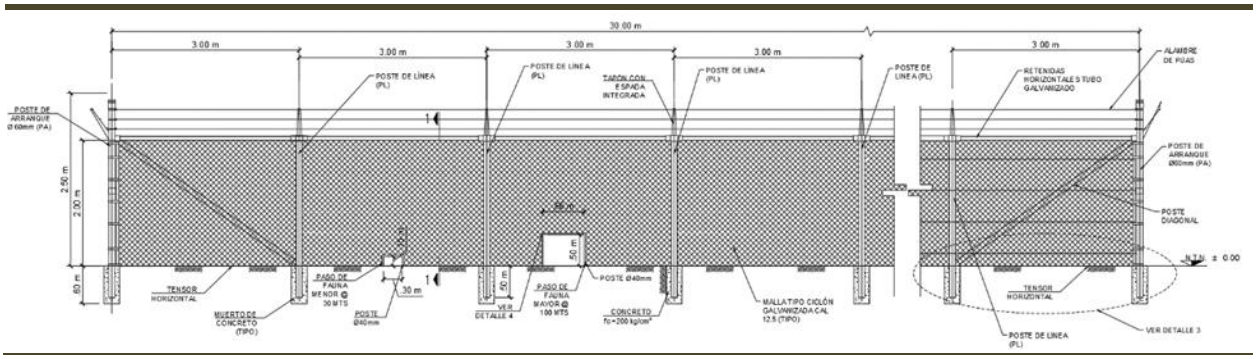


Figura 28. Cerramiento típico para una planta fotovoltaica.

Caminos internos y de acceso

Esta fase contempla los caminos de acceso a la planta para permitir la llegada del transporte vehicular hacia diferentes zonas. Los viales interiores se destinarán a la conexión de los centros de transformación entre sí y el acceso a todas las estructuras solares y edificios que conforman la planta.

Las secciones de pavimentos estarán diseñadas con base en los requerimientos geotécnicos de la instalación y la normativa aplicable.

El acceso está condicionado por los caminos existentes del lugar, mientras que la disposición de los caminos internos en la planta fotovoltaica está en función de los inversores y trackers, así como la topografía del terreno. El ancho del vial de acceso a planta es de 6 m.

Corte

En aquellos sectores en que la subrasante (capa de suelo natural) del camino va en corte, se excavará el material necesario para dar espacio al perfil tipo correspondiente.

Relleno de viales

Estos rellenos se forman con el mejor material proveniente de la excavación. Todos los materiales que integran el relleno no pueden contener materias orgánicas, pasto, hojas, raíces u otro material. El espesor del material de relleno colocado en capas corresponde al tipo de suelo y al equipo de compactación a emplear.

Estabilizado

El suelo estabilizado es transportado y se deposita en volúmenes uniformes a lo largo del camino para poder obtener el espesor de diseño. El material es acordonado por medio de motoniveladora, y se mezcla hasta obtener completa uniformidad. Finalmente es esparcido en una capa uniforme.

Estructura de soporte de los paneles solares

El sistema de seguimiento está compuesto de hincas, un tubo de torque, un eje de transmisión, un sistema motorizado para la rotación y un sistema de comunicación, así como soportes para montaje de los módulos y todas las preparaciones para los sistemas eléctricos y de fijación. Después del acondicionamiento del terreno, los perfiles que soportan la estructura se entierran en la superficie del terreno con una máquina hincadora. La profundidad de hincado y la sección expuesta están en función de las características del terreno y puede o no incluir una cimentación auxiliar (*Figura 29* y *Figura 30*).



Figura 29. Hincadora para estructura de seguidor.



Figura 30. Montaje de Torque Tube.

Montaje de Paneles solares

El montaje de los módulos fotovoltaicos está determinado por sus características mecánicas, y procedimientos para asegurarse que la compresión de los elementos de sujeción no dañe los soportes y las propias celdas (*Figura 31*).

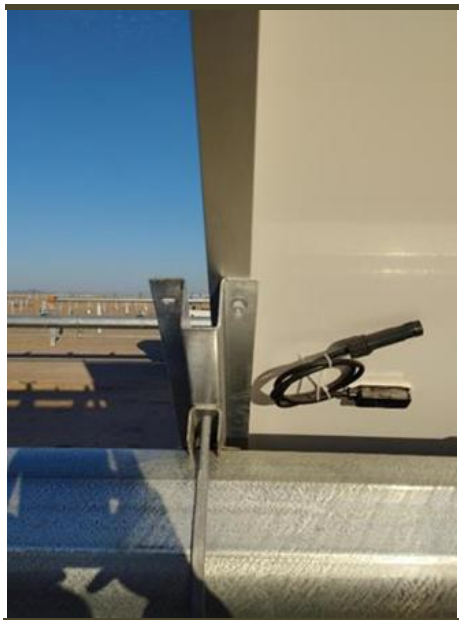


Figura 31. Fijación del panel.

Red de Media Tensión

La trayectoria de la Red de Madia Tensión sería paralela a los caminos internos y principales, por lo que deben de considerar el cruce con estos, así como el nivel de su rasante como referencia para determinar la profundidad.

La construcción de la red de media tensión va acompañada del tendido del sistema de comunicación y la red de tierras (*Figura 32*).



Figura 32. Zanjado de media tensión.

Obras de drenaje

El sistema de drenajes interior de la planta solar fotovoltaica se diseña con el objetivo de evacuar y dirigir el agua desde el interior de la parcela hacia los exteriores de esta o los arroyos circundantes, actuando como salvaguarda y evitando la erosión de la superficie y los daños sobre los equipos y obra civil ejecutada.

Se proyecta un sistema de drenajes mediante vados sobre los caminos y cunetas en las que el agua circula por acción de la gravedad, sin ninguna presión, estando la superficie libre del agua en contacto con la atmósfera.

Drenaje Longitudinal

Para los drenajes longitudinales o cuneta, se deberá tener un área mínima de 0.3 m^2. En cuanto al trazado de las cunetas se diseñarán con base en el Tr y se utilizará una sección de tipo trapecial, triangular y de tipo talud (pendiente mínima). En la *Figura 33* se muestra el ejemplo de construcción de 3 tipos de cunetas.

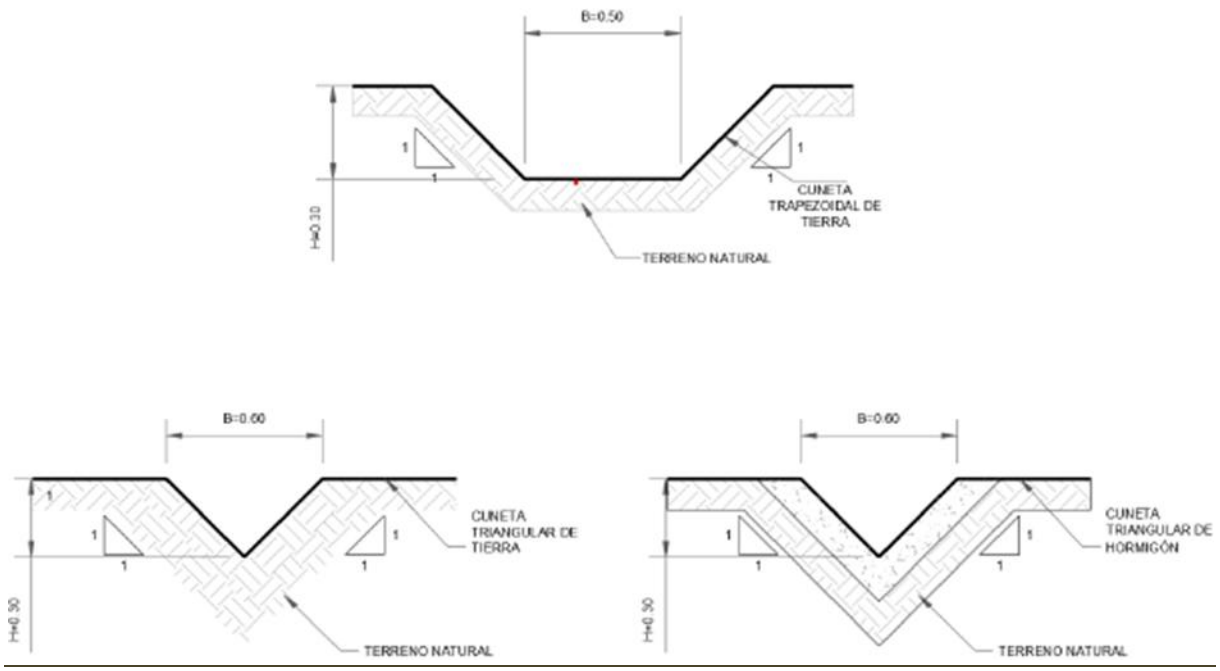


Figura 33. Tipos de sección de cuneta.

Drenaje Transversal

La función de estas obras es en conducir al flujo de fluidos a través de los viales sin poner en riesgo estos mismos. En este proyecto, se consideraron 3 tipos:

- **Vados:** Conducen el agua sobre el vial con tirantes menores a 3 cm (más utilizadas en las plantas fotovoltaicas).
- **Tuberías:** Conducen a los fluidos por debajo de los viales, a través de una tubería de polietileno (alta densidad), o concreto.
- **Cajones de concreto:** Tiene la misma función de la tubería, sin embargo, la diferencia se encuentra en que es un cajón de concreto. Este tipo de drenaje se suele proponer donde se producen mayores cantidades de caudales debido a su alta eficiencia hidráulica.

La altura de calado máximo en los puntos de cruce no debe ser mayor al 0.25 m. Para este caso, se contabilizó un total de 50 cunetas para la protección de los viales y 19 obras de drenaje transversal para la reducción del flujo en los viales.

II.2.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Engloba la producción y transporte de la energía eléctrica, así como las tareas de mantenimiento (tanto preventivas como correctivas) necesarias para garantizar un buen funcionamiento de la central eléctrica en su conjunto. Se iniciarán una vez que termine la etapa de construcción e interconexión a la red.

En la etapa de operación se tendrán lugar las siguientes actividades:

- Funcionamiento de la planta solar.
- Funcionamiento de la línea de transmisión y subestaciones.
- Operación y supervisión de equipos.
- Supervisión de contratistas para actividades de mantenimiento.
- Labores de mantenimiento (correctivo y preventivo).

II.2.3.1 OPERACIÓN

Generación de energía

La operación de la central fotovoltaica será monitoreada desde el Cuarto de Control Central, a partir de los dispositivos de monitoreo y medición, y con base en los procedimientos establecidos por los documentos y normas aplicables.

Conducción eléctrica subterránea

Esta actividad se refiere al transporte de la energía generada por los paneles solares a través de un sistema de cableado subterráneo hasta las subestaciones o centros de transformación. Las principales características y procesos incluyen:

Recolección de energía en corriente continua (CC): Los paneles solares generan electricidad en CC, la cual se canaliza a través de cableado subterráneo hasta los inversores.

Uso de circuitos de media tensión: Para minimizar pérdidas y mejorar la eficiencia del transporte eléctrico, la energía es conducida mediante redes de cableado diseñadas para soportar las cargas necesarias.

Protección y seguridad: Se utilizan ductos, canalizaciones y sistemas de aislamiento para evitar daños por humedad, temperatura y actividad mecánica.

Mantenimiento y monitoreo: Se realizan inspecciones periódicas para garantizar la integridad del sistema y prevenir falla.

Transformación

La energía generada por los paneles solares debe transformarse para su adecuada integración al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Este proceso involucra las siguientes actividades:

Conversión de corriente continua a corriente alterna (CC a CA): Los inversores convierten la electricidad generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (CA), la cual es compatible con la red eléctrica.

Ajuste de voltaje mediante transformadores: Una vez convertida en CA, la energía pasa por transformadores que elevan el voltaje a niveles adecuados para su transmisión a la red eléctrica.

Regulación y estabilidad del suministro: Se monitorean parámetros eléctricos como voltaje, frecuencia y potencia para cumplir con los estándares de calidad requeridos por el SEN.

Posteriormente se realizará la Interconexión con la red eléctrica donde la energía transformada se inyecta a la red de transmisión o distribución para su suministro a los centros de consumo.

II.2.3.2 MANTENIMIENTO

Mantenimiento de paneles solares

Antes de las operaciones de mantenimiento, el interruptor entre los equipos y todas las fuentes de alimentación deben desconectarse para evitar accidentes. Deben ser realizadas por profesionales, utilizando herramientas de inspección para garantizar que no haya voltaje y corriente.

Mantenimiento preventivo

Se encarga de la conservación de los equipos en condiciones óptimas mediante revisiones regulares de la maquinaria y tareas de mantenimiento. También permite reducir el tiempo de inactividad no planificado al proporcionar un sistema para identificar y solucionar cualquier reparación necesaria. Este proceso pasa por 4 fases: inspección, detección, corrección y prevención.

El mantenimiento preventivo puede realizarse atendiendo a diferentes criterios:

- **Programado:** se realizan revisiones en función de determinadas horas de funcionamiento, tiempo, etc.
- **De oportunidad:** se realiza durante la inutilización del equipo, de esta manera, se evita el tener que parar toda la producción.
- **Predictivo:** a través de un seguimiento, se determina cuándo se utiliza más un sistema, y así poder llevar a cabo el mantenimiento en el momento en que menos se utilice.

Actividades y periodicidad de Mantenimiento preventivo

Aparte de que la tarea se aplique a los equipos de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes, procedimientos seguros de trabajo y los estándares de un buen mantenimiento, es muy importante que se haga con una frecuencia adecuada, atendiendo a la criticidad de los equipos dentro de la instalación y a las condiciones climáticas y ambientales.

Actividades semestrales

Se refiere a los trabajos que requieren mayor periodicidad en su supervisión debido a las características y ubicaciones de los equipos y sus componentes.

La periodicidad de las labores puede variar dependiendo de las características de la instalación, a continuación, se enlistan algunas actividades importantes:

- Funciones de seguridad.
- Mantenimiento de software.
- Inspección de componentes internos.
- Entrada y salida de ventilación de dispositivos y cuartos de operación.
- Comprobar el alumbrado normal y de emergencia.
- Controlar las señales de seguridad, rutas de evacuación, puertas, escaleras, etc.
- Control de plagas anuales.
- Verificar componentes internos, ruidos anormales durante la operación.
- Verifique si el equipo de protección contra rayos y los fusibles, etc. están bien sujetos.
- Compruebe si hay oxidación u óxido dentro de los dispositivos.
- Verifique si los puntos de soldadura son firmes y si hay óxido.
- Verifique si la presión del gas de los gabinetes sellados es la establecida por el fabricante.
- Revisión celdas de MT y cables de Alta Tensión, inspección visual de cuchillas seccionadoras de línea / tierra en SE.
- Ensayos de transformador de Potencia en SE.

Actividades anuales

- Verificar componentes internos, ruidos anormales durante la operación.
- Verificar que las señales y etiquetas de advertencia sean claramente visibles y estén libres de daños. Reemplace si es necesario.
- Verifique si la conexión entre cable y terminal al interior de los dispositivos es correcta.
- Verifique si el equipo de protección contra rayos y los fusibles, etc. están bien sujetos.
- Compruebe si hay oxidación u óxido dentro de los dispositivos.
- Verifique si los puntos de soldadura son firmes y si hay óxido.
- Verifique si las carcasas de los dispositivos expuestos a intemperie están dañadas, pintura pelada, oxidada, etc.
- Verifique si las cerraduras de las ventanas y las puertas de los gabinetes se pueden abrir de forma flexible.
- Verifique si las tiras de sellado, etc. está bien fijadas.
- Verifique si la presión del gas de los gabinetes sellados es la establecida por el fabricante.
- Revisar mediante termografía las instalaciones y equipos.
- Revisión celdas de MT y cables de Alta Tensión, inspección visual de cuchillas seccionadoras de línea / tierra en SE.
- Ensayos de transformador de Potencia en SE.

Mantenimiento predictivo

Permite conocer el funcionamiento de máquinas y equipos a través de mediciones no destructivas, con el fin de adelantarse a posibles fallos y optimizar su rendimiento. Dependiendo del tipo de sensor que se utilice para obtener la información, el mantenimiento predictivo ejerce su función mediante la monitorización de diferentes parámetros.

Las ventajas del mantenimiento predictivo son: el aumento de la vida útil del equipo gracias a la previa detección de fallos e implementación de soluciones, la disminución de costes al evitar tener que sustituir un equipo por completo, y el óptimo rendimiento de la producción al evitar las alteraciones en el rendimiento.

Los dos más frecuentes son:

- **Análisis de temperatura:** mide la radiación infrarroja emitida por los elementos de la instalación eléctrica y permite elaborar mapas de calor. Mediante los puntos de calor se pueden detectar diferentes sucesos como deterioros mecánicos o sobrecargas en puntos específicos.

- **Análisis de parámetros eléctricos:** mide los cambios en el comportamiento eléctrico de una máquina o instalación mediante sensores de alta precisión. Este método es capaz de detectar desviaciones del comportamiento estándar en fases muy rudimentarias, facilitando las acciones de mantenimiento.

Mantenimiento correctivo

Engloba a todas las actividades llevadas a cabo en una industria para corregir las averías o fallos que se puedan ocasionar en alguna de las etapas del proceso de producción. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo una vez se ha producido la avería en el sistema. Puede ser un mantenimiento programado o no programado:

- **Programado:** al presentarse la avería, se planifica su reparación con el fin de no alterar el proceso de producción. Se contempla la información de la avería y si su corrección afecta a la producción.

- **No programado:** la avería afecta directamente a la producción. En estos casos, el fallo se atiende de inmediato, sin previa contemplación.

Además, dependiendo de en qué zona de nuestra industria se produzca la avería, el mantenimiento correctivo puede ser de tres tipos:

- **Mecanizado:** destinado a reparaciones de deterioros exclusivamente mecánicos.

- **Automatizado:** corresponde a la corrección de fallos en sistemas que integran procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos.

- **Digital:** aborda las averías que ocurren en sistemas digitales. Está ligada a la ingeniería de sistemas.

Entre las principales ventajas de este mantenimiento, encontramos: la sencillez de los procesos para la resolución de los problemas, la efectividad de las soluciones que se ofrecen, y la posibilidad de evitar procesos futuros con fallos.

Mantenimiento extraordinario

El mantenimiento extraordinario incluye todo tipo de intervenciones de mantenimiento más invasivas y relevantes, que no son recurrentes y se realizan para mejorar el funcionamiento de un activo,

aumentar el ciclo de vida, su valor o cuando muestre un deterioro que excede lo programado de acuerdo a su vida útil. El mantenimiento extraordinario recoge:

- Intervenciones invasivas en equipos e instalaciones;
- Intervenciones en la estructura;
- Intervenciones en el sistema tecnológico;

El principal tipo de mantenimiento extraordinario es el mantenimiento de mejora, el cual no se debe a fallos de funcionamiento, y tiene el objetivo de aumentar el valor del sistema y mantener el rendimiento del equipo mediante la realización de mejoras técnicas en toda la instalación o en unidades individuales.

De esta manera, puede aumentar el valor de los activos y asegurarse de que alcancen los límites máximos de disponibilidad programados durante la fase de proyecto, independientemente de los efectos del tiempo.

II.2.4 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES

Aunque la vida útil de las instalaciones es de aproximadamente 30 años, se considera indefinida si se implementan programas de repotenciación o modernización de la central a futuro, aprovechando el avance tecnológico que posiblemente se cuente al momento de la finalización de la vida útil de los primeros módulos solares, por tanto, se puede seguir haciendo uso de la infraestructura para nuevas tecnologías fotovoltaicas.

El objetivo que se pretende cumplir con el plan de desmantelamiento y abandono es que los terrenos donde estuvo la instalación muestren un estado similar al que tenían antes de la construcción.

El Plan incorporará las medidas orientadas a prevenir impactos ambientales y riesgos durante la etapa de cierre y abandono definitivo del proyecto. La disposición de los componentes y materiales será conforme a la normativa nacional aplicable vigente. Las instalaciones se desmantelarán en su totalidad implementando un plan a gran escala en cuanto a componentes para reciclaje y componentes no aprovechables. El desmantelamiento será mecánico, iniciando con los módulos, que se transportarán a zonas de desechos industriales o bien, en caso de que la tecnología lo permita, se enviarán a centros de reciclaje. El resto de los componentes metálicos se desensamblarán y se dispondrán con base en el plan de residuos. Los componentes electrónicos se enviarán a tiraderos autorizados y destinados para este tipo de desechos o bien, se reciclarán si la tecnología lo permite.

En la etapa de Desmantelamiento, se deben ejecutar las actividades necesarias para realizar la remoción total de las Instalaciones y estructuras que conformaron el Proyecto, incluyendo la

demolición, el desarmado y desmontaje, y la reutilización o disposición de equipos y accesorios, así como, el completo retiro de materiales y residuos que se generen durante esta etapa.

La etapa de Abandono debe incluir las acciones de restauración, compensación ambiental y/o remediaciones apropiadas para mitigar el daño o afectación al ambiente.

II.2.5 REQUERIMIENTOS DE PERSONAL E INSUMOS

Se procurará que la mayoría del personal contratado provenga de poblaciones y municipios aledaños al área del Proyecto a quienes se le transportará diariamente al sitio. No se contempla la instalación de campamentos provisionales para la pernocta de trabajadores, se dispondrán sanitarios portátiles contemplando uno (1) por cada 20 trabajadores, para el área de alimentos se construirán zonas provisionales sombreadas en el área del patio de maniobras con la intención de facilitar a los trabajadores la toma de una buena dieta en un ambiente sano.

Durante la etapa de preparación y construcción del sitio se tiene contemplado que habrán alrededor de 600 personas laborando.

Durante la operación y el mantenimiento el flujo de personas será menor debido a la automatización de los sistemas, contemplando 6 personas por turno (12 personas en total al día).

En el *Cuadro 14* se disponen los requerimientos aproximados de personal por cada etapa del Proyecto:

Cuadro 14. Requerimientos de personal por etapa del proyecto.

ESPECIALIDAD/ACTIVIDAD	EMPLEADOS/ BOQUES	MÁXIMO NÚMERO DE EMPLEOS	TIPO DE EMPLEO	ORIGEN
Preparación y construcción del sitio				
Dirección de obra	2	10	Temporal	Nacional
Electricistas	45	130		Nacional/local
Mecánicos	30	195		Nacional/local
Encargados de obra	1	7		Nacional/local
Albañiles	7	45		Local
Ayudantes de construcción	3	52		Local
Conductores	4	33		Nacional/local
Operadores de equipos portátiles livianos y pesados	11	48		Nacional/local
Subtotal de empleos		520		
Operación y mantenimiento				
Personal de vigilancia	2	2	Fijo	Local
Supervisores de Operación	2	2	Fijo	Nacional/local
Gestor social	1	1	Fijo	Nacional/local

ESPECIALIDAD/ACTIVIDAD	EMPLEADOS/ BOQUES	MÁXIMO NÚMERO DE EMPLEOS	TIPO DE EMPLEO	ORIGEN
Mantenimiento preventivo	4	4	Fijo	Nacional/local
Empleos diversos	12	12	Temporal	Nacional/local
Subtotal de empleos		21		
Desmantelamiento				
Electricistas	26	26	Temporal	Nacional/local
Mecánicos	110	110		Nacional/local
Maestro de obra	9	9		Nacional/local
Albañiles	4	4		Local
Ayudantes de construcción	6	6		Local
Conductores	10	10		Nacional/local
Subtotal de empleos		165		

REQUERIMIENTOS DE AGUA

El uso del agua es de vital importancia durante toda la vida del Proyecto, ya que se requiere para el desarrollo de varias actividades durante la preparación y construcción, ya sea por el uso del personal (no para beber) o para la generación de mezclas con materiales de construcción, para riego (control de polvo), y en la etapa de operación y mantenimiento.

Asimismo, aunque en menores cantidades, para la hidratación diaria del personal e incluso agua libre de impurezas para la limpieza de los módulos fotovoltaicos. En todo momento se respetarán las medidas de aprovechamiento y fuentes autorizadas haciendo un uso responsable de este recurso.

En el *Cuadro 15*, se presenta la estimación del uso que se dará:

Cuadro 15. Requerimientos de agua por etapas del proyecto.

CONCEPTO	ORIGEN	CANTIDAD
PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN		
Labores de Preparación del sitio y construcción	Agua cruda (también puede ser agua tratada), por contratación del servicio de provisión y transportación a empresas que cuenten con la concesión o bien de lugares que la autoridad municipal indique.	260 m^3 por mes (considerando una pipa promedio de 10 m^3, un control de polvo alto y suministro para mezclas de concreto).
Preparación de alimentos y aseo del personal	Agua potable para uso de los trabajadores, suministrada por pipas y almacenada en tanques de 2000 litros. Se considera un total de 520 empleados.	208 m^3 al mes (considerando una tasa media de gasto de agua considerando sanitarios tipo seco y que no se establecen regaderas en sitio).
Consumo personal (agua para beber)	Agua purificada de garrafón adquirida en establecimientos comerciales. Se estiman 5 litros diarios por trabajador; se considera un total de 520 empleados.	62.4 m^3 por mes (considerando un mes de 24 días laborables efectivos y que se le suministra al personal 130 garrafones diarios, cada garrafón contiene 20 L).
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		

CONCEPTO	ORIGEN	CANTIDAD
Concepto	Origen	Cantidad
Consumo personal (agua para beber)	Agua purificada de garrafón adquirida en establecimientos comerciales. Se estiman 3 litros diarios por trabajador; se considera un total de 20 empleados.	60 litros por día (3 garrafones de 20L cada uno)
Uso sanitario	Agua para uso de las instalaciones sanitarias en sitio (lavabos). El almacenamiento será en contenedores de 1000 litros.	200 litros por día (considerando un consumo medio, considerando el uso de sanitarios tipo seco y considerando que no existen regaderas en sitio)
Limpieza de módulos fotovoltaicos	Agua tratada, suministrada por medio de pipas por empresas autorizadas o bien, de lugares que las autoridades municipales indiquen. Se almacenará en tanques de 1000 litros.	1 litro por panel con mantenimiento semestral, dando un gran total aproximado de 536 m^3 anuales.

MAQUINARIA Y COMBUSTIBLES

Durante las actividades de construcción se ocupará maquinaria, equipos y por tanto combustible. A continuación, se muestra el detalle de los requerimientos que se han estimado para el Proyecto en el *Cuadro 16*, *Cuadro 17* y *Cuadro 18*:

Cuadro 16. Maquinaria por utilizar durante la preparación del sitio y la construcción.

CONCEPTO	TOTAL	CONCEPTO	TOTAL
Hincadoras hidráulicas	13	Vibradores	9
Grúas	5	Tractores sobre llantas / orugas	5
Retroexcavadoras	7	Manipuladores telescópicos	9
Traccionadoras	5	Tractores con remolque	8
Plantas soldadoras	5	Cargadoras de cuatro ruedas directrices	13
Cortadores manuales	86	Moto conformadoras	4
Compresores de aire 250 psi	8	Desbrozadora industrial	8

Cuadro 17. Camiones para utilizar durante la preparación del sitio y la construcción.

CONCEPTO	TOTAL	NÚMERO DE SEMANAS QUE SE VAN A UTILIZAR	NÚMERO DE CAMIONES POR MES
Camiones de transporte de maquinaria	26	2	26
Camiones de carga pesada	286	12	95
Camiones de transporte desbroce	416	8	208
Camiones de carga ligera	455	28	65
Camiones de transporte de módulos	346	20	69
Camiones de transporte de inversores	14	12	41
Camiones de transporte de estructura	520	12	173
Camiones de transporte de cableado y varios	104	16	26
Camiones pipa de agua (potable, cruda y/o tratada)	84	48	7
Camiones de transporte de concreto	182	28	26

CONCEPTO	TOTAL	NÚMERO DE SEMANAS QUE SE VAN A UTILIZAR	NÚMERO DE CAMIONES POR MES
Camiones de transporte de maquinaria	58	6	39
SE Eléctrica			
Camiones de carga pesada	18	8	8
Camiones de transporte de estructura	6	6	4
Camiones de transporte de cableado y varios	22	12	8
Camiones de transporte de equipos generales	26	12	9
Camiones de transporte de equipos principales	12	12	4
Camiones de transporte de concreto	22	16	5
Camino de acceso y caminos interiores			
Camiones de carga pesada	18	8	4
Camiones de carga ligera	18	8	4
Camiones de material subrasante	18	8	4
Camiones de material subbase	26	10	11
Camiones de material base	42	12	12

Cuadro 18. Requerimiento de combustible y energía por etapas del proyecto.

CONSUMO	ORIGEN	CANTIDAD
PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN		
Electricidad para maquinaria y equipo	La energía eléctrica requerida se contratará a proveedor local.	Un generador de 50 kW de potencia de 45 horas semanalmente; y cinco generadores de 20 kW de potencia de 45 horas semanalmente.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Gasolina y diésel para vehículos y maquinaria	Se adquirirá de las gasolineras más cercanas a las áreas de trabajo, realizando la carga directa a los vehículos para evitar el almacenamiento.	Indefinida
Electricidad para maquinaria y equipo	Autoabastecimiento	Indefinida

II.2.6 RESIDUOS

Durante las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto se generarán residuos sólidos (no peligrosos, de manejo especial y posiblemente peligrosos) y aguas sanitarias, su manejo se realizará de acuerdo con las resoluciones ambientales que se emitan y conforme a la legislación correspondiente, siguiendo siempre las buenas prácticas en protección del medio ambiente.

TIPOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS

La clasificación de la gestión de residuos se basa, principalmente, en el origen de estos. Así, dependiendo del origen de los residuos, de manera general su gestión se puede clasificar en:

Gestión de residuos sólidos urbanos

Son aquellos que se producen específicamente dentro de los núcleos urbanos y sus zonas de influencia.

La recogida de los residuos puede ser global o selectiva, esta última clasifica los residuos dependiendo su composición para después ser reciclados (plástico, vidrio, papel, cartón, etc.) o recibir un tratamiento específico.

Gestión de residuos peligrosos

Está gestión engloba todos aquellos procesos que sufren los residuos catalogados como peligrosos o muy peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Para su gestión se sigue una serie de normas desde su recogida, clasificándolos según varios criterios, luego pasan por tratamientos químicos y físicos para convertirlos en sustancias inertes y se dejan en depósitos reforzados para reducir la peligrosidad de estos.

Gestión de residuos sanitarios

Estos residuos tienen un alto riesgo biológico, por lo que es muy importante su manipulación. Durante la gestión de residuos sanitarios u hospitalarios, deben ser clasificados y almacenados correctamente y hay que emplear medidas específicas para su destrucción, con el fin de reducir o eliminar el alto peligro que suponen para el medio ambiente y la salud.

Los residuos deben entregarse a empresas que estén acreditadas para su transporte hasta donde son eliminados.

Gestión de residuos industriales

Son aquellos residuos que provienen de los procesos de producción de las industrias. Para la gestión de residuos industriales, las empresas que generan los residuos deben mantenerlos en condiciones óptimas hasta que un gestor los recoge, para ser transportados y recibir su tratamiento y reciclaje. Algunos de los tratamientos empleados son físicos, químicos, biológicos o térmicos.

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS POR ETAPAS

Etapa de construcción

- **Residuos inertes**: No presentan ningún riesgo de polución de las aguas y de los suelos y que, en general, podríamos asimilar a los materiales pétreos. Por ejemplo: Escombro limpio, como ladrillos, hormigón endurecido, restos de hormigón, vidrio, cualquier tipo de tierra o canto, escombros de demolición, etc.

- **Residuos no peligrosos:** Son los que por su naturaleza pueden ser tratados o almacenados en las mismas instalaciones que los residuos domésticos.

  Por ejemplo: Metales, como armaduras de acero y restos de estructuras metálicas, perfiles para montar el cartón – yeso. Madera, como restos de corte, restos de encofrado, pallets, papel y cartón, como sacos de cemento, de yeso, de arena y de cal, cajas de cartón, etc. Plástico, como lonas o cintas de protección no reutilizables, conductos y canalizaciones.

- **Residuos peligrosos:** Los formados por materiales que tienen determinadas características perjudiciales para la salud o el medioambiente.

  Por ejemplo: Envases y restos de: aceites, lubricantes, líquidos de freno, combustibles, desencofrantes, anticongelantes y líquidos para curado de hormigón, adhesivos, aerosoles y agentes espumantes, disolventes y detergentes, pinturas y barnices, silicona y otros productos de sellado, tubos fluorescentes, trapos, brochas y otros útiles de obra contaminados con productos peligrosos, restos de desmantelamiento de bajantes, cubiertas y tabiques pluviales, amianto y sus derivados, incluyendo envases, etc.

Etapa de operación y mantenimiento

- **Residuos inertes:** Por ejemplo: Desbroce de terreno, tierra vegetal, arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente.

- **Residuos no peligrosos** de disposición especial: para estos se realiza un acopio en sitio posteriormente son retirados a sitios específicos para este tipo de desechos.

  Por ejemplo: Placas solares (aquellas que estén deterioradas y necesitan reemplazarse), cableado DC o AC que necesite ser reemplazado, cajas de control de string que necesiten ser sustituidas, así como también inversores.

Etapa de retiro y abandono

Aplican los mismos tipos de residuos y disposición que para la etapa de construcción.

Actividades que dan lugar a la generación de residuos durante la fase de construcción serán las siguientes:

- Realización de acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras: excavaciones (cimentaciones), movimientos y traslados de tierras.
- Obra civil: cimentaciones, concretos, drenajes, etc.
- Montaje electromecánico: tendido eléctrico, servicios auxiliares, etc.
- Limpieza de obra y restauración.
- Actividades auxiliares (oficina).

Las aguas residuales generadas durante la etapa de construcción serán aquellas producidas por el personal de construcción, no emitiéndose en ningún momento residuos líquidos industriales.

Para el almacenamiento de estas aguas residuales, se dispondrá de un depósito estanco que almacene las aguas residuales para posteriormente, retirarse de forma periódica para su tratamiento mediante gestor autorizado.

En la fase de operación, al igual que durante la construcción las aguas residuales generadas serán las provenientes del personal que se encontrará en la planta durante los años de vida útil del mismo, estos residuos, al igual que durante la etapa de construcción, se retirarán de forma periódica para su tratamiento mediante gestor autorizado.

La planta solar fotovoltaica verterá el agua residual procedente de las instalaciones del edificio de control, a una fosa séptica para su posterior recogida por parte de un gestor autorizado.

Está prohibido el verter a causes, ramblas o al terreno.

II.2.7 GENERACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO

II.2.7.1 IDENTIFICAR POR ETAPAS DEL PROYECTO, EN SU CASO LAS FUENTES GENERADORAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En un proyecto de parque fotovoltaico, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son considerablemente más bajas en comparación con las fuentes tradicionales de energía, como las plantas de carbón o gas natural. Sin embargo, a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde la fabricación hasta el desmantelamiento, se generan ciertos GEI. A continuación, se describen los principales:

1. Dióxido de carbono (CO_2):

Fabricación de paneles solares: El proceso de producción de los paneles fotovoltaicos, especialmente en la extracción y purificación del silicio, genera CO_2 debido al consumo de energía, que en muchos casos proviene de fuentes no renovables. Aunque no son parte directa del alcance del proyecto se puede considerar como un enfoque integral basado en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la huella de carbono total del sistema.

Transporte: El traslado de los componentes del parque, como paneles solares, inversores y estructuras, desde las fábricas hasta el sitio de instalación, también genera emisiones de CO_2, principalmente a través del uso de combustibles fósiles en los vehículos de transporte.

Construcción: Las actividades de construcción y montaje del parque, que incluyen el uso de maquinaria pesada, consumo de electricidad y combustible, emiten CO_2.

2. Hexafluoruro de azufre (SF_6):

Equipos de conmutación y aislamiento: El SF_6 es un gas utilizado en equipos eléctricos como interruptores y transformadores por sus excelentes propiedades aislantes y de corte de corriente. Sin embargo, es un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global mucho mayor que el CO_2. Aunque se libera en pequeñas cantidades durante las operaciones normales o si hay fugas, su impacto ambiental es significativo.

3. Óxidos de nitrógeno (NOx):

Transporte y construcción: Las emisiones de óxidos de nitrógeno provienen principalmente de los vehículos y maquinaria que funcionan con combustibles fósiles durante la fase de construcción, transporte e instalación del parque fotovoltaico.

4. Metano (CH_4):

Extracción y transporte de materiales: Aunque en cantidades mucho menores, el metano puede emitirse durante la producción y el transporte de materiales requeridos para la fabricación de los

componentes del parque fotovoltaico. Este gas se libera durante la extracción de combustibles fósiles necesarios para producir los materiales de los paneles y equipos.

En resumen, aunque el desarrollo de un parque fotovoltaico genera emisiones de GEI a lo largo de su ciclo de vida (especialmente en las fases de fabricación, transporte, construcción y mantenimiento), estas emisiones son significativamente inferiores a las que producen las plantas de energía que funcionan con combustibles fósiles. La energía solar es considerada una fuente de energía limpia y sostenible, ya que, durante su operación, prácticamente no genera emisiones de gases de efecto invernadero.

II.2.7.2 DETERMINACIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO QUE SE GENERARAN DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO, COMO SEA EL CASO DE VAPOR DE AGUA, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, ENTRE OTROS

Para determinar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados en las diferentes etapas del proyecto fotovoltaico, se elabora un Inventario de Emisiones de GEI considerando:

- **Tipo de gas emitido** (CO_2, CH_4, N_2O, etc.).
- **Fuente de emisión** (combustión de diésel en vehículos, procesos de construcción, etc.).
- **Descripción de la actividad generadora** (transporte, operación de maquinaria, generación de energía).

A continuación, se presenta una tabla que identifica los GEI esperados, su fuente y su origen en la planta fotovoltaica (*Cuadro 19*):

Cuadro 19. GEI esperados, fuente y origen.

FUENTE GENERADORA	TIPO DE GAS EMITIDO	ORIGEN DE EMISIÓN
Camiones de transporte y carga (diésel)	CO_2, CH_4, N_2O	Combustión de combustible en motores de combustión interna
Camiones de transporte de concreto	CO_2	Producción y transporte de concreto
Maquinaria pesada para movimiento de tierras	CO_2, CH_4, N_2O	Uso de diésel en excavadoras, niveladoras, compactadoras
Camiones pipa de agua	CO_2	Transporte de agua para actividades de construcción
Generadores eléctricos a diésel	CO_2, CH_4, N_2O	Combustión de diésel para suministro de energía temporal
Actividades de excavación y construcción	CO_2, CH_4, N_2O	Uso de maquinaria para cimentación y preparación del sitio
Materiales de construcción (cemento, acero)	CO_2	Procesos industriales previos (fabricación y transporte)
Transporte de módulos e inversores	CO_2	Emisiones por el traslado de equipos desde fábricas o puertos
Caminos de acceso y caminos interiores	CO_2, CH_4, N_2O	Compactación y transporte de materiales de construcción

Este inventario ayuda a cuantificar la huella de carbono del proyecto y permite definir estrategias para mitigar las emisiones, como el uso de combustibles más limpios o la optimización de rutas de transporte.

Para determinar los factores de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociados al consumo de diésel, se utilizan referencias del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México.

Factores de Emisión del IPCC:

El IPCC proporciona factores de emisión por defecto para diversos combustibles en sus directrices. Por ejemplo, en el "Anexo 7. Factores de Emisión de CO_2 y PCI de los Combustibles" del Inventario Nacional de Emisiones de España, se detallan estos factores basados en las directrices del IPCC.

Factores de Emisión de la SEMARNAT:

La SEMARNAT, a través del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ha publicado documentos que detallan los factores de emisión para diferentes combustibles consumidos en México. En el documento "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y sus derivados que se consumen en México", se presentan estos factores específicos para el contexto mexicano.

Estos documentos son fundamentales para estimar las emisiones de GEI derivadas del uso de combustibles fósiles, como el diésel, en diversas actividades económicas y sectores industriales.

Para calcular las emisiones de GEI en toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e), se siguen los siguientes pasos:

1. Determinar el consumo de combustible:
    - Se usa un consumo promedio de diésel por tipo de camión.
    - Se puede considerar de acuerdo con la experiencia, un rendimiento promedio de 2.5 km/L y una distancia recorrida estimada de 100 km por viaje.
2. Factores de emisión (de acuerdo con el IPCC y la SEMARNAT):
    - CO_2: 2.68 kg CO_2/L de diésel
    - CH_4: 0.0001 kg CH_4/L de diésel (factor de calentamiento global de 25 veces el CO_2)
    - N_2O: 0.0002 kg N_2O/L de diésel (factor de calentamiento global de 298 veces el CO_2)
3. Cálculo de emisiones:
    - Se multiplica el consumo estimado de diésel por los factores de emisión y el número de viajes de cada tipo de camión.

De acuerdo con lo anterior el inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados durante las diferentes etapas del proyecto podría estimarse de la siguiente manera (*Cuadro 20*):

Cuadro 20. Estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

FUENTE GENERADORA	CANTIDAD DE VEHÍCULOS	EMISIONES CO_2 (T)	EMISIONES CH_4 (TCO_2E)	EMISIONES N_2O (TCO_2E)	TOTAL EMISIONES (TCO_2E)
Transporte de maquinaria	26	2.79	0.0026	0.0620	2.85
Carga pesada	286	30.66	0.0286	0.6818	31.37
Transporte desbroce	416	44.60	0.0416	0.9917	45.63
Carga ligera	455	48.78	0.0455	1.0847	49.91
Transporte de módulos	346	37.09	0.0346	0.8249	37.95
Transporte de inversores	14	1.50	0.0014	0.0334	1.54
Transporte de estructura	520	55.74	0.0520	1.2397	57.04
Transporte de cableado y varios	104	11.15	0.0104	0.2479	11.41
Pipa de agua	84	9.00	0.0084	0.2003	9.21
Transporte de concreto	182	19.51	0.0182	0.4339	19.96
Carga pesada (SE Eléctrica)	18	1.93	0.0018	0.0429	1.97
Transporte de estructura (SE)	6	0.64	0.0006	0.0143	0.66
Transporte de cableado y varios (SE)	22	2.36	0.0022	0.0524	2.41
Transporte de equipos generales	26	2.79	0.0026	0.0620	2.85
Transporte de equipos principales	12	1.29	0.0012	0.0286	1.32
Transporte de concreto (SE)	22	2.36	0.0022	0.0524	2.41
Carga pesada (Caminos)	18	1.93	0.0018	0.0429	1.97
Carga ligera (Caminos)	18	1.93	0.0018	0.0429	1.97
Material subrasante	18	1.93	0.0018	0.0429	1.97
Material subbase	26	2.79	0.0026	0.0620	2.85
Material base	42	4.50	0.0042	0.1001	4.61

Como se puede observar el mayor impacto proviene de los camiones de carga pesada y transporte de estructura, ya que realizan la mayor cantidad de viajes.

Las emisiones totales son principalmente de CO_2, pero también hay pequeñas contribuciones de CH_4 y N_2O, cuyos efectos en el calentamiento global son más intensos por unidad de masa.

Estrategias de mitigación podrían incluir la optimización logística para reducir la cantidad de viajes.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 1
III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO 1
III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT) 1
III.1.2 PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE (PEOTDUV) 6
III.2 DECRETOS, PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 13
III.2.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 13
III.2.1.1 Áreas Naturales Protegidas Estatales 17
III.2.2 REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA 19
III.2.3 REGIÓN HIDROLÓGICA PRIORITARIA 25
III.2.4 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES 28
III.3 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MUNICIPALES (PDU) 31
III.3.1 PLAN VERACRUZANO DE DESARROLLO 2019-2024 31
III.3.2 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SOLEDAD DE DOBLADO 2022-2025 32
III.3.3 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO MUNICIPIO DE COMAPA, VERACRUZ 2022-2025 33
III.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 35
III.4.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 35
III.5 OTROS INSTRUMENTOS 40
III.5.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 40
III.5.2 CONVENIOS INTERNACIONALES 41
III.5.3 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE 42
III.5.3.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental 46
III.5.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera 47
III.5.4 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS 48
III.5.4.1 Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 51
III.5.5 LEY DE AGUAS NACIONALES 53
III.5.6 LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO 53
III.5.7 LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE 54
III.5.7.1 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 55
III.5.8 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE 56
III.5.9 LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA 57
III.5.10 LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA 58
III.5.11 LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FUNCIONAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SU REGLAMENTO 59
III.5.12 LEYES Y REGLAMENTOS ESTATALES 60
III.5.12.1 Ley Estatal de Protección Ambiental (Veracruz) 60
III.5.12.2 Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave 61
III.5.12.3 Ley Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático (Veracruz) 62

III.5.13 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA EN MATERIA AMBIENTAL 63
III.5.13.1 Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte 63
III.5.13.2 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 64
III.5.13.3 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 65
III.5.13.4 Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020-2024 67
III.5.13.5 Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030 68
III.5.13.6 Estrategia Nacional de Cambio Climático 71
III.5.13.7 Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2017-2028 74
III.5.13.8 Programa Sectorial de Energía (PSE) 2020-2024 76
III.5.13.9 Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2017-2031 77
III.5.13.10 Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 78
CONCLUSIONES 80
BIBLIOGRAFÍA 83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Características y estrategias de la UAB 122.* 2
Cuadro 2. *Descripción general de las UGT del PEOTDUV incidentes con el Proyecto.* 9
Cuadro 3. *Vinculación con lineamientos aplicables al Proyecto.* 9
Cuadro 4. *Valoración para la conservación de los aspectos bióticos de la RTP-104.* 21
Cuadro 5. *Valoración para la conservación de los aspectos antropogénicos de la RTP-104.* 21
Cuadro 6. *Valoración para la conservación de las políticas de conservación de la RTP-104.* 22
Cuadro 7. *Valoración para la conservación de los aspectos bióticos de la RTP-123.* 23
Cuadro 8. *Valoración para la conservación de los aspectos antropogénicos de la RTP-123.* 23
Cuadro 9. *Valoración para la conservación de las políticas de conservación de la RTP-123.* 24
Cuadro 10. *Vinculación del Proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en su desarrollo.* 35
Cuadro 11. *Vinculación del Proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.* 40
Cuadro 12. *Convenios Internacionales vinculantes con el Proyecto.* 41
Cuadro 13. *Disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA vinculantes al Proyecto.* 42
Cuadro 14. *Vinculación entre el proyecto y el reglamento de la LGEEPA.* 46
Cuadro 15. *Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.* 47
Cuadro 16. *Disposiciones reglamentarias de la LGPGIR vinculantes al Proyecto.* 48
Cuadro 17. *Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.* 51
Cuadro 18. *Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.* 53
Cuadro 19. *Vinculación del Proyecto con la Ley General de Cambio Climático.* 54
Cuadro 20. *Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.* 54
Cuadro 21. *Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.* 55
Cuadro 22. *Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.* 56
Cuadro 23. *Vinculación del Proyecto con la Ley de Transición Energética.* 57
Cuadro 24. *Disposiciones reglamentarias de la Ley de la Industria Eléctrica y su vinculación con el Proyecto.* 58
Cuadro 25. *Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.* 59
Cuadro 26. *Vinculación del Proyecto con la Ley Estatal de Protección Ambiental.* 60
Cuadro 27. *Vinculación del Proyecto con la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.* 61
Cuadro 28. *Vinculación del Proyecto con la Ley de Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático.* 63
Cuadro 29. *Repúblicas consideradas para el PND 2025-2030 de acuerdo con los 100 compromisos de gobierno.* 65
Cuadro 30. *Objetivos, Estrategias y Acciones puntuales del PROMARNAT 2020-2024 que se vinculan con el Proyecto.* 66

Cuadro 31. *Meta ENOT que se vincula con el proyecto.* 68
Cuadro 32. *Vinculación del Proyecto con la ENBioMex y Plan de Acción 2016-2030.* 69
Cuadro 33. *Hitos de la ENCC a 10, 20 y 40 años.* 72
Cuadro 34. *Ejes Estratégicos y Líneas de Acción de la ENCC que se vinculan con el Proyecto.* 73
Cuadro 35. *Políticas, estrategias y líneas de acción que se vinculan al Proyecto.* 75
Cuadro 36. *Objetivo, Estrategia y Acción puntual del PSE que se vincula con el Proyecto.* 76

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Localización del área que comprende el POEGT.* 2
Figura 2. *Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT en las que se sitúa el proyecto.* 3
Figura 3. *Unidades de Gestión Territorial del PEOTDUV.* 7
Figura 4. *Unidades de Gestión Territorial del PEOTDUV incidentes con el Proyecto.* 8
Figura 5. *Ubicación del Proyecto respecto al ANP.* 14
Figura 6. *Ubicación del Proyecto respecto a las ANPEST.* 18
Figura 7. *Ubicación del proyecto respecto a la RTP-104 y la RTP-123.* 20
Figura 8. *Ubicación del proyecto respecto a la RHP-77.* 26
Figura 9. *Ubicación del Proyecto respecto al AICA-150.* 29

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

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

La revisión de los instrumentos legales y de planeación relacionados con el Proyecto se abordan en el presente capítulo. El identificar y analizar los distintos instrumentos de planeación que ordenan a la zona en que se ubicará el Proyecto, tiene la finalidad de sujetarse a los instrumentos con validez y establecer la relación pertinente con los mismos. Dada la importancia del Proyecto, resulta indispensable adecuar su desarrollo ante los instrumentos legales que rigen en el territorio nacional. El promovente tiene especial interés en cumplir con cada una de las disposiciones y con ello realizar el Proyecto atendiendo a las diversas disposiciones que regulan su adecuado desarrollo.

III.1 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT)

Este instrumento de política pública fue publicado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) el día 07 de septiembre del 2012, en el Diario Oficial de la Federación (DOF), es de observancia obligatoria para la Administración Pública Federal (APF) y tiene el propósito de establecer las bases para que las dependencias y entidades de la APF formulen e instrumenten sus programas sectoriales con base en la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural. Todo ello, analizado y visualizado como un sistema, en el cual se reconozca que la acción humana tiene que estar armonizada con los procesos naturales y se encuentra sustentado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento.

El POEGT está conformado por 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB's) y comprende a todo el territorio nacional. La extensión y las UAB's del POEGT se muestra en la *Figura 1*.

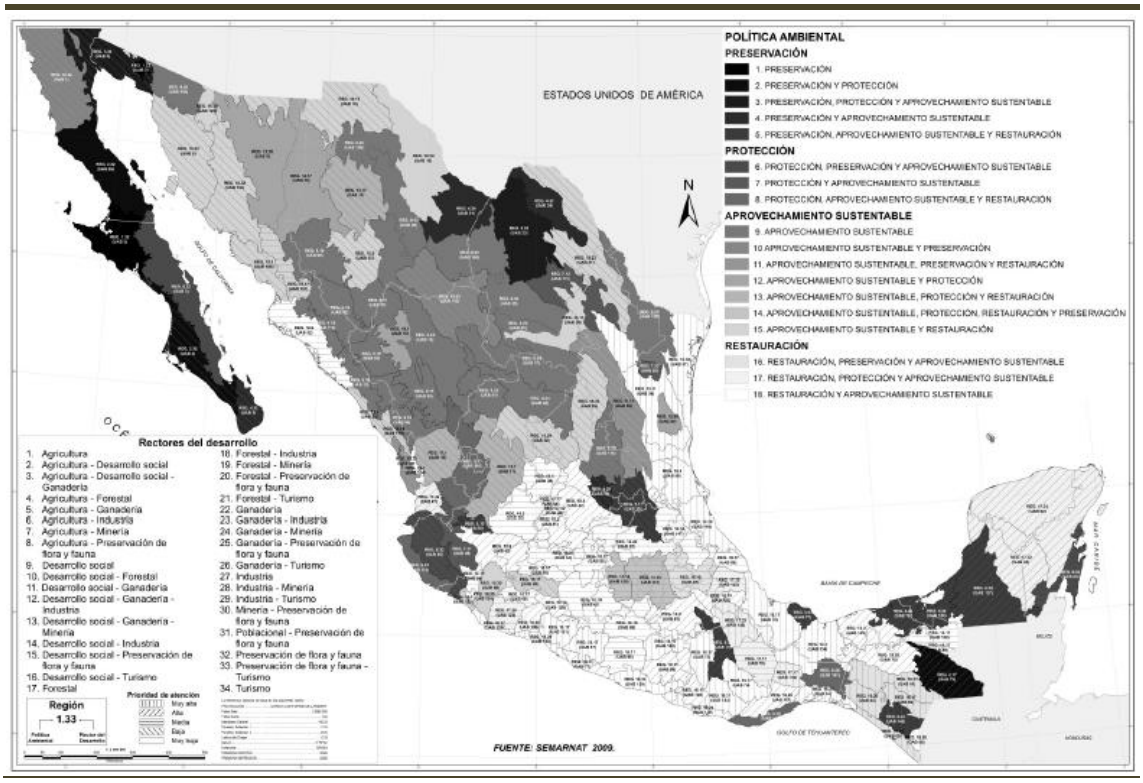


Figura 1. Localización del área que comprende el POEGT.

Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales, su propósito es facilitar la toma de decisiones a la Administración Pública Federal al orientar la planeación y ejecución de las políticas públicas estableciendo una relación entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad buscando un desarrollo sustentable.

El Área de Influencia del Proyecto, se ubica en la UAB 122, que tiene por nombre Volcanes Pico de Orizaba y Cofre de Perote. En la *Figura 2* se muestra la sobreposición del SAR y Área de Influencia del proyecto con el POEGT.

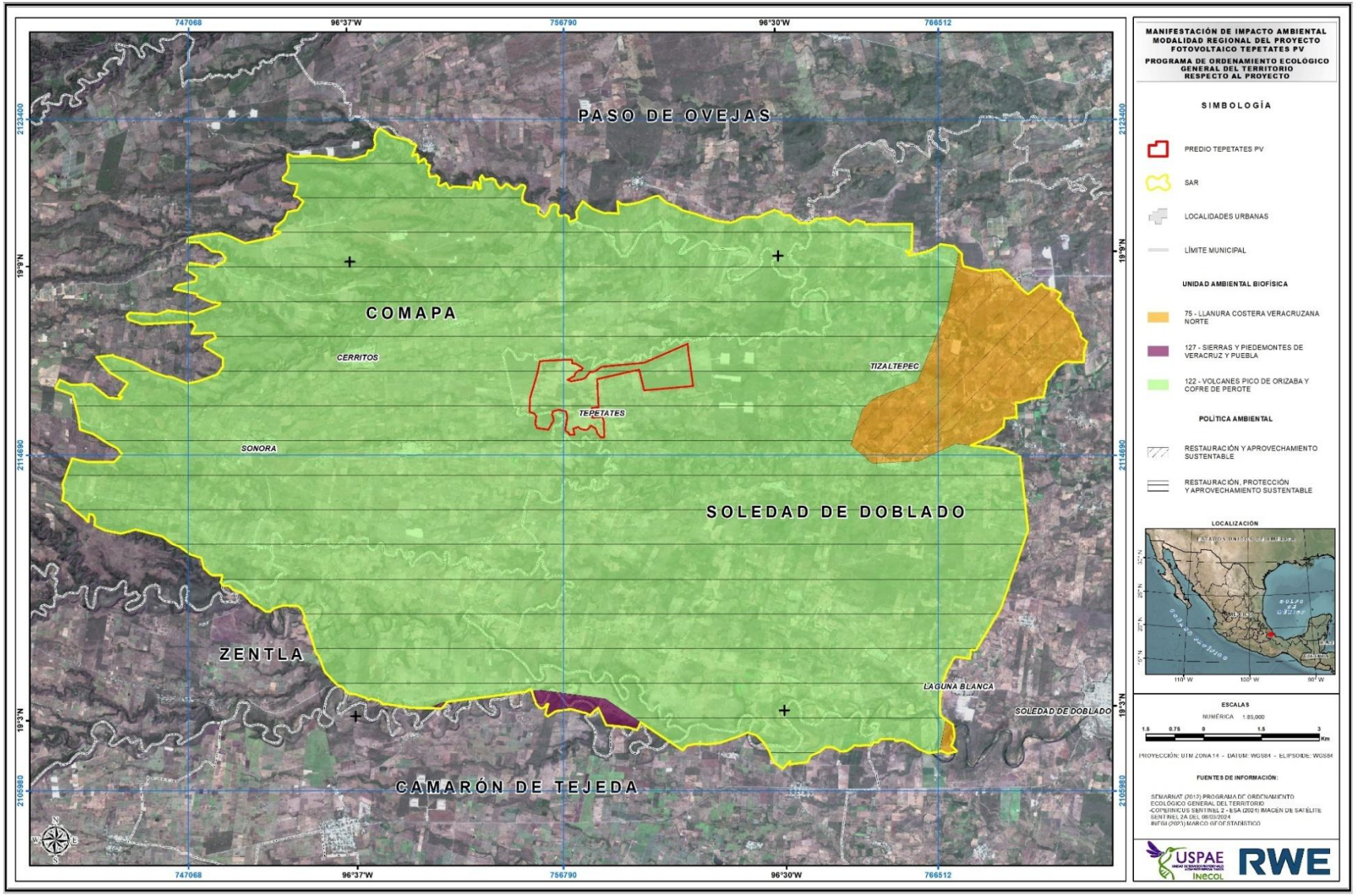


Figura 2. Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT en las que se sitúa el proyecto.

Unidad Ambiental Biofísica 122. Volcanes Pico de Orizaba y Cofre de Perote

Prioridad de Atención: Media.

Política Ambiental: Restauración y Aprovechamiento Sustentable.

Estado del Medio Ambiente: Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. Se encuentra caracterizado por los siguientes elementos:

- No presenta superficie de ANP's.
- Media degradación de los Suelos.
- Muy alta degradación de la Vegetación.
- Sin degradación por Desertificación.
- La modificación antropogénica es muy baja.
- Longitud de Carreteras (km): Baja.
- Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja.
- Porcentaje de Cuerpos de agua: Sin información.
- Densidad de población (hab/km^2): Alta.
- El uso de suelo es Agrícola y Forestal.
- Déficit de agua superficial.
- Con disponibilidad de agua subterránea.
- Porcentaje de Zona Funcional Alta: 53.4.
- Alta marginación social.
- Muy bajo índice medio de educación.
- Bajo índice medio de salud.
- Medio hacinamiento en la vivienda.
- Bajo indicador de consolidación de la vivienda.
- Medio indicador de capitalización industrial.

- Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal.
- Muy bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios.
- Actividad agrícola: Sin información.
- Alta importancia de la actividad minera.
- Alta importancia de la actividad ganadera.

Cuadro 1. Características y estrategias de la UAB 122.

UAB	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUVANTES DEL DESARROLLO	ASOCIADOS DEL DESARROLLO	OTROS SECTORES DE INTERÉS	ESTRATEGIAS SECTORIALES
122	Preservación de Flora y Fauna	Desarrollo Social Forestal	Agricultura Ganadería	Minería Pueblos Indígenas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44



REGIÓN ECOLÓGICA: 17.32 UNIDAD AMBIENTAL BIOFÍSICA QUE LA COMPONE: VOLCANES PICO DE ORIZABA Y COFRE DE PEROTE		
LOCALIZACIÓN: CENTRO OESTE DE VERACRUZ		
SUPERFICIE EN KM²: 6,155.51 KM²	POBLACIÓN POR UAB: 1,279,982 HAB	POBLACIÓN INDÍGENA: CUICATLÁN, MAZATECA, TEHUACÁN Y ZONGOLICA

Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. No presenta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Sin información. Densidad de población (hab/km²): Alta. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Déficit de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 53.4. Alta marginación social. Muy bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

Escenario al 2033:		Inestable a Crítico
Política Ambiental:		Restauración y Aprovechamiento Sustentable
Prioridad de Atención:		Media
ESTRATEGIAS UAB 122		**VINCULACIÓN**
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO		
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	Durante la ejecución del Proyecto se establecerán medidas como las actividades de reubicación de flora y fauna para preservar los ecosistemas forestales y su biodiversidad y con ello fomentar su conservación y desarrollo en línea con lo dispuesto en la estrategia.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Los individuos de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se encuentren dentro del Proyecto serán protegidas mediante acciones específicas, tales como reubicación y ahuyentamiento, y con ello se asegurará la continuidad ecológica de dichas especies.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Para la presente MIA se ha realizado un análisis del medio y su biodiversidad (flora y fauna), con la finalidad de reconocer su estado actual (véase el Capítulo IV del presente estudio), e implementar las medidas adecuadas para su protección y conservación (Véase el Capítulo VI del presente estudio).
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El Proyecto no contempla el aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, ni genes. Las actividades del Proyecto se realizarán velando en todo momento por la protección del medio biótico y abiótico con el que interactuará.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	En la ejecución del Proyecto no se realizará el aprovechamiento de suelos agrícolas ni suelos pecuarios, por lo que esta estrategia no es aplicable al Proyecto.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	No es aplicable al Proyecto la modernización de la infraestructura hidroagrícola ni la tecnificación de superficies agrícolas.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El Proyecto no implica el aprovechamiento sustentable de recursos forestales.
	8. Valoración de servicios ambientales.	En este estudio se incluye un análisis de los servicios ambientales que ofrece el sitio en donde se efectuarán las actividades del Proyecto, para que con ellos se pueda prevenir, minimizar o compensar los efectos del posible desmonte que se lleve a cabo sobre la vegetación existente en el área del proyecto.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	Las estrategias señaladas son responsabilidad de la Administración Pública, y no compete al Proyecto su ejecución. El Proyecto no empleará agua como elemento fijo de sus actividades, sin embargo, cada vez que sea requerido el uso de este recurso serán aplicadas prácticas y medidas de buen manejo del agua.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos	
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	
	12. Protección de los ecosistemas.	Mediante una serie de medidas de manejo ambiental, se procurará la protección de diferentes factores como el agua, aire, suelo, la fauna y la flora del área del Proyecto (las cuales se describen en el Capítulo VI de este estudio).

	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No se hará uso de agroquímicos como parte de las actividades del Proyecto, por lo que esta estrategia no es aplicable.
• D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El Proyecto implementará actividades de reforestación como parte de las medidas de manejo ambiental incluidas en el Capítulo VI de este estudio.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	Para el desarrollo del Proyecto se tomaron en cuenta datos geográficos y topográficos como planos de curvas de nivel para su diseño, así como bases de datos para determinar el tipo de suelo, la ubicación de zonas de importancia ecológica y zonas urbanas para evitar afectaciones futuras.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	El Promovente no llevará a cabo actividades mineras, por tanto, esta estrategia no aplica al Proyecto.
GRUPO II. DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SOCIAL E INFRAESTRUCTURA URBANA		
A) Suelo urbano y vivienda	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	La estrategia señalada es responsabilidad de la Administración Pública, y no compete al Proyecto su ejecución, además el Proyecto, por su naturaleza, no contempla el mejoramiento de condiciones de vivienda y entorno.
B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	El Promovente del Proyecto, establecerá la creación y ejecución de un Plan Interno de Protección Civil, a fin de atender riesgos naturales, tener identificadas las zonas seguras y, al mismo tiempo, promover una cultura de prevención para reducir la vulnerabilidad física a través de esta.
	26. Promover la Reducción de la Vulnerabilidad Física.	
C) Agua y saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	La estrategia señalada es responsabilidad de la Administración Pública y no compete al Proyecto su ejecución, sin embargo: el Proyecto, según sea necesario, se ajustará en calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas	Las estrategias señaladas son responsabilidad de la Administración Pública y no compete al Proyecto su ejecución, además el Proyecto, por su naturaleza, no contempla el mejoramiento de ciudades.
	32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	
E) Desarrollo Social	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	Las estrategias señaladas son responsabilidad de la Administración Pública y no compete al Proyecto su ejecución, sin embargo: el Proyecto buscará (si es técnicamente viable) la contratación de personal de la región en las etapas de construcción, promoviendo la inclusión de grupos vulnerables.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que	

	permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	
	39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza	
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de Marginación.	
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	
GRUPO III. DIRIGIDAS AL FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN Y LA COORDINACIÓN INSTITUCIONAL		
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	La estrategia señalada es responsabilidad de la Administración Pública y no compete al Proyecto su ejecución, sin embargo: la Promovente es arrendataria del terreno donde se llevará a cabo el Proyecto.
B) Planeación del ordenamiento territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	Las estrategias señaladas son responsabilidad de la Administración Pública y no compete al Proyecto su ejecución, sin embargo: el Proyecto respetará y se alineará con el ordenamiento territorial nacional, estatal y municipal aplicable. En todas las etapas de desarrollo se cumplirá con la normativa federal y estatal.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	

Vinculación

De manera general, el proyecto es altamente compatible con las estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Esta aseveración se basa en que dichas estrategias, de acuerdo con el programa, están dirigidas a:

- Lograr la sustentabilidad ambiental del territorio;
- Al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana;
- Al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

De lo anterior, puede concluirse que parte de los objetivos esenciales del proyecto, es el establecimiento de infraestructura para la generación de energía limpia que sienta las bases para el desarrollo social a nivel regional, el cual incorpora el principio de sustentabilidad dada su naturaleza y las actividades ambientales que forman parte él. Asimismo, mediante la vinculación arriba señalada, se demuestra que el Proyecto es compatible con cada una de las estrategias contenidas en el Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

La UAB 122 Volcanes Pico de Orizaba y Cofre de Perote, de acuerdo con su ficha técnica, no presenta superficie de Áreas Naturales Protegidas dentro de su jurisdicción, sin embargo, su política ambiental está enfocada a la restauración y al aprovechamiento sustentable, en este sentido, el proyecto no realizará actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales de la zona (únicamente de la radiación solar). El rector de desarrollo para la UAB 122 es la Preservación de Flora y Fauna, no obstante, el proyecto se desarrollará en terrenos arrendados por la promovente; por lo que se pretende ejecutar una serie de medidas de mitigación para compensar los impactos ambientales asociados al proyecto, esta información puede ser consultada en el Capítulo VI.

III.1.2 PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE (PEOTDUV)

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave pretende que Veracruz tiene como objetivo general contribuir a disminuir las desigualdades socio territoriales de Veracruz a través del reconocimiento de las diferencias territoriales que se expresan en la entidad mediante un estudio normativo-programático que cuente con la participación y validación de las y los veracruzanos para asegurar que el desarrollo del estado sea sostenible y brinde prosperidad y bienestar a sus habitantes.

Este instrumento de política pública fue publicado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) el día 18 de junio de 2021, en la Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de Veracruz. El PEOTDUV delimita sus Unidades de Gestión Territorial (UGT) considerando 10 regiones del Estado (Las Montañas, Sotavento, Huasteca Alta, Huasteca Baja, Nautla, Capital, Olmeca, Los Tuxtlas, Papaloapan y Totonaca), categorías de manejo territorial y usos de suelo normados, dando como resultado un total de 616 UGT agrupadas en 17 categorías de manejo territorial sujetas a seis políticas de ordenamiento territorial (*Figura 3*).

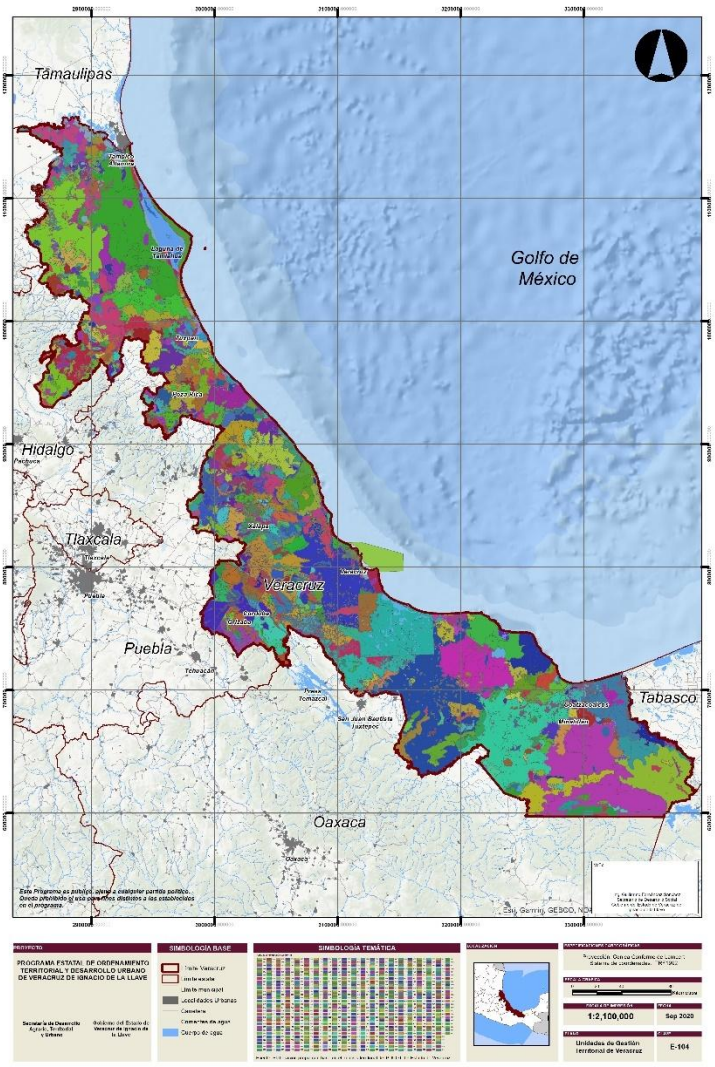


Figura 3. Unidades de Gestión Territorial del PEOTDUV.

Cada categoría de manejo territorial se tradujo en una política de ordenamiento territorial, las cuales tienen por objetivo delinear las principales acciones y metas para garantizar el cumplimiento de los objetivos en cada una de las unidades. Considerando lo previamente mencionado, se destaca que el Predio del Proyecto incide con dos de las UGT del PEOTDUV, siendo estas la UGT SO_AT_352 y la UGT LM_AT_378 (*Figura 4*). A continuación, se describen las políticas y lineamientos de las UGT y la vinculación de estos con el Proyecto.

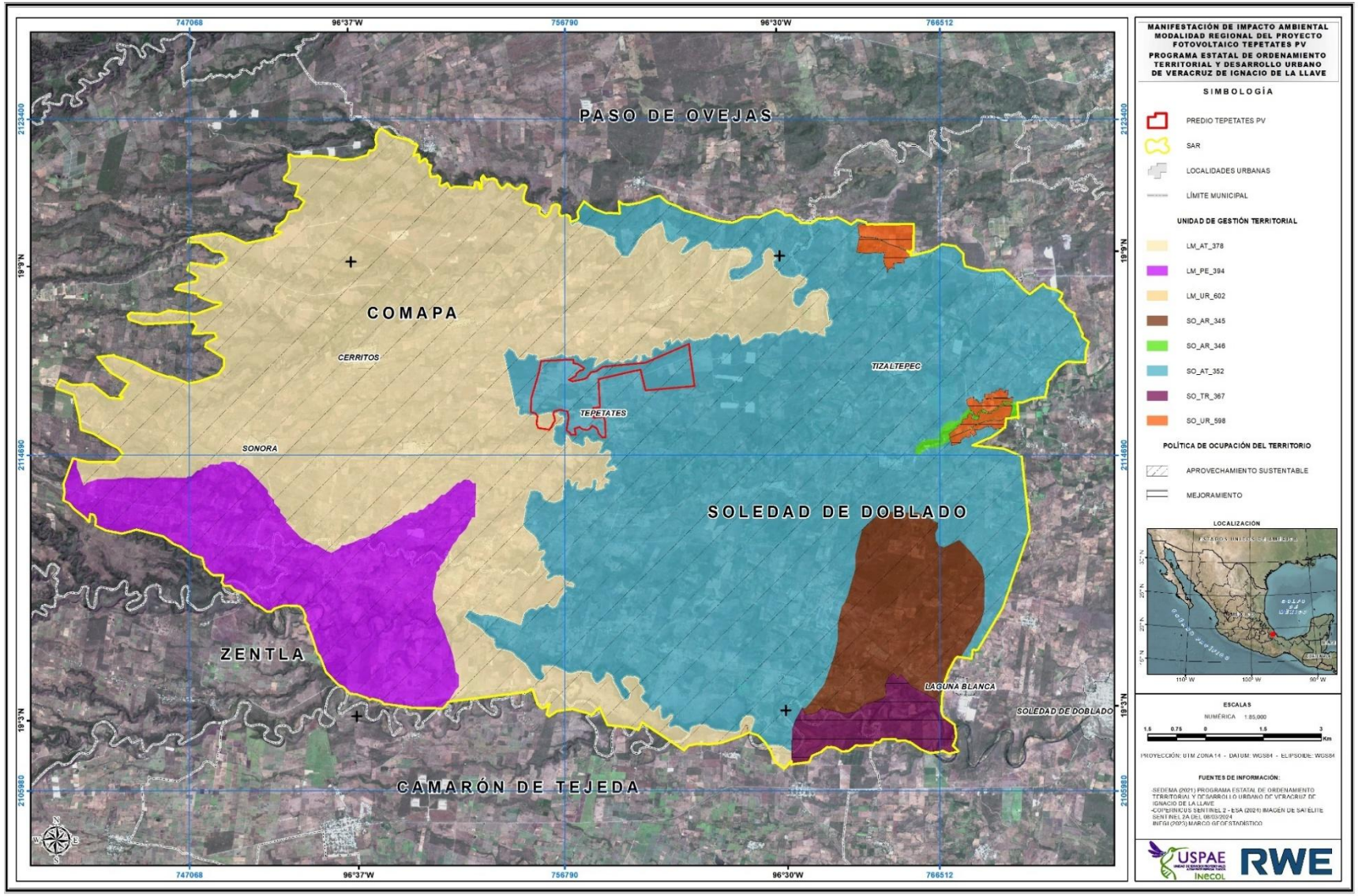


Figura 4. Unidades de Gestión Territorial del PEOTDUV incidentes con el Proyecto.

Cuadro 2. Descripción general de las UGT del PEOTDUV incidentes con el Proyecto.

UGT	REGIÓN	CATEGORÍA DE MANEJO	POLÍTICA	LINEAMIENTOS
SO_AT_352	Sotavento	Agrícola de Temporal	Aprovechamiento Sustentable	1,3,6,7,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126
LM_AT_378	Las Montañas			

Vinculación

Cuadro 3. Vinculación con lineamientos aplicables al Proyecto.

LINEAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL LINEAMIENTO	VINCULACIÓN
1	Preservar la agricultura de riego por su elevado valor productivo.	El Proyecto no contempla la realización de actividades asociadas a la agricultura. Por otro lado, el área del proyecto se encuentra dentro de una vegetación de pastizal con rudimentario uso agropecuario; por lo anterior, el Proyecto no es vinculante con el lineamiento.
3	Conservar los ecosistemas prioritarios aprovechando las zonas agrícolas.	No se afectará al ecosistema de la zona, puesto que este corresponde en su mayoría a pastizal inducido.
7	Aprovechar de manera sustentable la cobertura forestal (implementación de acciones para mitigar como reforestación).	El proyecto no realizará aprovechamiento forestal por lo que este lineamiento no es aplicable.
10	Restringir la introducción de especies exóticas o potencialmente invasoras de flora y fauna en las UGT´s, quedan restringidas las ya utilizadas y la aprobación de la autoridad ambiental para especies nuevas.	El Proyecto no hará introducción alguna de especies exóticas de flora y fauna.
11	Asegurar que el manejo y aprovechamiento de la biodiversidad enlistada en la NOM059-SEMARNAT-2010, quedará sujeto a lo que establece la Ley General de Vida Silvestre.	No se hará aprovecho alguno de especies enlistadas en la mencionada NOM, sin embargo, aquellos especímenes que se localicen en el área del Proyecto serán atendidos de acuerdo con un programa de rescate y reubicación según corresponda.
13	Implementar criterios de sustentabilidad para toda actividad productiva que se pretenda desarrollar en zonas aledañas o limítrofes a las áreas naturales protegidas, cuerpos de agua y humedales para prevenir impactos significativos durante su realización, operación y abandono.	El Proyecto no se desarrolla cerca de algún área natural protegida, cuerpo de agua o humedal, sin embargo, en todo momento se hará evaluación y prevención de impactos, dicha información se describe ampliamente en el Capítulo V y VI de esta Manifestación.
15	Cumplir la normatividad para el cambio del uso de suelo forestal a otro tipo de uso de acuerdo con la autoridad ambiental correspondiente y lo establecido en el ordenamiento ecológico.	Se realizará cambio del uso de suelo, por lo que la Promovente elaborará y hará entrega de su correspondiente Estudio Técnico Justificativo (ETJ).
23	Restringir los proyectos que se establezcan cerca de cuerpos de agua, por ningún motivo deberán de modificar las márgenes de estos ni verterse residuos de ninguna naturaleza.	El Proyecto no se establecerá cerca de algún cuerpo de agua, por lo que no contraviene con este lineamiento.

LINEAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL LINEAMIENTO	VINCULACIÓN
24	Prohibir las obras que interrumpan y desvíen los cauces de los ríos, a excepción de aquellas cuyos propósitos sean disminuir el riesgo de inundación para la población y consideren una compensación ambiental en caso de dañar ecosistemas prioritarios.	El Proyecto no interrumpirá el curso de ningún escurrimiento superficial o cauce, siendo así no aplicable el lineamiento a este.
25	Requerir e implementar estudios y justificaciones técnicas para las obras que requieran realizar rellenos y/o nivelaciones de terreno, que no afecten a los asentamientos humanos y los escurrimientos superficiales ante la autoridad correspondiente.	Dada su naturaleza, el Proyecto requiere de determinada nivelación del terreno, sin embargo, parte importante de su desarrollo incluye la entrega y cumplimiento de documentos como el aquí presentado a la autoridad correspondiente.
28	Incorporar el empleo de tecnologías de energía renovable como energía solar, eólica, etc. en los nuevos asentamientos humanos.	Si bien este lineamiento no es aplicable al Proyecto puesto que éste no está asociado al desarrollo de asentamientos humanos, es importante resaltar que el proyecto está completamente asociado al empleo de tecnología de energía renovable del tipo solar, contribuyendo de manera amplia al desarrollo y la obtención de energía a partir de estas.
32	Garantizar la recolección, acopio, valorización, tratamiento y disposición final adecuada de los residuos de manejo especial y peligroso generados por todo proyecto industrial, de acuerdo con la legislación ambiental correspondiente.	Toda generación de residuos tendrá un manejo integral según esté establecido en la legislación ambiental que corresponda.
36	Implementar tecnologías para controlar las emisiones de productos contaminantes del suelo y aire de las actividades industriales conforme a la normatividad ambiental vigente, así como fomentar el reciclaje de los productos de desecho.	La generación de energía eléctrica se realiza a través de diferentes tecnologías, una de las más contaminantes es la que implica la quema/empleo de combustibles fósiles; el Proyecto, por su parte, promueve y hará uso de energías renovables (fotovoltaica) reduciendo en gran medida el impacto que suele ocasionar la producción de energía eléctrica.
41	Establecer muros vivos en curvas de nivel, terrazas de formación sucesiva y presas filtrantes en suelos con pendientes superiores al 40% entre otras prácticas.	Toda vez que el Proyecto intervenga en suelos con pendiente mayor al 40%, la Promovente considerará el establecimiento de muros vivos, terrazas de formación sucesiva y presas filtrantes según corresponda.
42	Establecer vegetación arbórea y herbácea nativa en zonas con pendientes del 15 al 40%.	Según sea el caso, la Promovente establecerá la vegetación que corresponda en tal escenario.
44	Solicitar la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia para la construcción de infraestructura dentro o cerca de zonas arqueológicas.	La Promovente se encuentra gestionando esta autorización.
46	Requerir e implementar Manifiestos de Impacto Ambiental (MIA) en todo proyecto de infraestructura respetando las superficies establecidas en las mismas.	En atención a este lineamiento se realiza el presente documento de MIA.
48	Establecer el uso de energías alternativas renovables para viviendas y sistemas productivos.	Si bien este lineamiento no es aplicable al Proyecto puesto que éste no está asociado al desarrollo de asentamientos humanos o sistemas productivos, es importante resaltar que el Proyecto está completamente asociado al empleo de tecnología de energías alternativas del tipo solar, contribuyendo de manera amplia al desarrollo y la obtención de energía a partir de estas.

LINEAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL LINEAMIENTO	VINCULACIÓN
50	Justificar técnicamente los proyectos o actividades que requieran de cambiar la cobertura forestal y en su caso, será la autoridad ambiental correspondiente, quién determine la aprobación del cambio de cobertura forestal y la superficie para tal propósito.	Se realizará cambio del uso de suelo forestal, por lo que la Promovente realizará y hará entrega del correspondiente Estudio Técnico Justificativo (ETJ).
56	Realizar, actualizar e implementar los planes de desarrollo urbano a nivel municipal y en su caso cabecera municipal o localidad.	El Proyecto se alinea a los objetivos del Plan Veracruzano de Desarrollo y Planes Municipales de Desarrollo (de los municipios de Soledad de Doblado y Comapa).
60	Restringir o prohibir la tala total o parcial en los márgenes de cuerpos de agua según determine la autoridad correspondiente.	El Proyecto no se establecerá cerca de algún cuerpo de agua, por lo que no contraviene con este lineamiento.
64	Prohibir la construcción de bordos en cuerpos de agua y zonas donde se alteren los patrones de escurrimiento del agua y el material excavado y/o dragado que no se utilice para la construcción de los terraplenes de los estanques y canales de llamada, se deben esparcir uniformemente en sitios donde no formen bordos que interrumpan el flujo superficial de agua y que no azolven los canales naturales.	Toda vez que el Proyecto intervenga en zonas con escurrimiento de agua, la Promovente considerará el establecimiento de muros vivos, terrazas de formación sucesiva y presas filtrantes según corresponda para evitar la interrupción del flujo superficial del agua.
66	Prohibir la extracción de material pétreo en áreas con presencia de vegetación primaria o con especies de flora dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	El Proyecto no contempla ninguna actividad relacionada con la extracción de material pétreo, por lo que este lineamiento no es vinculante.
79	Integrar en programas productivos existentes, criterios de adaptación al cambio climático.	El Proyecto, por su naturaleza se considera de manera intrínseca una adaptación al cambio climático, además de fomentar y hacer uso eficiente de recursos (en este caso, la radiación solar).
86	Implementar técnicas y tecnologías en todos los sectores productivos que fomenten el uso eficiente de los recursos y administren los riesgos asociados al cambio climático.	
88	Impulsar la gestión territorial integral para la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático de ecosistemas, considerando el manejo y aprovechamiento sustentable, la protección, la conservación y la restauración; con énfasis en regiones prioritarias y cuencas hidrográficas.	En atención a esto, el Proyecto se alinea y busca el cumplimiento de lo establecido en los programas de gestión territorial aplicables a este.
92	Garantizar la conectividad ecohidrológica para la preservación de biodiversidad y servicios ambientales, la integralidad de los ecosistemas, la conservación de especies y el incremento de su resiliencia ante el cambio climático.	Toda vez que el Proyecto intervenga en zonas con escurrimiento de agua, la Promovente considerará el establecimiento de muros vivos, terrazas de formación sucesiva y presas filtrantes según corresponda para evitar la interrupción del flujo superficial del agua y de servicios ambientales.
96	Aumentar la superficie bajo reforestación y restauración de ecosistemas con especies nativas, aptas para las condiciones climáticas regionales.	Cuando sea requerido realizar actividades de reforestación/restauración, serán empleadas especies nativas y se evitará en todo momento la introducción de especies exóticas.
98	Garantizar la protección ambiental de los ecosistemas ante proyectos de obra pública y servicios industriales y productivos (mineros, textiles, cementeros, energéticos, agropecuarios, turísticos,	Atendiendo a este lineamiento, el Proyecto realiza el presente documento de impacto ambiental, así como la vinculación con instrumentos de planeación y ordenamientos ecológicos aplicables, buscando en

LINEAMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL LINEAMIENTO	VINCULACIÓN
	entre otros) mediante la incorporación de criterios de cambio climático en instrumentos de planeación., como el impacto ambiental y el ordenamiento ecológico.	todo momento la protección ambiental de los ecosistemas.
101	Establecer y aplicar mecanismos de evaluación sobre el impacto de las medidas de adaptación implementadas a nivel local, como medio para asegurar su efectividad ante el cambio climático.	Atendiendo a este lineamiento, se describen y evalúan ampliamente impactos ambientales y medidas de prevención y mitigación de estos en el Capítulo V y VI de esta Manifestación.
102	Fortalecer a los organismos de vigilancia y protección ambiental, fomentar su cooperación y coordinación, así como reforzar sus capacidades de inspección, vigilancia y ejecución.	Durante la ejecución del Proyecto se realizarán monitoreos asociados a la protección ambiental en cada una de las etapas de este.
104	Promover la inversión en sistemas fotovoltaicos en zonas con alto potencial.	Por su naturaleza, el Proyecto cumple de manera inherente a estos lineamientos.
105	Fomentar la generación distribuida mediante el uso de sistemas fotovoltaicos en el sector industrial, residencial y de servicios.	
109	Promover la eficiencia energética y ahorro en el sistema energético, así como en cada actividad que conforme el PIB.	
115	Establecer esquemas de restauración, regeneración o reforestación para la captura y almacenamiento de carbono en Áreas Naturales Protegidas y otros instrumentos de conservación del territorio y ecosistemas terrestres.	En cada etapa del Proyecto, incluida su desmantelación, se realizarán las acciones que se requieran según se necesite restaurar, regenerar o reforestar para conservación del ecosistema.
116	Implementar esquemas de conservación de suelos, que aseguren su integridad e incrementen la captura de carbono.	Ante la ejecución del Proyecto, en todas sus etapas será puesto en práctica un programa de conservación de suelos.
122	Instrumentar acciones de eficiencia energética y utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero, como el impulso a los biodigestores.	Si bien este lineamiento no es aplicable al Proyecto puesto que éste no está asociado al desarrollo de actividades agropecuarias o de pesca, es importante resaltar que el Proyecto está completamente asociado al empleo de tecnología de energías renovables del tipo solar, contribuyendo de manera amplia al desarrollo y la obtención de energía a partir de estas.

De las UGT incidentes y los lineamientos del PEOTDUV aplicables, se concluye que el Proyecto no contraviene con alguno de ellos, por el contrario, se encuentra dentro de las actividades compatibles y cumple objetivamente con cada uno de los criterios aplicables. En virtud de lo previamente expuesto, se puede afirmar que el Proyecto es compatible con el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave.

III.2 DECRETOS, PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

III.2.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El sitio en donde se planea establecer el proyecto, no se encuentra dentro de ningún área núcleo, prohibitiva o restrictiva para el desarrollo de proyectos en alguna Área Natural Protegida (ANP). En la *Figura 5*, no obstante, se presenta el área del Proyecto respecto al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), ubicado a aproximadamente 37 km al noreste del Proyecto; seguidamente, se presenta un resumen de las principales características físicas y biológicas del Parque Nacional (PN) conforme a su programa de manejo.

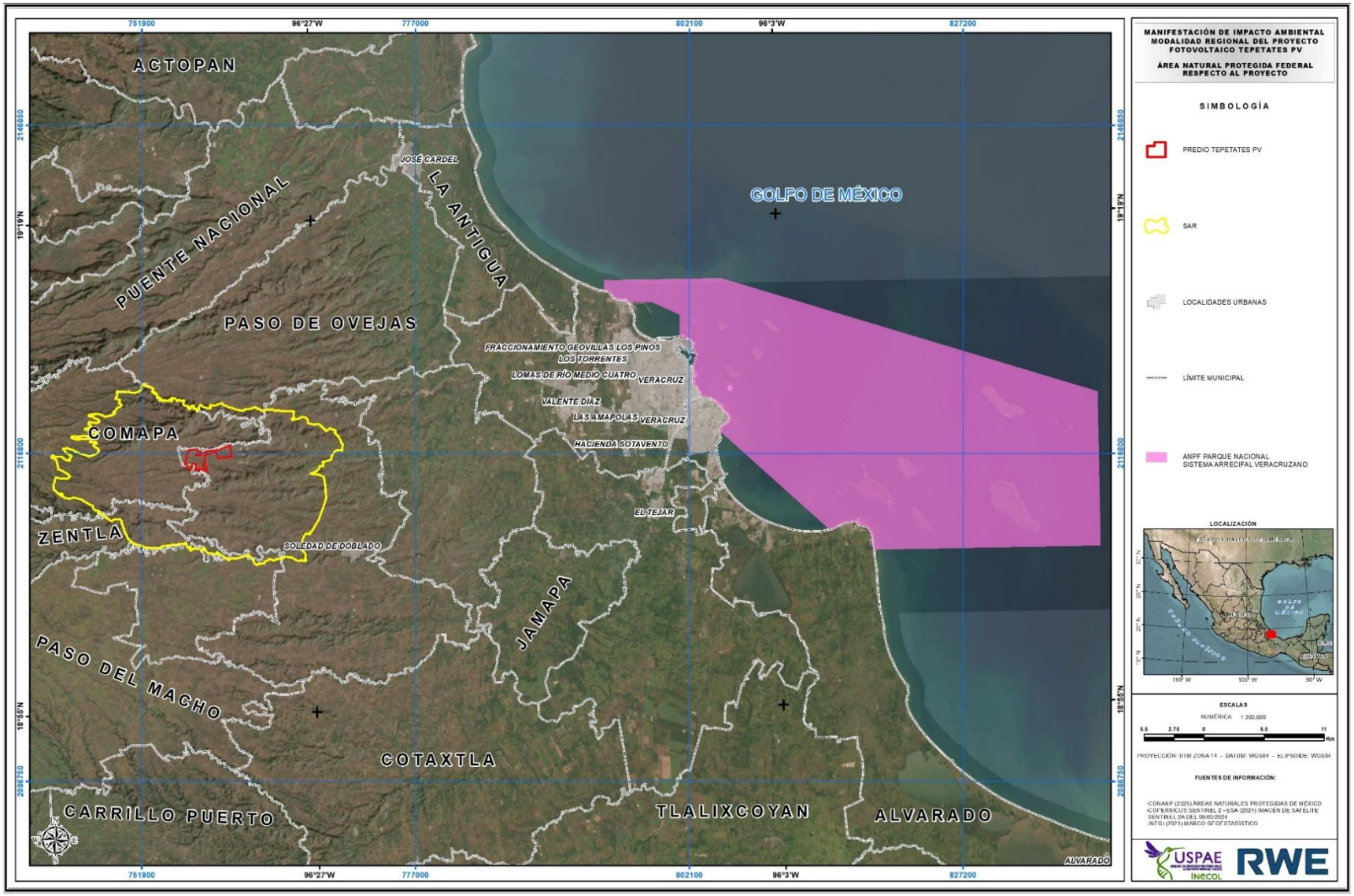


Figura 5. Ubicación del Proyecto respecto al ANP.

Tipo de sustrato

Los principales sedimentos cerca de los arrecifes están constituidos por arena fina de color gris, mientras que las áreas más profundas, particularmente hacia el mar, se caracterizan por lodo gris con abundantes conchas rotas. En el PNSAV también se encuentran sedimentos limo-arcillosos de origen terrígeno, procedentes principalmente de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan. Las muestras de las playas continentales están constituidas de un grano fino y el más bajo contenido en carbonato de calcio y nitrógeno orgánico. El examen microscópico mostró que las arenas de playas no-arrecifales contienen aproximadamente un 50 por ciento de fragmentos de vidrio volcánico. El resto consiste principalmente en feldespatos y otros minerales detríticos.

Los arrecifes del Parque presentan diferentes tipos de suelos dependiendo de la zona que se trate. La zona lagunar se caracteriza por presentar un sustrato arenoso; la cresta arrecifal está formada por esqueletos coralinos y restos calcáreos; las zonas del arrecife anterior presentan características muy similares, con un sustrato calcáreo bien consolidado. Contrariamente, en las pendientes del arrecife posterior o parte protegida, el sustrato o fondo es arenoso-calcáreo y, en muchas áreas, exclusivamente arenoso.

Todos los cayos incluidos en la poligonal del PNSAV están constituidos por arena de origen calcáreo.

Hidrología

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), como Área Natural Protegida de carácter marino, depende de las condiciones oceanográficas. Así, presenta un clima influenciado por las condiciones características del Golfo de México y las cuencas de los ríos Jamapa, Antigua y Papaloapan, que confluyen en él. El Río Jamapa desemboca al centro del Parque Nacional y presenta un gasto promedio anual de 2 mil 610 milímetros cúbicos (SEFIPLAN – COPLADEVER, 2006). El gasto promedio anual del río Papaloapan, que desemboca 35 kilómetros al sur del PNSAV, corresponde a 47 mil milímetros cúbicos, con fluctuaciones de entre 25 mil y 67 mil milímetros cúbicos (Consejo de Cuenca del río Papaloapan, 2013); y el río La Antigua, cuya desembocadura se encuentra aproximadamente a 10 kilómetros al norte del PNSAV, descarga 1 mil 700 milímetros cúbicos al año (DOF, 2008).

Actividades económicas

En el PNSAV la actividad pesquera es la más importante. En general, la actividad pesquera en el estado se caracteriza tradicionalmente por un alto porcentaje relativo de población dedicada a esta actividad. Sin embargo, el valor de la pesca tiene un bajo nivel de repercusión en el PIB estatal. Esto indica que básicamente esta actividad es de autoconsumo y comercio local, con poco desarrollo del valor agregado. No obstante, y de manera específica para los municipios aledaños al PNSAV, es considerable y de importancia económica.

La pesca que se lleva a cabo en el PNSAV es de tipo artesanal y multiespecífico. Para realizarla se utilizan embarcaciones pequeñas y distintos artes de pesca, como redes y líneas, los cuales son de baja selectividad (Jiménez-Badillo y Castro-Gaspar, 2007).

El turismo dentro del PNSAV es una actividad con un creciente desarrollo y una constante expansión de la infraestructura hotelera y restaurantera. San Juan de Ulúa, el Acuario de Veracruz A.C., el bajo de arena conocido como "Cancuncito", en el arrecife Pájaros, y la isla de en medio son los sitios más visitados por el turismo nacional. El ecoturismo, considerado de bajo impacto, es una actividad que se desarrolla de forma incipiente; sin embargo, existen áreas potencialmente viables para su realización.

Zona de influencia

El Decreto que Modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992, Que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 2012, establece una superficie de 65 mil 516-47-08.05 hectáreas para el Parque Nacional. Este Decreto modificatorio, define en el Artículo Décimo Quinto el Área de Influencia con una superficie de 895,752-26-39.99 hectáreas. En esta Zona de Influencia se incluyen superficies agrícolas, urbanas e industriales que se ubican en las cuencas que descargan en las inmediaciones del Parque Nacional, las cuales cobran importancia debido a que la calidad del agua que aportan a los arrecifes del Área Natural Protegida puede afectar el desarrollo biológico y ecológico de los mismos, toda vez que el aporte de sedimentos y sustancias tóxicas puede desencadenar en una reducción de las coberturas de tejido vivo de los corales.

En el área costera de la zona de influencia se ubican localidades donde los pescadores y prestadores de servicio realizan actividades económicas dentro del Parque Nacional, con la finalidad de obtener beneficios económicos, sin embargo, el desarrollo no planeado de las mismas puede impactar en las poblaciones de corales y de peces del Área Natural Protegida.

Vinculación

El proyecto no se encuentra dentro de ninguna de las áreas delimitadas y ordenadas territorialmente para la ejecución y desarrollo de determinadas actividades, por lo que es factible la ejecución del proyecto, considerando que el mismo cumple con todos y cada uno de los instrumentos de política ambiental aplicables.

III.2.1.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES

El Proyecto no incide con ningún Área Natural Protegida Estatal (ANPEST), no obstante, en la *Figura 6* se muestra el área del Proyecto respecto a dos ANPEST: el Corredor Biológico Multifuncional "Archipiélago de Lagunas Interdunarias de la Zona Conurbada de los Municipios de Veracruz y La Antigua", ubicado a aproximadamente 30 km al noroeste del predio del Proyecto; y la Reserva Ecológica "Tembladeras-Laguna Olmeca" localizada a 35 km al sureste del predio del Proyecto. Debido a la lejanía de estas ANPEST respecto al proyecto, no se entrará en mayor descripción de las mismas, sin embargo, la ubicación de estas áreas es referente de medidas y acciones de mitigación útiles a contemplar en el Proyecto.

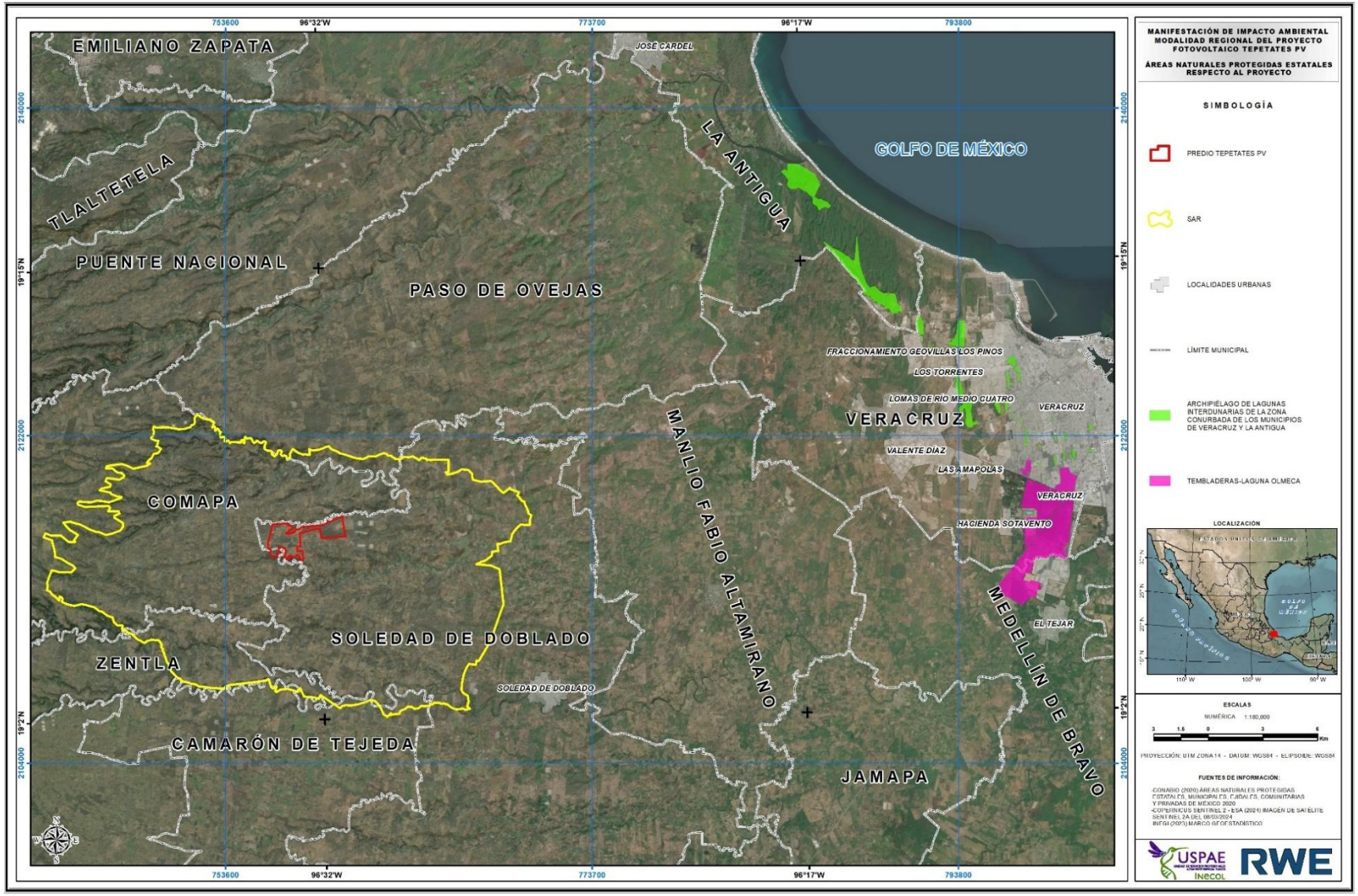


Figura 6. Ubicación del Proyecto respecto a las ANPEST.

III.2.2 REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y especifica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

En la *Figura 7* se muestra el área del Proyecto respecto a la RTP-104: Encinares Tropicales de la Planicie Costera Veracruzana, ubicada a aproximadamente 24 km al noroeste del Proyecto, y a la RTP-123: Dunas Costeras del Centro de Veracruz; seguidamente, se presenta un resumen de las principales características y su relación con el Proyecto que, si bien no incide con este, es prudencial tener a consideración dada su cercanía al mismo.

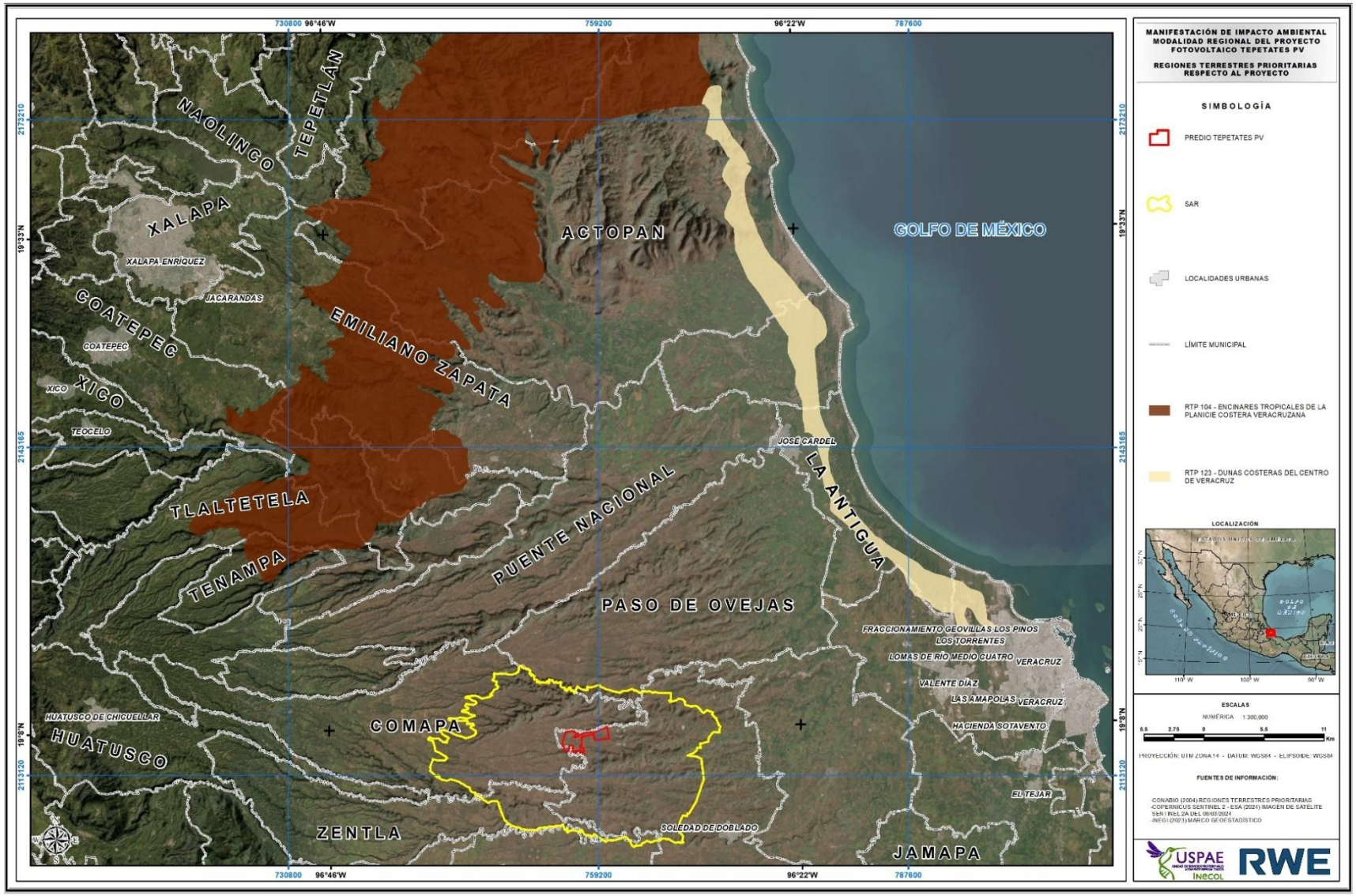


Figura 7. Ubicación del proyecto respecto a la RTP-104 y la RTP-123.

RTP-104: Encinares Tropicales de la Planicie Costera Veracruzana

Ubicación geográfica

Coordenadas extremas: Latitud N: 19° 15' 22'' a 19° 45' 25''/Longitud W: 96° 25' 44'' a 96° 53' 28''.

Características generales

Encinares tropicales localizados a lo largo de la planicie costera del Golfo desde el sur de Tamaulipas hasta Veracruz. Se presentan también en Oaxaca e incluso localidades aisladas de Chiapas. Se localizan a altitudes bajas hasta 300-400 msnm en climas tropicales, principalmente tropical-húmedos, generalmente rodeados de selvas de diferente tipo, que van desde selvas bajas en el sur de Tamaulipas hasta selvas altas en Chiapas y Oaxaca. Esta región fue definida como prioritaria en función a la existencia de comunidades vegetales que se consideran relictos pleistocénicos.

Aspectos bióticos

Cuadro 4. Valoración para la conservación de los aspectos bióticos de la RTP-104.

ASPECTO BIÓTICO	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
DIVERSIDAD ECOSISTÉMICA Es una región importante de encinares. Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie son: **Agricultura, pecuario y forestal:** Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal (58%). **Bosque de encino:** Bosques en donde predomina el encino. Suelen estar en climas templados y en altitudes mayores a los 800 m (29%). **Selva baja caducifolia:** Comunidad vegetal de 4 a 15 m de altura en donde más del 75% de las especies pierden las hojas durante la época de secas (13%).	1 (bajo)
INTEGRIDAD ECOLÓGICA FUNCIONAL Se presenta perturbación debido a actividades.	2 (bajo)
FUNCIÓN COMO CORREDOR BIOLÓGICO Aunque ocurre desde el sureste de Tamaulipas hasta Chiapas, se presenta como manchones aislados.	1 (bajo)
FENÓMENOS NATURALES EXTRAORDINARIOS Constituye un remanente pleistocénico de origen boreal que aparentemente sustituyó a la vegetación tropical durante las últimas glaciaciones.	2 (importante)
PRESENCIA DE ENDEMISMOS Probablemente bajo.	1 (bajo)
RIQUEZA ESPECÍFICA Plantas.	1 (bajo)
FUNCIÓN COMO CENTRO DE ORIGEN Y DIVERSIFICACIÓN NATURAL Información no disponible.	0 (no se conoce)

Aspectos antropogénicos

Entre los principales problemas destacan las actividades ganaderas.

Cuadro 5. Valoración para la conservación de los aspectos antropogénicos de la RTP-104.

ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
FUNCIÓN COMO CENTRO DE DOMESTICACIÓN O MANTENIMIENTO DE ESPECIES ÚTILES Los encinos mismos son especies útiles.	2 (importante)

ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
PÉRDIDA DE SUPERFICIE ORIGINAL Ha habido una alta fragmentación de la superficie original de estos encinares.	3 (alto)
NIVEL DE FRAGMENTACIÓN DE LA REGIÓN Debido principalmente a las actividades ganaderas.	3 (alto)
CAMBIOS EN LA DENSIDAD POBLACIONAL La población local permanece sin cambios.	1 (estable)
PRESIÓN SOBRE ESPECIES CLAVE Sobre los encinares dominantes y especies asociadas debido a las actividades ganaderas.	3 (alto)
CONCENTRACIÓN DE ESPECIES EN RIESGO Sobre áreas de encinares.	1 (bajo)
PRÁCTICAS DE MANEJO INADECUADO Ganaderización del bosque con quemas periódicas.	3 (alto)

Políticas de conservación

Cuadro 6. Valoración para la conservación de las políticas de conservación de la RTP-104.

POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
PROPORCIÓN DEL ÁREA BAJO ALGÚN TIPO DE MANEJO ADECUADO Información no disponible.	0 (no se conoce)
IMPORTANCIA DE SERVICIOS AMBIENTALES Utilización directa de madera de encino.	2 (medio)
PRESENCIA DE GRUPOS ORGANIZADOS Información no disponible.	0 (no se conoce)
POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN No se conocen acciones de conservación para la región, por lo que probablemente son nulas.	N/A
CONOCIMIENTO De los aspectos mejor conocidos esta la sinecología y la florística de estos encinares tropicales.	N/A
INFORMACIÓN Instituciones: La Comisión de Dioscoreas, INIFAP (generó una buena cantidad de información de estas comunidades). SARH (Memorias de la Cotecoca para el estado de Veracruz). Especialistas: A. Gómez (La vegetación del estado de Veracruz. CECSA).	N/A

RTP-123: Dunas Costeras del Centro de Veracruz

Ubicación geográfica

Coordenadas extremas: 19° 12' 20'' a 19° 39' 50''/Longitud W: 96° 11' 15'' a 96° 26' 18''.

Características generales

Es una región prioritaria por considerarse una zona de grandes dunas (entre 20 y 40 msnm de altura) fijas y móviles. Se presentan tres especies endémicas fijadoras de dunas costeras, una de ellas *Trachypogon gouinii*, está restringida a esta sección de la costa. Lagunetas de agua dulce y lagunas como parte del sistema de dunas, donde hay anidación de siete especies de garza. Y forma parte del corredor migratorio de aves rapaces.

Aspectos bióticos

Cuadro 7. Valoración para la conservación de los aspectos bióticos de la RTP-123.

ASPECTO BIÓTICO	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
DIVERSIDAD ECOSISTÉMICA Dunas, manglares, humedales, selva inundable, selva baja, selva mediana, pastizal y ceibadal. Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie son: **Vegetación de dunas:** Vegetación que se establece en dunas costeras, por lo cual éstas quedan fijas (65%). **Agricultura, pecuario y forestal:** Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal (26%). **Manglar:** Vegetación halófila densa dominada por mangles en zonas costeras, estuarinas y fangosas, siempre zonas salobres. Pueden alcanzar los 25 m (9%).	3 (alto)
INTEGRIDAD ECOLÓGICA FUNCIONAL La tala en la planicie ha eliminado grandes carnívoros. Sin embargo, hay manglares nativos, bien estructurados y la vegetación de dunas costeras mantiene una dinámica de estabilización-desestabilización normal para el sistema.	3 (medio)
FUNCIÓN COMO CORREDOR BIOLÓGICO Zonas de migración y anidamiento de aves acuáticas.	2 (medio)
FENÓMENOS NATURALES EXTRAORDINARIOS (a) Especies tropicales nativas fijadoras de dunas, (b) el litoral Atlántico de México se divide entre grupos florísticos, Veracruz constituye uno de ellos con una selva costera, (c) zona de anidación de garzas y (d) es refugio de cocodrilos.	3 (muy importante)
PRESENCIA DE ENDEMISMOS Tres fanerógamas capaces de crecer más vigorosas bajo condiciones de enterramiento. Se desconoce para otros grupos.	1 (bajo)
RIQUEZA ESPECÍFICA En la zona de la mancha se han colectado más de 350 especies, aunque es muy variable entre zonas.	2 (medio)
FUNCIÓN COMO CENTRO DE ORIGEN Y DIVERSIFICACIÓN NATURAL Información no disponible.	0 (no se conoce)

Aspectos antropogénicos

Entre los principales problemas detectados se encuentran los proyectos turísticos (pequeños y megaproyectos); la tala de vegetación de dunas para siembra y frecuentemente inicio de dunas móviles; el relleno de lagunas para construcción; reservas territoriales sobre dunas para asentamientos humanos de alta densidad.

Cuadro 8. Valoración para la conservación de los aspectos antropogénicos de la RTP-123.

ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
FUNCIÓN COMO CENTRO DE DOMESTICACIÓN O MANTENIMIENTO DE ESPECIES ÚTILES Información no disponible.	0 (no se conoce)
PÉRDIDA DE SUPERFICIE ORIGINAL Crecimiento urbano; tendencia a aumentar con proyectos turísticos.	1 (bajo)
NIVEL DE FRAGMENTACIÓN DE LA REGIÓN Las dunas generalmente están separadas de las selvas bajas de las sierras por la planicie de cultivos.	2 (medio)
CAMBIOS EN LA DENSIDAD POBLACIONAL Muy localizada en los asentamientos urbanos, principalmente en los alrededores de la ciudad de Veracruz.	3 (alto)
PRESIÓN SOBRE ESPECIES CLAVE Madera; la presión es sobre uso del suelo (cultivo, potreros, turismo).	1 (bajo)

ASPECTOS ANTROPOGÉNICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
CONCENTRACIÓN DE ESPECIES EN RIESGO Información no disponible.	0 (no se conoce)
PRÁCTICAS DE MANEJO INADECUADO Las reservas territoriales de unidades costeras como Veracruz están sobre dunas y humedales.	1 (bajo)

Políticas de conservación

Cuadro 9. Valoración para la conservación de las políticas de conservación de la RTP-123.

POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN
PROPORCIÓN DEL ÁREA BAJO ALGÚN TIPO DE MANEJO ADECUADO Ganadería sustentable.	2 (medio)
IMPORTANCIA DE SERVICIOS AMBIENTALES Dunas y manglares protegen tierra adentro de nortes y huracanes.	3 (alto)
PRESENCIA DE GRUPOS ORGANIZADOS Instituciones académicas.	2 (medio)
POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN Entre las principales instituciones identificadas en la región, que realizan actividades de investigación se puede mencionar al IE; la Oficina de Asuntos Ecológicos (Seduver), del Gobierno de Veracruz; la UAV y la FC-UNAM.	N/A
CONOCIMIENTO En cuanto a estudios realizados en la región se tienen un inventario de vegetación y uno de vertebrados los que se consideran buenos; un inventario de invertebrados casi nulo; ecología de sistemas de dunas considerado bueno y ecofisiología de especies vegetales indicado como regular.	N/A
INFORMACIÓN Instituciones: ICMYL-UNAM (A. Vázquez Botello). IE. UAV. UAMI (F. Contreras).	N/A

Vinculación

El desarrollo del Proyecto no afectará de ninguna manera la integridad de los ecosistemas presentes en la RTP-104 y la RTP-123, tampoco se asocia a las problemáticas de estas RTP, puesto que las obras y actividades del proyecto no están asociadas a actividades de proyectos turísticos, tala de vegetación de dunas, relleno de lagunas para construcción o actividades ganaderas. Además, no se realizará ninguna de las prácticas de manejo inadecuado marcadas en la ficha de la RTP.

Sin embargo, el promovente del proyecto habrá de aplicar medidas correctivas y de mitigación para que el proyecto sea lo menos impactante con el ecosistema (inherentemente de que no incida con la RTP), además de ser congruente con la legislación aplicable y guarde un equilibrio con el medio.

III.2.3 REGIÓN HIDROLÓGICA PRIORITARIA

La CONABIO inicio el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido. Este programa junto con los Programas de Regiones Marinas Prioritarias y Regiones Terrestres Prioritarias forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México.

En la *Figura 8* se observa que el área del proyecto se encuentra próxima a la Región Hídrica Prioritaria 77 (RHP-77): Río La Antigua, ubicada a aproximadamente 3 km al Norte del Proyecto; a continuación, se describen las características de esta región.

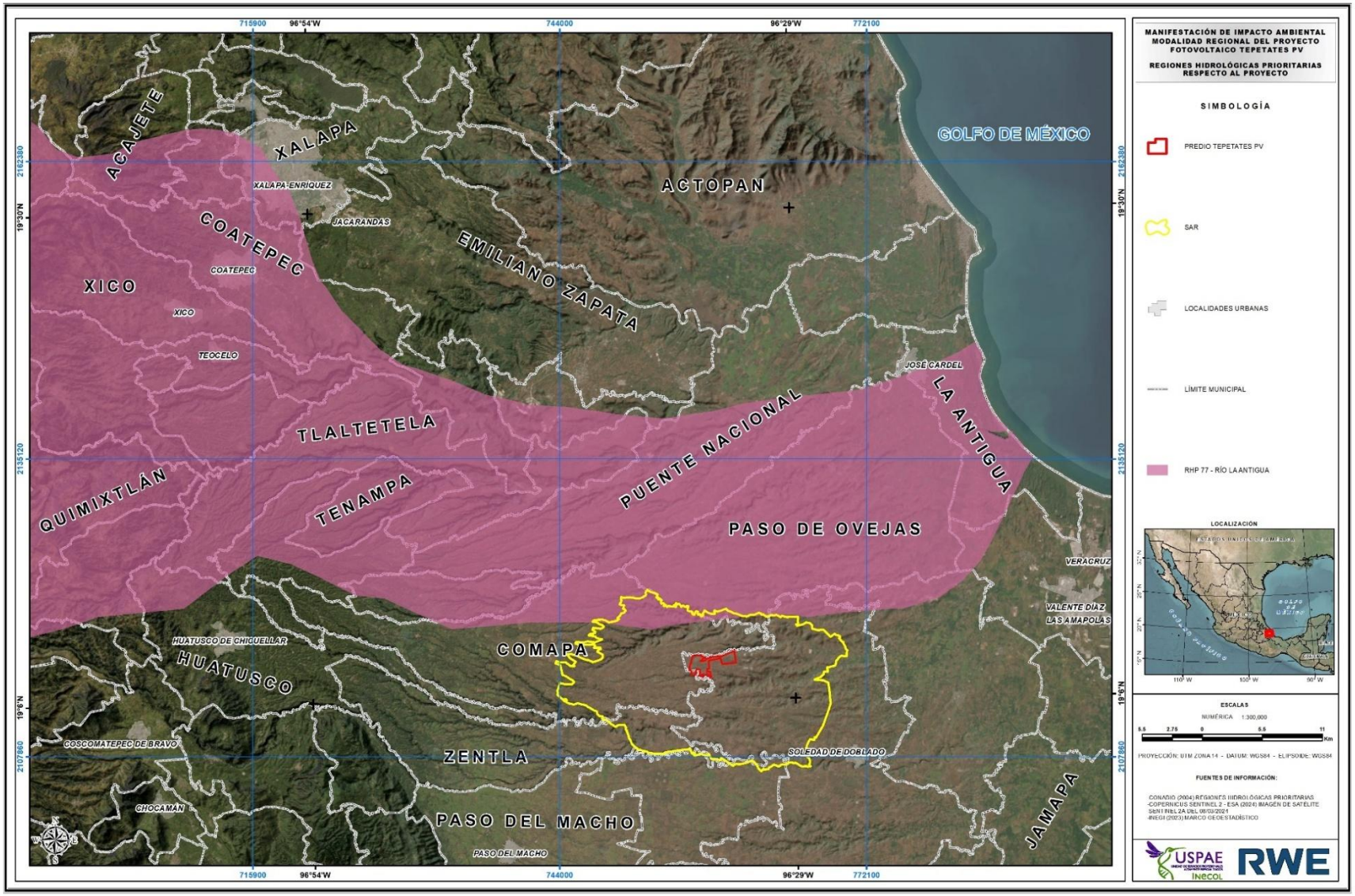


Figura 8. Ubicación del proyecto respecto a la RHP-77.

Polígono

Latitud 19°13'12'' - 18°51'00'' N/Longitud 97°16'12'' - 95°55'12'' W.

Recursos hídricos principales

Lénticos: N/A.

Lóticos: ríos La Antigua, Jalcomulco y Sta. María.

Biodiversidad

Tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque mesófilo, selva baja caducifolia, vegetación riparia, pastizal inducido y cultivado. Cañadas con comunidades ecotonales bien conservadas y cuencas cortas que recorren diferentes pisos altitudinales en espacios pequeños; cuenca alta y baja degradada por desforestación y contaminación. Zona serrana con arroyos y manantiales. Flora característica: *Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Cedrela odorata, Coccoloba barbadensis, Croton puntactus, Diphysa robinioides, Enterolobium cyclocarpum, Ipomoea imperati, Palafoxia lindenii, Panicum repens, Sesuvium portulacastrum, Sporobolus virginicus*. Ictiofauna característica: *Astyanax fasciatus, Cathorops aguadulce, Ictiobus bubalus*. Endemismo del anfibio *Anotheca spinosa* y del pez *Heterandria sp*. Especies amenazadas: de peces *Gambusia affinis* y *Priapella bonita*. Ésta última y los hílidos en especial, se encuentran amenazadas por contaminación; son especies raras y se reproducen en cuerpos de agua limpia (indicadoras de integridad). Se conoce poco la biodiversidad de esta región.

Problemática

- Modificación del entorno: zona alta y baja degradada por desforestación y contaminación. Actividades agrícolas inadecuadas en laderas.
- Contaminación: por agroquímicos, residuos domésticos e industriales, desechos por beneficio del café.
- Uso de recursos: El agua se usa para abastecimiento urbano y riego. Especie introducida de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en la cuenca alta.

Conservación

Se requiere conservación de las cañadas en la cuenca alta y media; conocer la diversidad de organismos acuáticos (flora y fauna); controlar la tala ilegal de pinos; controlar la contaminación del río por residuos domésticos e industriales. Faltan inventarios de especies nativas; estudios de las características fisicoquímicas del agua en las distintas zonas de la cuenca y balance hidrológico (gasto-extracción).

Vinculación

El Proyecto no se ubica dentro de la RHP Río La Antigua, sin embargo, la comprensión de las problemáticas y propuestas de conservación para tal Reserva permiten un mejor desempeño de

actividades en el desarrollo del Proyecto, además de generar una consciencia colectiva respecto a la protección de esta RHP en aquellos involucrados en la ejecución del proyecto.

III.2.4 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

El proyecto se ubica dentro del AICA 150: Centro de Veracruz (*Figura 9*). La CONABIO justifica la categorización de esta AICA debido a que el centro de Veracruz es una región crítica (cuello de botella) para aproximadamente 236 spp migratorias Neotropicales de relevancia a escala mundial. Posee además poblaciones de unas doce especies de aves endémicas o de distribución restringida, y cuatro de las 19 especies de aves enlistados para México en el libro rojo de la IUCN. Posee, además 34% de las especies de la NOM-059. La región del centro de Veracruz está formada por una "extensión" del eje Neovolcánico al este del volcán Cofre de Perote, que parte la Planicie Costera del Golfo en dos mitades. Con el único manchón de selvas bajas en la vertiente del Golfo (exceptuando la parte norte de la Península de Yucatán), la región tiene adicionalmente 18 tipos de vegetación y una variación de pisos altitudinales de 0 a 4400 msnm en una distancia lineal de aproximadamente 85km. La vegetación principal de esta Área es matorral xerófilo, bosque de coníferas y encino y bosque mesófilo.

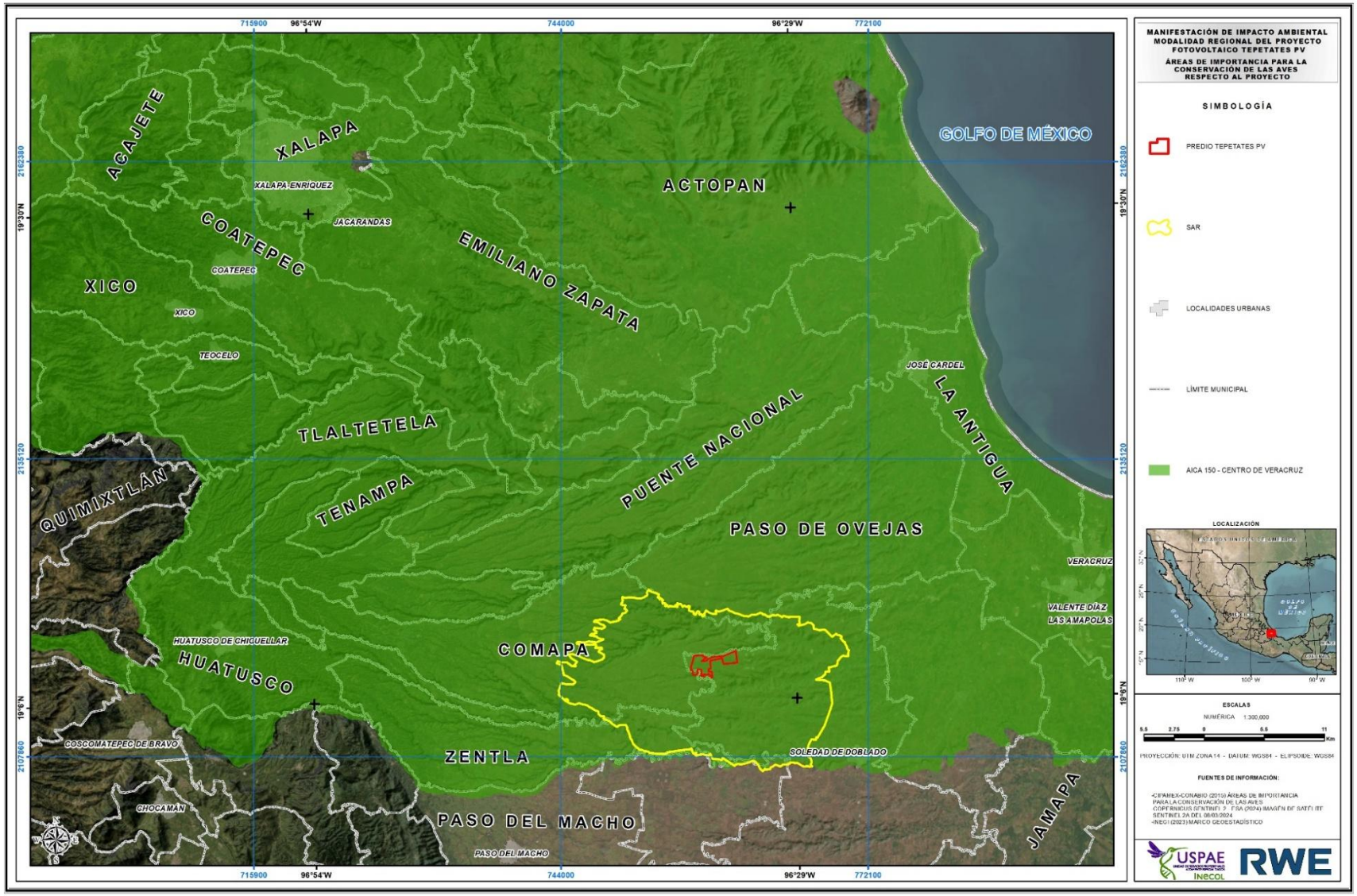


Figura 9. Ubicación del Proyecto respecto al AICA-150.

Vinculación

Siendo esta área un sitio relevante para la conservación de aves, se han realizado muestreos dentro del área del proyecto en un máximo esfuerzo de un ciclo anual, de los que se ha obtenido valiosa información particularmente de la avifauna; es a través de la información obtenida en campo que se realiza un análisis y se genera un modelo que proporciona el porcentaje de riesgo de colisión de las aves, es decir, se verifica que no haya riesgo significativo en cuanto al tema de colisiones de avifauna con los paneles.

Por lo anterior y el compromiso de la Promovente con el medio ambiente, no se descarta el mínimo riesgo en cuanto a la colisión de la fauna voladora, motivo por el que se establecen una serie de medidas de prevención y control para aminorar el impacto adverso a este componente, dichas medidas se presentan en el Capítulo VI de este documento.

Se debe de destacar que NO existen instrumentos equiparables a programas de manejo para ninguna de estas tres regiones (RTP, RHP, y AICAS) clasificadas por la CONABIO.

III.3 PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MUNICIPALES (PDU)

III.3.1 PLAN VERACRUZANO DE DESARROLLO 2019-2024

El objetivo principal de este plan de trabajo es el bienestar de lo público, lo privado y lo social; aspectos que serán atendidos a través de los programas específicos de las distintas secretarías, pertenecientes a la administración pública del gobierno de Veracruz. Cabe mencionar que, en este Plan de gobierno, se encuentran plenamente integrados los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), mejor conocidos como Agenda 2030 (A2030).

El Plan Veracruzano de Desarrollo 2019 – 2024 contiene la dirección política, cuyo criterio esencial da sustento a los objetivos y guías básicas de los programas de las dependencias y organismos descentralizados. Así también, las estrategias y acciones específicas del gobierno, las cuales están en razón de garantizar el respeto a los derechos humanos, la justicia social, la austeridad republicana, la transparencia y rendición de cuentas, la erradicación de la corrupción, trabajar con miras al desarrollo sostenible, la seguridad y el bienestar. Para lograr lo anteriormente mencionado, se establecieron dos ejes transversales y tres ejes generales, listados a continuación:

EJES TRANSVERSALES

- **Eje: Cultura de Paz y Derechos Humanos.** Busca que la cultura de paz y los derechos humanos permitan de forma interrelacionada la paz social y el orden público entre las y los veracruzanos y sus instituciones, con la finalidad de que prevalezca un ambiente de tranquilidad social a partir del ejercicio del Estado de Derecho. Este eje permite tener presente la atención a los diferentes grupos de la población, en especial a aquellos históricamente vulnerados.

- **Eje: Honestidad y Austeridad.** Este Eje va orientado a la planeación, organización, manejo y uso de los recursos humanos, materiales, financieros y de informática del Estado, así como en todas las áreas del desarrollo del proceso de gestión del gobierno, a través de sus servidores públicos y la toma de decisiones en las diferentes instituciones que integran la administración pública, con la finalidad, en todo momento, del bienestar de la sociedad veracruzana.

EJES GENERALES

- **Eje A-Eje de Derechos Humanos.** En este se concentran las políticas y programas implementados por las Secretarías de Gobierno, Educación, Seguridad Pública y la Coordinación General de Comunicación Social, a través de sus respectivos programas sectoriales, sumándose las acciones realizadas por los institutos veracruzanos de Asuntos Indígenas, de las Mujeres y de la Juventud.

- **Eje B-Desarrollo Económico.** Tiene por objetivo lograr que la ciudadanía veracruzana y sus familias obtengan un nivel adecuado de vida mediante la mejora de sus condiciones de subsistencia económica y social; se comprenden en este Eje sendos Programas Sectoriales elaborados por las Secretarías de Desarrollo Económico, Turismo, Infraestructura y Obras Públicas; Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca; Trabajo, Previsión Social y Productividad; Finanzas y Planeación y Contraloría General.

- **Eje C-Bienestar Social.** Concentra los esfuerzos de las Secretarías de Desarrollo Social, Salud, Protección Civil, Medio Ambiente y el actual Instituto Veracruzano de la Cultura, dependencias y entidades que conjugan los esfuerzos para la mejora de la calidad de vida y desarrollo humano de las y los veracruzanos.

El Proyecto se vincula con el Eje C "Bienestar Social", particularmente con el apartado correspondiente a medio ambiente. El Plan en su Objetivo 3 del Eje C dicta "garantizar un medio ambiente sano donde las y los veracruzanos se desarrollen de manera integral, en armonía y equilibrio con la biodiversidad, mediante la preservación y la restauración del patrimonio natural del Estado"; la estrategia para este objetivo es definir la política ambiental estatal que considere la protección del patrimonio natural, así como la mitigación y adaptación a los efectos del Cambio Climático. El Proyecto se ve asociado a la línea de acción de **gestionar alianzas estratégicas con el sector empresarial, agroindustrial y comercial con enfoque de desarrollo sostenible**.

Por su parte, el Proyecto está intrínsecamente vinculado con el objetivo y la línea de acción previamente citados, siendo así una pieza fundamental para aumentar la generación de energía no contaminante, alineándose con las líneas de acción marcadas en el Plan para avanzar hacia el uso de energías limpias y renovables, sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, además de impulsar el desarrollo económico en las zonas en que el Proyecto se desarrollará.

III.3.2 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO SOLEDAD DE DOBLADO 2022-2025

El presente Plan, representa el eje rector normativo que orienta y define las acciones del gobierno municipal en el periodo 2022-2025. Su integración se generó a partir de una amplia participación ciudadana derivada de las convocatorias a los foros de consulta convocados por el Ayuntamiento. Su presentación, parte del principio de organizar las estrategias, objetivos, programas y acciones, expuestos en el Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD) 2019-2024, que plantea dos ejes transversales y tres ejes generales (mencionados en el apartado anterior). A partir de estos ejes y de la metodología del COPLADEB (Comité de Planeación Democrática para el Bienestar), el Plan de Desarrollo Municipal 2022- 2025 de Soledad de Doblado, se organiza y alinea en cada uno de sus apartados; de manera tal que sus objetivos generales, se alinean, en un proceso de congruencia de políticas públicas, al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

de la agenda 2030. Dentro de este Plan Municipal se establece el objetivo de mejorar el equipamiento urbano, siendo aquí el Proyecto una herramienta clave para el alcance de tal propósito considerando su naturaleza y la facilitación de recurso eléctrico que este propiciará.

III.3.3 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO MUNICIPIO DE COMAPA, VERACRUZ 2022-2025

El Plan Municipal de Desarrollo de Comapa está compuesto por cinco ejes centrales, alineados a nivel estatal con el Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD), nacional con el Plan Nacional de Desarrollo (PND), por la parte internacional con los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS); a su vez consta de dos ejes transversales que se busca permeen en todas y cada una de las áreas del actual gobierno municipal como a continuación se señala:

- **Eje 1. Servicios Públicos de Calidad.** Tiene por objetivo garantizar que los servicios públicos sean accesibles para todas y todos en las mismas condiciones, permanentes, continuos y de calidad.

- **Eje 2. Programas para el Bienestar de Todos y Todas.** Busca garantizar el bienestar y mejoría de la calidad de vida de los habitantes, además de cubrir con las necesidades básicas relacionadas a los servicios públicos mencionados en el eje 1.

- **Eje 3. Crecimiento y Desarrollo Económico Sustentable.** Tiene como finalidad impulsar el crecimiento económico de la región y del municipio de Comapa, contemplando el enfoque de sustentabilidad en todos sus aspectos, logrando esto por medio del fortalecimiento de las actividades económicas, respetando la vocación productiva del municipio (agricultura y ganadería) pero también generando nuevas capacidades que permitan mejorar otras actividades productivas y mejorando la calidad de los empleos en el municipio.

- **Eje 4. Desarrollo Humano Incluyente para las Familias.** El propósito de este eje es el desarrollo humano integral de toda la ciudadanía de Comapa bajo un gobierno incluyente que contemple las necesidades específicas de cada grupo y trabaje para cubrirlas es su quehacer diario, siempre con miras a la realización de las personas.

- **Eje 5. Gobierno Cercano, Transparente y Democrático.** Un gobierno Cercano, Transparente y Democrático busca que su gestión sea un instrumento al servicio de las y los ciudadanos y con esto garantizar mejores resultados con los recursos que se cuentan.

- **Eje Transversal con Enfoque de Derechos Humanos.** Este enfoque identifica por un lado a los titulares de derechos y por otro a los titulares de deberes, y contribuye a fortalecer las capacidades de los titulares de derechos para elevar sus reclamos, así como las de los titulares de deberes para cumplir con sus obligaciones. Se toma como referente la universalidad, la igualdad y la no discriminación, de donde se derivan acciones preferenciales hacia los grupos vulnerables o excluidos.

- **Eje Transversal con Enfoque de Desarrollo Sustentable.** Busca el fomento del desarrollo económico respetuoso del medioambiente y la población, con el diseño de políticas públicas y regulaciones que prioricen la sustentabilidad, estableciendo procesos participativos junto a mecanismos que garanticen la aplicación y el buen funcionamiento de dichas políticas, con obras públicas que apoyen la estrategia de sustentabilidad, el aprovechamiento de los recursos naturales, etc.

En relación con este Plan, el Proyecto puede aportar significativamente al proporcionar energía limpia y sostenible, generando empleos durante su instalación y operación, y fomentando el desarrollo de tecnologías renovables, además de aumentar la conciencia ambiental entre los ciudadanos, contribuyendo así al desarrollo económico y social de la comunidad, de manera que el Proyecto es compatible con lo establecido en este documento.

III.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

III.4.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Con relación a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), se verificó la normatividad vigente y se seleccionó la aplicable al Proyecto, dando como resultado el listado de las NOM aplicables en las distintas etapas del Proyecto y su correspondiente vinculación.

En el *Cuadro 10* se presenta la vinculación de las NOM con el Proyecto y la manera en que este las cumple.

Cuadro 10. Vinculación del Proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en su desarrollo.

NOM	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-041-SEMARNAT-2015	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de los vehículos y maquinaria de manera periódica.
NOM-042-SEMARNAT-2003	Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos y provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo la práctica de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de los vehículos y maquinaria de manera periódica.
NOM-045-SEMARNAT-2017	Establece los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición, para vehículos en circulación que usan diésel como combustible.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto se usarán vehículos que emplearán diésel como combustible, deberán contar su verificación vehicular que corresponda al año, modelo de la unidad y su peso bruto vehicular. En caso de que en la región no exista Programa de Verificación Vehicular, se aplicará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos con el fin de mantener un nivel de emisiones dentro de los límites permisibles conforme a las tablas 1 y 2 de la presente norma.
NOM-050-SEMARNAT-2018	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usas gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica.

NOM	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se generarán residuos peligrosos; se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos donde se depositarán de manera temporal en tambos etiquetados aceites gastados, estopas impregnadas con grasas y aceites, pinturas, sobrantes de soldadura, etc. El almacén temporal será construido con base en lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. La generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el respectivo aviso a las autoridades competentes.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos para la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.	A fin de evitar reacciones violentas y negativas que puedan provocar efectos dañinos en el medio ambiente por la mezcla de dos o más residuos peligrosos, y a fin de evitar alguna contingencia ambiental el almacén temporal de residuos peligrosos se cumplirá con las disposiciones contenidas en el Artículo 82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos. Posteriormente de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del reglamento de la LGPGIR, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el respectivo aviso a las autoridades competentes.
NOM-059-SEMARNAT-2010	Establece la protección ambiental de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres, sus categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambios en la lista de especies en riesgo.	Durante los recorridos se registraron especies que se encuentran dentro de alguna categoría de protección, por lo cual, se dará atención especial para que todas las obras y acciones durante las diferentes etapas del proyecto eviten afectar a sus poblaciones, por ejemplo: medidas de mitigación de colisiones, incentivación a la restauración de hábitats naturales circundantes al proyecto, monitoreo y seguimiento de especies, educación y concienciación, por mencionar algunas; dichas medidas de atención se especifican de manera más amplia en el Capítulo VI del presente documento.
NOM-077-SEMARNAT-1995	Establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de

<table>
<tr><th>NOM</th><th>CAMPO DE APLICACIÓN</th><th>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO</th></tr>
<tr><td></td><td>opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.</td><td>construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica, procurando en todo momento mantenerse por debajo de los niveles establecidos.</td></tr>
<tr><td>NOM-080-ECOL-1994</td><td>Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</td><td>Se considera que en las distintas etapas del proyecto en las que se generen emisiones de ruido, no serán superiores a los límites máximos permisibles enlistados en la tabla 1 de la NOM y que a continuación se presenta:
<table><tr><th>PESO BRUTO VEHICULAR (KG)</th><th>LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DB (A)</th></tr><tr><td>Hasta 3,000</td><td>86</td></tr><tr><td>Más de 3,000 y hasta 10,000</td><td>92</td></tr><tr><td>Más de 10,000</td><td>99</td></tr></table>Con base en los límites máximos permitidos, se infiere que no rebasarán el límite permitido con lo cual se atiende a los requerimientos de la presente norma.</td></tr>
<tr><td>NOM-081-SEMARNAT-1994</td><td>Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</td><td>Con base en los límites máximos permitidos, se infiere que no rebasarán el límite permitido con lo cual se atiende a los requerimientos de la presente norma.</td></tr>
<tr><td>NOM-001-STPS-2008</td><td>Establece las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores</td><td>Se considerará el aspecto de seguridad en la construcción y operación de las instalaciones del PFV. Aunque la NOM no especifica directamente aspectos relacionados con centrales fotovoltaicas, es importante tener en cuenta los lineamientos generales de seguridad en la implementación de cualquier tipo de instalación industrial o de generación de energía.
Algunos aspectos relacionados con la seguridad que podrían ser relevantes para el Proyecto son:
Instalación segura: Asegurarse de que los paneles solares estén correctamente instalados y fijados de manera segura para evitar riesgos de caídas o desprendimientos.
Protección contra incendios: Implementar medidas de protección contra incendios, como sistemas de detección y extinción de incendios, para mitigar los riesgos asociados con la energía solar y los componentes eléctricos.
Acceso seguro: Establecer medidas de seguridad para restringir el acceso no autorizado a las áreas del Proyecto, a fin de prevenir accidentes y garantizar la integridad de las instalaciones.</td></tr>
</table>

NOM	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		Mantenimiento adecuado: Realizar revisiones periódicas de los componentes y sistemas del Proyecto para garantizar su correcto funcionamiento y prevenir situaciones de riesgo.
NOM-002-STPS-2010	Establece los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo	Los principales aspectos a considerar de esta norma para la construcción y operación del Proyecto son los siguientes: Sistemas de detección y alarma: La norma establece requisitos para la instalación de sistemas de detección de incendios, como detectores de humo, calor o llamas, así como la implementación de sistemas de alarma para alertar a las personas en caso de emergencia. Sistemas de extinción: La norma establece los criterios para la selección e instalación de sistemas de extinción de incendios, como extintores, rociadores automáticos o sistemas de inundación. Plan de emergencia y evacuación: La norma requiere que se elabore un plan de emergencia y evacuación que contemple los procedimientos a seguir en caso de incendio, incluyendo rutas de evacuación, puntos de reunión y asignación de responsabilidades. Capacitación y entrenamiento: La norma establece la necesidad de brindar capacitación y entrenamiento a los trabajadores del proyecto en temas de prevención y protección contra incendios, así como en el uso adecuado de los equipos de seguridad.
NOM-004-STPS-1999	Establece las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.	Si bien esta norma no se enfoca específicamente en centrales fotovoltaicas, se puede asociar a ellas indirectamente, considerando que un proyecto fotovoltaico puede incluir diversos equipos y maquinaria relacionada con la generación y distribución de energía eléctrica obtenida a través de la radiación solar, además de la maquinaria y equipo empleados en la construcción y operación del Proyecto.
NOM-011-STPS-2001	Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.	Con base en los límites máximos permitidos, se infiere que no rebasarán el límite permitido con lo cual se atiende a los requerimientos de la presente norma.
NOM-017-STPS-2008	Establece los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.	A fin de evitar daños permanentes en el personal que intervenga en el desarrollo del Proyecto, el Equipo de Protección Personal (EPP) será provisto de manera responsable a estos.

NOM	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-019-STPS-2011	Establece los lineamientos para la constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	Esta norma es de relevancia en el contexto de la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores que operen en el Proyecto. La instalación y operación de este conlleva riesgos específicos asociados a la manipulación de paneles solares, el montaje de estructuras, el mantenimiento del sistema eléctrico, entre otros aspectos. La NOM establece las pautas para garantizar que se forme una comisión de seguridad e higiene en el Proyecto, la cual debe estar compuesta por representantes del promovente y los trabajadores. Esta comisión tiene la responsabilidad de identificar, prevenir y controlar los riesgos laborales en el Proyecto, así como promover un ambiente de trabajo seguro y saludable.
NOM-027-STPS-2008	Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se realicen actividades de soldadura o y corte.	Dentro de las actividades de preparación del sitio y construcción del mismo, se ejecutarán trabajos de soldadura y/o corte, motivo por el que se cumplirá con lo establecido en la norma.
NOM-029-STPS-2011	Establece las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.	Al ser el Proyecto de naturaleza del sector energético, deberán atenderse las condiciones de la norma a fin de proteger a las personas de accidentes que pudiesen derivarse de la manipulación de las instalaciones eléctricas.
NOM-002-SCT-2011	Identificar y clasificar las substancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, las disposiciones especiales a que deberá sujetarse su transporte, límites cuantitativos de cantidades limitadas y cantidades exceptuadas permitidas, y las correspondientes instrucciones de envase y embalaje, métodos de transporte, Recipientes Intermediaros a Granel y Cisternas Portátiles y sus disposiciones especiales.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se generarán residuos peligrosos; se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos donde se depositarán de manera temporal en tambos etiquetados aceites gastados, estopas impregnadas con grasas y aceites, pinturas, sobrantes de soldadura, etc. Aunado a esto, el transporte y manipulación de estos se desenvolverá de manera pertinente de acuerdo con lo establecido en la NOM.
NOM-001-SEDE-2005/2012	Establece las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra: Las descargas eléctricas, Los efectos térmicos, Las sobrecorrientes, Las corrientes de falla y Las sobretensiones.	Al ser el Proyecto de naturaleza del sector energético, deberán atenderse las condiciones de la norma a fin de proteger a las personas de accidentes que pudiesen derivarse de la manipulación de las instalaciones eléctricas.

III.5 OTROS INSTRUMENTOS

III.5.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

En el *Cuadro 11* se muestra un resumen de las disposiciones constitucionales vinculantes al Proyecto.

Cuadro 11. Vinculación del Proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

ARTÍCULOS		VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	**Artículo 25** Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. Al desarrollo económico nacional concurrirán, el sector público, social y privado. El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan. Asimismo, podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo. Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. **Artículo 27** Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica. **Artículo 28** No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, en los términos de los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta Constitución, respectivamente; así como las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. El Poder Ejecutivo contará con los órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley.	El Proyecto, no contraviene a las disposiciones contenidas en la Carta Magna ya que permite la participación del sector privado para impulsar actividades prioritarias del desarrollo nacional. El Proyecto, corresponde a un área de actividad económica de carácter estratégico ya que se trata de la conducción y distribución de energía eléctrica que tiene por objeto satisfacer la demanda de energía en el centro del país.

III.5.2 CONVENIOS INTERNACIONALES

Los tratados y/o Convenios Internacionales aprobados por el Senado de la República y los cuales son jurídicamente vinculantes con el Proyecto, se muestran en el *Cuadro 12*.

Cuadro 12. Convenios Internacionales vinculantes con el Proyecto.

CONVENIO	OBJETIVO	VINCULACIÓN
Convención marco sobre el cambio climático	Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel donde las acciones del hombre no perjudiquen el sistema climático, permitiendo que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio meteorológico y asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible". (Artículo 2).	El proyecto es jurídicamente vinculante con la convención y el protocolo de Kioto debido a los beneficios que aportará al medio ambiente y al desarrollo sustentable. Asimismo, dará impulso al desarrollo en la explotación de los recursos renovables del país y la región, lo que implica la sustitución de generación de energía a base de combustibles fósiles, por energía solar, con lo cual se contribuye a: 1) No contaminar el agua o el aire. 2) Evitar emisiones de gases de combustión como CO (monóxido de carbono), CO_2 (bióxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno), SOx (óxidos de azufre) y partículas suspendidas. 3) Evitar el uso de volúmenes de agua de repuesto, dado que el diseño de este proyecto no requiere ciclos de vapor y de enfriamiento. 4) Minimizar descarga de aguas residuales. 5) Minimizar la generación de residuos peligrosos, inherentes a las centrales termoeléctricas convencionales. 6) Se estima que la realización del proyecto no producirá emisiones de CO2 a la atmósfera, como generaría una central eléctrica convencional de una capacidad similar.
Protocolo de Kioto	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero obligatorias para países desarrollados con economías en transición que sean partes y que estén incluidos en el Anexo 3. Obligación de países Anexo 3 de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012. Fomentar la eficiencia energética, desarrollo y aumento del uso de nuevas fuentes renovables de generación de energía, de tecnologías de captura de carbono y de tecnologías más modernas y ecológicamente racionales. Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) (Art.12 del protocolo). Su propósito es ayudar a las partes no incluidas en el Anexo 3, a lograr un desarrollo sustentable y ayudar a las partes incluidas a cumplir con sus compromisos sobre limitación y reducción de emisiones de GEI. Los países Anexo 3, como México, a través del MDL permiten desarrollar proyectos que tengan como resultado Reducciones Certificadas de Emisiones y de esta manera contribuir al desarrollo sustentable.	
Acuerdo de París sobre cambio climático	Entrado en vigor el 4 de noviembre de 2016 a partir de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrado en París, Francia. Dicho acuerdo es una respuesta por parte de la ONU para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C.	El Proyecto aporta con lo estipulado para alcanzar las acciones a cumplir por el gobierno mexicano, puesto que el proyecto contemplará la mayoría de sus obras sobre áreas no forestales, y de ocupar dichos espacios, éstos serán compensados para evitar incrementar la tasa de deforestación. Aunado a esto, se generará energía eléctrica mediante la

CONVENIO	OBJETIVO	VINCULACIÓN
	México firmó este acuerdo, en el cual se compromete al cumplimiento de cinco acciones concretas: Alcanzar una tasa cero de deforestación Mejorar la capacidad adaptativa de los 160 municipios más vulnerables Proteger a la población de los fenómenos hidrometereológicos extremos Aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica del país y de los ecosistemas Desacoplar el crecimiento económico de la emisión de contaminantes de efecto invernadero.	radiación solar, reduciendo la emisión de contaminantes como los GEI.

III.5.3 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) tiene por objeto, propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, la preservación, la restauración, el mejoramiento del ambiente y el aprovechamiento sustentable. En el *Cuadro 13* se muestra un resumen de las disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA y que guardan relación con el Proyecto.

De conformidad con la Fracción X del artículo 5 de la LGEEPA son facultades de la federación, entre otras la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de la misma Ley, y en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

El Proyecto corresponde a una obra de la industria eléctrica y se enmarca en la fracción II del artículo 28 de la LGEEPA, por lo tanto, el Proyecto es competencia de la federación y se encuentra regulado por la presente Ley.

Cuadro 13. Disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULO - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:	En función de lo que señala este artículo en los incisos citados, así como de las características y alcances del Proyecto se presenta esta MIA-R, sin actividad altamente riesgosa.

ARTÍCULO - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica. VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;	
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.	En observancia de lo que señala este artículo, se presenta esta MIA-R ante la SEMARNAT para su evaluación.
Artículo 37 TER. Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.	Durante el desarrollo del Proyecto se deberá observar cabalmente lo que establecen las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental.
Artículo 110. Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	En observancia de lo dispuesto en este artículo se deberán reducir al mínimo y controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos de las fuentes móviles que se usen durante la ejecución del Proyecto. En este sentido, toda vez que el desarrollo del Proyecto implica el uso de maquinaria y vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, el contratista se encargará de que la maquinaria y vehículos se encuentren en óptimas condiciones, llevando a cabo el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario. En el caso de los vehículos, se deberá asegurar que estos cumplan con los límites establecidos en las NOM que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050-SEMARNAT-2018). Por otro lado, es importante señalar que, el Proyecto no pretende la instalación ni operación de alguna fuente fija de emisiones de contaminantes de la atmósfera.
Artículo 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.	Se evitará y reducirá al mínimo la emisión de contaminantes atmosféricos que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente, observando lo que establece la LGEEPA, sus reglamentos y las NOM que expide la Secretaría. Asimismo, en observancia de lo dispuesto por este artículo se deberán reducir al mínimo y controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos de las fuentes móviles que se utilicen durante el desarrollo del Proyecto. En este sentido, toda vez que la ejecución del Proyecto implica el uso de vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, se realizará el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario, para que dichos vehículos cumplan con los límites establecidos en las NOM que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-

ARTÍCULO - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050-SEMARNAT-2018).
Artículo 117. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país. II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.	Para prevenir la contaminación tanto del suelo como de los escurrimientos superficiales presentes en la zona del Proyecto se prevé la capacitación del personal respecto a la importancia y responsabilidad de reducir al mínimo la generación de residuos y contaminantes, así como respecto a la obligación de evitar depositar basura, residuos, lodos o desechos en el suelo, o en cualquier lugar no autorizado, esto para prevenir que por efecto de disolución o arrastre, los desechos, lodos, o residuos contaminen y/u obstruyan escurrimientos, cauces o cuerpos de agua en la zona. Los residuos sólidos urbanos que se generen durante las distintas etapas del Proyecto se depositarán en contenedores con capacidad proporcional a lo que por promedio se genere provistos con tapa, y rotulados de acuerdo con el tipo de residuo que contengan; los cuales se ubicarán en forma visible y estratégica en las zonas de trabajo y desarrollo del proyecto. Dichos contenedores serán posteriormente manejados por una empresa especializada para su disposición final en un sitio que señale la autoridad competente. Por otro lado, es importante señalar que el Proyecto no pretende la descarga de aguas residuales. Asimismo, durante la ejecución del Proyecto se instruirá al personal involucrado, para que observe una conducta de ahorro y uso eficiente del agua en los procesos en los que ésta sea necesaria.
Artículo 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; III. Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes;	Para prevenir la contaminación del suelo los residuos sólidos urbanos que se generen durante las distintas etapas del Proyecto se depositarán en contenedores con tapa, y rotulados de acuerdo con el tipo de residuo que contengan; los cuales se ubicarán en forma visible y estratégica en los espacios de desarrollo del Proyecto. Dichos contenedores serán posteriormente manejados por una empresa especializada para su disposición final en un sitio que señale la autoridad competente. Se procurará que los residuos susceptibles para reutilizarse tales como: madera, papel, vidrio, metales y plásticos, se separen para poder ser enviados a empresas que los aprovechen o depositarse donde la autoridad municipal lo autorice. Respecto a los residuos peligrosos que se generen durante la ejecución del Proyecto, estos serán resguardados en un almacén temporal que tendrá las características descritas en el artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR, las cuales deberán ser suficientes para evitar la generación de lixiviados, infiltración al suelo, arrastre por agua de lluvia o viento, incendios, explosiones, acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Debido a que la generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.

ARTÍCULO - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Respecto a los residuos de manejo especial, quedará prohibida la disposición de este tipo de residuos sobre la vegetación o en lugares donde pudieran obstruir algún flujo hidrológico superficial. Los residuos de manejo especial que se generen y que no puedan ser reutilizados en el Proyecto, deberán ser debidamente transportados a un sitio de disposición autorizado. La totalidad de las medidas para prevenir y reducir la generación de residuos, así como para su control y manejo adecuado, se pueden consultar a detalle en el Capítulo VI de la presente MIA-R.
Artículo 146. La Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, de Economía, de Salud, de Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, conforme al Reglamento que para tal efecto se expida, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.	En función de las características y alcances del Proyecto, éste no implica ni conlleva actividades altamente riesgosas.
Artículo 150. Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.	Los residuos peligrosos que se generen por el Proyecto serán identificados y manejados de acuerdo con lo que establece la presente Ley, su Reglamento y las NOM que al respecto expide la Secretaría. El almacenamiento temporal de los residuos peligrosos que se generen se hará en un almacén temporal que tendrá las características descritas en el artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR, las cuales deberán ser suficientes para evitar la generación de lixiviados, infiltración al suelo, arrastre por agua de lluvia o viento, incendios, explosiones, acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Debido a que la generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes. efecto.
Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó. Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley.	Debido a que el proyecto generará residuos peligrosos, se deberá avisar a la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento respectivo. La generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.
Artículo 155.	Toda emisión de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica, así como contaminación visual, deberá ajustarse

ARTÍCULO - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes. En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.	a los límites máximos establecidos en las NOM que para cada efecto expida la Secretaría, llevando a cabo las acciones preventivas y correctivas que resulten necesarias para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente. Para reducir el impacto de la generación de ruido en las especies de hábitos nocturnos, las actividades que requieran el uso de maquinaria y equipo que generen ruido en niveles altos, sin rebasar los límites establecidos por la normatividad aplicables, se llevarán a cabo en horario diurno. Asimismo, la maquinaria, equipo y vehículos a utilizar contarán con un programa de mantenimiento, para evitar la generación de ruido y vibraciones.

III.5.3.1 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción, tiene por objeto reglamentar la LGEEPA, en materia de impacto ambiental a nivel federal.

En este sentido el presente reglamento contiene disposiciones vinculantes al Proyecto. El *Cuadro 14* muestra el análisis técnico, jurídico y/o administrativo del artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA.

Cuadro 14. Vinculación entre el proyecto y el reglamento de la LGEEPA.

ARTÍCULOS	ANÁLISIS TÉCNICO, JURÍDICO Y ADMINISTRATIVO
Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: Inciso K) Industria Eléctrica Construcción de plantas nucleoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eolóléctricas o termoeléctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales; Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución; Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, Inciso O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas. I.- Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, ...	El Proyecto consiste en la construcción de un parque fotovoltaico en el que se instalará una línea de transmisión. Por lo anterior el proyecto es jurídicamente vinculante con el precepto legal en comento, ya que cae dentro de los supuestos enmarcados en las fracciones I, II y III del inciso K del Artículo 5 antes citado, por lo que para su ejecución se deberá contar con la correspondiente autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. En este sentido y en cumplimiento a lo dispuesto por la LGEEPA y su Reglamento en materia de impacto ambiental, se elaboró la manifestación de impacto ambiental del Proyecto a fin de exponer los componentes del proyecto que permitan a la Secretaría otorgar la autorización correspondiente En este sentido y para dar cumplimiento a lo estipulado en el inciso O); el polígono de construcción del proyecto presenta áreas cubiertas por vegetación natural, las cuales serán removidas, sin embargo, dicha acción y el propósito de que así se efectúe no contraviene con las actividades mencionadas en el inciso O) del Artículo 5 del presente reglamento.

ARTÍCULOS	ANÁLISIS TÉCNICO, JURÍDICO Y ADMINISTRATIVO
Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del Proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.	En función de las características, ubicación y alcances del Proyecto, se presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad Regional.
Artículo 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: III. Un conjunto de Proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada	En función de las características, ubicación y alcances del Proyecto, y toda vez que las obras y actividades proyectadas consisten en la instalación de una central de generación eléctrica que se configura como un conjunto de Proyectos de obras y actividades que pretenden llevarse a cabo en una región ecológica determinada, el promovente atiende lo establecido en este artículo desde el momento en que se emite el actual documento de MIA-R.

III.5.3.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA

El presente Reglamento es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, reglamenta a la LGEEPA en lo referente a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera (*Cuadro 15*).

Cuadro 15. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 13. Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: II. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	En observancia de lo que señala este artículo, se deberán llevar a cabo las acciones necesarias para prevenir, reducir al mínimo y controlar las emisiones de contaminantes a la atmósfera que se generen por efecto de la ejecución del Proyecto. En este sentido, y toda vez que el desarrollo del Proyecto implica el uso de maquinaria y vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, se contempla realizar el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario, para que éstos operen en óptimas condiciones, maximizando su eficiencia y reduciendo al mínimo la generación de contaminantes. En el caso de los vehículos, que se utilicen durante el Proyecto, el mantenimiento mecánico preventivo y en su caso correctico, garantizará que estos cumplan con los límites establecidos en las NOM que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050-SEMARNAT-2018), dicho mantenimiento será responsabilidad del contratista. Por otro lado, es importante mencionar que, el Proyecto no pretende la instalación ni operación de alguna fuente fija de emisión de contaminantes de la atmósfera.
Artículo 28. Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles	Siempre que se emitan olores, gases, partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se deberá atender a los límites máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que la Secretaría expide a tal

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con las secretarías de Economía y de Energía, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.	efecto, en coordinación con las secretarías de Economía y Energía. En relación con las partículas sólidas, cabe señalar que se colocarán señalamientos a los costados de la brecha de mantenimiento que indiquen el límite máximo de velocidad permitida, el cual será de 30 km/h, de esta manera se evitará el levantamiento de partículas (polvos) debido al tránsito de los vehículos de obra. Asimismo, el material edáfico producto de las actividades de despalme deberá ser humedecido con agua tratada para evitar la propagación de partículas suspendidas durante su traslado, además los camiones serán cubiertos con lonas para el mismo fin.

III.5.4 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

En el *Cuadro 16* se muestran las disposiciones legales vinculantes al desarrollo del Proyecto.

Cuadro 16. Disposiciones reglamentarias de la LGPGIR vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULO - LGPGIR	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de estos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	Los residuos peligrosos que se generen durante las distintas fases del Proyecto se deberán identificar y clasificar de acuerdo con lo establecido por este artículo. En específico se observará lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005, para determinar la clasificación de los residuos como peligrosos.
Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	En observancia de lo que señala este Artículo, se prevé llevar a cabo la separación de los residuos sólidos urbanos en contenedores debidamente rotulados, los cuales serán manejados por una empresa especializada para su disposición final en un sitio autorizado.
Artículo 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	Se observará lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005, para determinar la clasificación de los residuos como peligrosos. La generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.
Artículo 40. Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.	

ARTÍCULO - LGPGIR	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	El manejo de los residuos que resulten clasificados como peligrosos se hará conforme a lo establecido en la presente Ley, su Reglamento y las NOM. La generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.	Con respecto a la generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.
Artículo 43. Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.	Se notificará a la Secretaría o a las autoridades estatales correspondientes la generación de residuos peligrosos puesto que el proyecto se encuentra dentro de la clasificación de micro generador.
Artículos 44. Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: I. Grandes generadores; II. Pequeños generadores, y III. Microgeneradores.	De acuerdo con las características del Proyecto, se podrán generar residuos considerados como peligrosos, en el rango de volumen que corresponde a un micro generador (entre 1 y 400 kg anuales). En este sentido, se deberá atender a las obligaciones que a esta clasificación corresponden.
Artículos 45. Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de	Para la identificación, clasificación y manejo de los residuos peligrosos que se generen durante la ejecución del Proyecto, se observará lo que establecen estos artículos. Asimismo, al término de la actividad generadora de residuos peligrosos, se deberá dejar libres de residuos peligrosos y contaminación aquellas instalaciones en donde se hubieren generado y almacenado temporalmente dichos residuos. El Proyecto contemplará contar con un responsable para el manejo de los residuos generados, quien será el encargado de capacitar a todo el personal que labore durante el desarrollo del Proyecto sobre el tema de manejo adecuado de los residuos peligrosos y no peligrosos que se generen. El

ARTÍCULO - LGPGIR	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.	responsable del manejo de residuos llevará una bitácora de registro con información del tipo de residuos generados, volumen, procedencia, fecha de ingreso a almacén y salida a su disposición final.
Artículo 48. Las personas consideradas como micro generadores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. El control de los micro generadores de residuos peligrosos corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.	En función de que la generación de residuos peligrosos durante el Proyecto se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes.
Artículo 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	En todo momento, el manejo de los residuos peligrosos generados deberá evitar su mezcla.
Artículo 55. La Secretaría determinará en el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas, la forma de manejo que se dará a los envases o embalajes que contuvieron residuos peligrosos y que no sean reutilizados con el mismo fin ni para el mismo tipo de residuo, por estar considerados como residuos peligrosos. Asimismo, los envases y embalajes que contuvieron materiales peligrosos y que no sean utilizados con el mismo fin y para el mismo material, serán considerados como residuos peligrosos, con excepción de los que hayan sido sujetos a tratamiento para su reutilización, reciclaje o disposición final. En ningún caso, se podrán emplear los envases y embalajes que contuvieron materiales o residuos peligrosos, para almacenar agua, alimentos o productos de consumo humano o animal.	Los embalajes y envases que se utilicen para el almacenamiento y transporte de residuos peligrosos no deberán ser utilizados para un fin diferente al mismo, dichos envases y embalajes deberán ser manejados y dispuestos como residuos peligrosos cuando ya no se utilicen.
Artículo 56. La Secretaría expedirá las normas oficiales mexicanas para el almacenamiento de residuos peligrosos, las cuales tendrán como objetivo la prevención de la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de dichos residuos, incendios, explosiones y acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses a partir de su generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por	Los residuos peligrosos que se generen durante la ejecución del Proyecto serán resguardados en un almacén temporal que tendrá las características descritas en el artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR, las cuales deberán ser suficientes para evitar la generación de lixiviados, infiltración al suelo, arrastre por agua de lluvia o viento, incendios, explosiones, acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Debido a que la generación de residuos peligrosos se estima será por debajo de los 400 kg anuales, y considerando lo que establece el artículo 42, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el Proyecto se categoriza como micro generador. Por consiguiente, de acuerdo con el artículo 85, último párrafo del

ARTÍCULO - LGPGIR	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento. Procederá la prórroga para el almacenamiento cuando se someta una solicitud al respecto a la Secretaría cumpliendo los requisitos que establezca el Reglamento.	referido reglamento, el promovente podrá transportar los residuos peligrosos que genera, debidamente embalados, al centro de acopio autorizado. Asimismo, se deberá dar el aviso respectivamente ante las autoridades competentes. Asimismo, no deberá excederse el tiempo máximo de 6 meses que los residuos pueden permanecer en el almacén temporal, contados a partir de su generación.
Artículo 95. La regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.	En relación con los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se atenderá a lo que dispone este artículo respecto a la atención de las disposiciones que al efecto dicten las autoridades tanto estatales como municipales. Resulta relevante mencionar que se contempla contar con un responsable para el manejo de los residuos generados, quien será el encargado de capacitar a todo el personal que labore durante el desarrollo del Proyecto sobre el tema de manejo adecuado de los residuos peligrosos y no peligrosos que se generen. El responsable del manejo de residuos llevará una bitácora de registro con información del tipo de residuos generados, volumen, procedencia, fecha de ingreso a almacén y salida a su disposición final.

III.5.4.1 REGLAMENTO DE LA LEY PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

Este documento es reglamentario de la LGPGIR, siendo de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la SEMARNAT (*Cuadro 17*).

Cuadro 17. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 35. Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo con lo siguiente: I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley; II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante: a) Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no especifica; por ser productos usados, caducos, fuera de especificación o retirados del comercio y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo. La Secretaría considerará la toxicidad crónica, aguda y ambiental que les confieran peligrosidad a dichos residuos, y b) Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, y III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados. Los residuos peligrosos listados por alguna condición de corrosividad, reactividad, explosividad e inflamabilidad señalados en la fracción II inciso a) de este artículo, se considerarán peligrosos, sólo si exhiben las mencionadas características en el punto de generación, sin perjuicio de lo previsto en otras disposiciones jurídicas que resulten aplicables.	Los residuos peligrosos se identificarán y clasificarán en función de lo que determine el presente artículo.

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 42. Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son: I. Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida; II. Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida, y III. Micro generador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida. Los generadores que cuenten con plantas, instalaciones, establecimientos o filiales dentro del territorio nacional y en las que se realice la actividad generadora de residuos peligrosos, podrán considerar los residuos peligrosos que generen todas ellas para determinar la categoría de generación.	Toda vez que el volumen previsto de generación de residuos peligrosos es menor a los 400 kg anuales, el Proyecto se categoriza como micro generador, en función de lo que establece este artículo.
Artículo 68. Los generadores que por algún motivo dejen de generar residuos peligrosos deberán presentar ante la Secretaría un aviso por escrito que contenga el nombre, denominación o razón social, número de registro o autorización, según sea el caso, y la explicación correspondiente. Cuando se trate del cierre de la instalación, los generadores presentarán el aviso señalado en el párrafo anterior, proporcionando además la siguiente información: I. Los micro generadores de residuos peligrosos indicarán solamente la fecha prevista para el cierre de sus instalaciones o suspensión de la actividad generadora de sus residuos o en su caso notificarán que han cerrado sus instalaciones. Los generadores de residuos peligrosos manifestarán en el aviso, bajo protesta de decir verdad, que la información proporcionada es correcta. Lo dispuesto en el presente artículo es aplicable para los prestadores de servicios de manejo de residuos peligrosos, con excepción de los que prestan el servicio de disposición final de este tipo de residuos.	Cuando se dejen de generar residuos peligrosos se deberá presentar ante la Secretaría el aviso correspondiente.
Artículo 83. El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de micro generadores se realizará de acuerdo con lo siguiente: I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; II. En lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y III. Se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la micro generación de residuos peligrosos.	Los residuos peligrosos que se generen serán almacenados temporalmente, se apegarán a los tiempos máximos y condiciones de almacenamiento que establece este artículo.
Artículo 84. Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses.	El almacenamiento de residuos peligrosos de forma temporal no excederá el periodo de 6 meses.
Artículo 85. Los micro generadores que decidan transportar en sus propios vehículos los residuos peligrosos que generen a un centro de acopio autorizado, deberán identificar claramente los residuos peligrosos, envasándolos o empaquetándolos en recipientes seguros que eviten cualquier tipo de derrame. El embarque de residuos peligrosos no deberá rebasar, por viaje y por generador, los 200 kilogramos de peso neto o su equivalente en otra unidad de medida.	Como micro generador de residuos peligrosos se podrán transportan los residuos peligrosos en vehículos propios hacia un centro de acopio autorizado, debidamente envasados y etiquetados en recipientes seguros, sin exceder los 200 kilogramos por viaje.
Artículo 87. Los envases que hayan estado en contacto con materiales o residuos peligrosos podrán ser reutilizados para contener el mismo tipo de materiales o residuos peligrosos u otros compatibles con los envasados originalmente, siempre y cuando	Los envases utilizados para el manejo y transporte de los residuos peligrosos generados se reutilizarán siempre y cuando mantengan las características

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
dichos envases no permitan la liberación de los materiales o residuos peligrosos contenidos en ellos.	indispensables para evitar la liberación de los materiales y/o residuos peligrosos que debieran contener. Una vez terminada su vida útil, dichos envases deberán ser manejados y dispuestos como residuos peligrosos.

III.5.5 LEY DE AGUAS NACIONALES

Esta ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales. Sus disposiciones son de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, así como de carácter de público e interés social. El objeto de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) es regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su control y distribución, así como la preservación de su calidad y cantidad para lograr su desarrollo integral sustentable (*Cuadro 18*).

Cuadro 18. Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

ARTÍCULO – LEY DE AGUAS NACIONALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como que los desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	En observancia de lo que establece este artículo, como medidas para prevenir la contaminación de algún escurrimiento superficial, o cuerpo de agua en la zona, se contemplan distintas acciones, entre las que se encuentra la colocación de contenedores con tapa en diversos lugares a lo largo del área del Proyecto, los cuales se ubicarán en forma visible y estratégica en las áreas de generación. Asimismo, se prevé llevar a cabo la capacitación del personal a pie de obra para que deposite en dichos contenedores los residuos sólidos urbanos que genere, y de esta manera se evite que por efecto de disolución o arrastre dichos residuos pudieran contaminar cualquier escurrimiento o cauce hidrológico en la zona. Es importante mencionar que, en función de las características, ubicación y alcances del Proyecto, no se prevén impactos en el medio marino. Asimismo, es importante señalar, que el Proyecto no pretende la descarga de aguas residuales. Aunado a lo anterior, durante la ejecución del Proyecto se instruirá al personal involucrado, para que observe una conducta de ahorro y uso eficiente del agua en los procesos en los que ésta sea necesaria.

III.5.6 LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con lo que establece en su artículo 1°, la presente Ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción. El objeto de esta Ley es establecer las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Asimismo, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico (*Cuadro 19*).

Cuadro 19. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Cambio Climático.

ARTÍCULO - LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause; XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad, y XII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales.	En observancia a lo que establece este artículo, y como medidas para prevenir y reducir al mínimo la emisión de contaminantes que provocan el cambio climático, así como los impactos adversos sobre el ambiente, se deberán llevar a cabo en tiempo y forma las medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos al ambiente que se describen en el Capítulo VI de esta MIA-R, entre las que se encuentra la capacitación del personal involucrado en el Proyecto sobre el tema de cambio climático, con el objetivo de concientizar al personal acerca de la importancia de prevenir y reducir al mínimo la generación de gases de efecto invernadero, así como de reducir la generación de residuos y realizar un manejo responsable de los mismos. Debido a que el desarrollo del Proyecto implica el uso de vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, se deberá realizar el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario, para que dichos cumplan con los límites establecidos en las NOM que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050-SEMARNAT-2018).

III.5.7 LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Esta Ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional, sus disposiciones son de orden e interés público, así como de observancia general en todo el territorio nacional. El objeto de la LGDFS es regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (LGDFS, 2018).

Cuadro 20. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

ARTÍCULO-LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 3. Son objetivos específicos de esta Ley: VII. Recuperar y desarrollar bosques en terrenos forestales degradados y terrenos preferentemente forestales, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, además de dinamizar el desarrollo rural;	En relación con lo que dispone este artículo, se tiene contemplada la ejecución de un programa de rescate y reubicación de flora.
Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por: VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales; LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales; LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.	Toda vez que, para la ejecución del Proyecto se requiera la remoción de vegetación en terrenos forestales, se deberá presentar en tiempo y forma el correspondiente Estudio Técnico Justificativo ante la autoridad competente para su evaluación.

ARTÍCULO-LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate. La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento. Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.	Toda vez que el proyecto requiere la remoción de vegetación forestal se deberá presentar en tiempo y forma el correspondiente ETJ para su evaluación por parte de la autoridad competente.

III.5.7.1 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Este documento, tiene por objeto, reglamentar la LGDFS, en el ámbito de competencia federal, en relación con los instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y los recursos de este, así como su conservación, protección y restauración (Reglamento de la LGDFS, 2020) (*Cuadro 21*).

Cuadro 21. Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante;	Toda vez que el proyecto requiere la remoción de vegetación forestal se deberá presentar en tiempo y forma el correspondiente ETJ para su evaluación por parte de la autoridad competente.

ARTÍCULO - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo; III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.	

III.5.8 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Esta Ley es de orden público e interés social, su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en relación con la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. A continuación, se presenta la vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (*Cuadro 22*).

Cuadro 22. Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre.

ARTÍCULO - LGVS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 4. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.	En observancia de lo que establece este artículo, se prevé la capacitación del personal involucrado en la construcción del Proyecto para que conozca la importancia y la responsabilidad de observar en todo momento una actitud de respeto y protección de la vida silvestre, evitando los actos que pudieran dañarla, perturbarla o destruirla, enfatizando que queda prohibida la caza, captura, comercialización y aprovechamiento de fauna silvestre existente en el Predio del Proyecto. Asimismo, se informará al personal acerca de las infracciones y sanciones a las que se hacen acreedores quienes realicen actos que causen la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat, en contravención de lo establecido en esta LGVS.
Artículo 5. El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.	Tomando en cuenta por un lado las condiciones actuales del ecosistema en el que incide el Proyecto, y por otro lado la ubicación, características y alcances de este, se considera que siempre que se ejecuten en tiempo y forma la totalidad de las acciones y medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos adversos al ambiente, que se encuentran descritas a detalle en el Capítulo VI de la presente MIA-R, la ejecución del Proyecto no representaría una amenaza para el equilibrio funcional del ecosistema en que se inserta, ni para la diversidad biológica que el mismo alberga; y por lo tanto no contraviene la política de conservación y protección de la vida silvestre y su hábitat. Cabe destacar que el Proyecto contempla la ejecución de distintas acciones y medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos adversos que se prevé sean generados por su ejecución, entre las que se encuentran acciones de rescate y reubicación de ejemplares de flora, acciones de rescate y reubicación de herpetofauna y roedores, búsqueda y reubicación de nidos de aves y acciones de ahuyentamiento de mamíferos.

ARTÍCULO - LGVS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 122. Son infracciones a lo establecido en esta Ley: I. Realizar cualquier acto que cause la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat, en contravención de lo establecido en la presente Ley. XXIII. Realizar actos que contravengan las disposiciones de trato digno y respetuoso a la fauna silvestre, establecidas en la presente Ley y en las disposiciones que de ella se deriven.	Se instruirá al todo el personal a pie de obra, para que conozca la responsabilidad y obligación de evitar en todo momento realizar actos u omisiones que resultasen en alguna de las infracciones establecidas por este artículo.

III.5.9 LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Publicada en el DOF el 24 de diciembre de 2015, tiene por objeto reglar el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

La vinculación con el presente Proyecto deriva de la producción y abasto de energía a través de tecnologías limpias, siendo este el caso de la fotovoltaica (*Cuadro 23*).

Cuadro 23. Vinculación del Proyecto con la Ley de Transición Energética.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 2.- El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para el combate al cambio climático.	En este sentido se considera que el Proyecto es congruente con los objetivos establecidos en la Ley, dado lo siguiente: • Favorece la seguridad energética del país, al diversificar las fuentes de energía para la generación eléctrica; • Se fomenta el desarrollo social de las comunidades donde se utilizan o se llevan a cabo los proyectos, impulsando el desarrollo regional, industrial y tecnológico, así como la creación de empleos. • Disminución de impactos ambientales causados por el uso de combustibles de origen fósil. • Contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y tecnologías limpias; • Favorece la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en la generación de electricidad, mediante el uso de energías renovables, combatiendo el cambio climático.

III.5.10 LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

La presente Ley es reglamentaria de los artículos 25, párrafo cuarto, 27 párrafo sexto y 28 párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Las disposiciones de esta Ley son de interés social y orden público. Esta Ley tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

La industria eléctrica comprende las actividades de **generación**, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.

La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas. En estas materias el Estado mantendrá su titularidad, sin perjuicio de que pueda celebrar contratos con particulares en los términos de la presente Ley. El suministro básico es una actividad prioritaria para el desarrollo nacional.

En el *Cuadro 24* se muestra un resumen de las disposiciones legales contenidas en la Ley de la industria eléctrica y su vinculación con el Proyecto.

Cuadro 24. Disposiciones reglamentarias de la Ley de la Industria Eléctrica y su vinculación con el Proyecto.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
Artículo 6.- El Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la Secretaría y la CRE, en el ámbito de sus respectivas competencias, teniendo como objetivos los siguientes: II. Promover que las actividades de la industria eléctrica se realicen bajo criterios de sustentabilidad; III. Impulsar la inversión y la competencia, donde ésta sea factible, en la industria eléctrica; V. Fomentar la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, así como la seguridad energética nacional;	El Proyecto, no contraviene a las disposiciones contenidas en la presente Ley ya que, al tratarse de un desarrollo de generación de energía mediante el uso de fuentes renovables, se promueve el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y se garantiza su operación continua al emplear el recurso radiación solar en la generación de energías más limpia y baja en contaminantes. Por otro lado, con su ejecución se contribuye al desarrollo de una de las áreas estratégicas para el desarrollo del país, al permitir la participación de los particulares en términos de ley para la generación de energía eléctrica. Asimismo, se impulsa a la inversión privada y contribuye a la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica.
Artículo 73.- La contraprestación, los términos y las condiciones para el uso, goce o afectación de los terrenos, bienes o derechos necesarios para realizar las actividades a que se refiere el artículo 71 de esta Ley, serán negociados y acordados entre los propietarios o titulares de dichos terrenos, bienes o derechos, incluyendo derechos reales, ejidales o comunales, y los interesados en realizar dichas actividades. Tratándose de propiedad privada, además podrá convenirse la adquisición.	
Artículo 74.- La negociación y acuerdo a que se refiere el artículo anterior deberá realizarse de manera transparente y sujetarse a las siguientes bases y a lo señalado en las disposiciones que emanen de esta Ley:	

ARTÍCULO	VINCULACIÓN
V. La forma o modalidad de uso, goce, afectación o, en su caso, adquisición que se pacte deberá ser idónea para el desarrollo del proyecto en cuestión, según sus características. Al efecto, podrán emplearse las figuras de arrendamiento, servidumbre voluntaria, ocupación superficial, ocupación temporal, compraventa, permuta y cualquier otra que no contravenga la ley;	
Artículo 120.- Los interesados en obtener permisos o autorizaciones para desarrollar proyectos en la industria eléctrica deberán presentar a la Secretaría una evaluación de impacto social que deberá contener la identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales que podrían derivarse de sus actividades, así como las medidas de mitigación correspondientes. La Secretaría emitirá el resolutivo y recomendaciones que correspondan, en los términos que señalen los reglamentos de esta Ley.	Para dar cumplimiento a lo ordenado en el presente artículo, antes de iniciar actividades para el proyecto, el Promovente presentará ante la autoridad competente la evaluación de impacto social referida.

III.5.11 LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FUNCIONAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SU REGLAMENTO

Esta Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la presentación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

En su artículo 2°, señala que el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. En el *Cuadro 25* se muestra un resumen de las disposiciones legales contenidas en la presente Ley vinculantes con el Proyecto.

Cuadro 25. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 1 Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional e instrumentos para el financiamiento de la transición energética.	Si bien dichos lineamientos son de atribución del Estado, el Proyecto coadyuvará a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía, toda vez que el Proyecto considera la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables. El Proyecto, es acorde con las disposiciones contenidas en la presente Ley, al tratarse un
Artículo 2 El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.	
Artículo 3	

ARTÍCULO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Señala como fuentes de energías renovables, aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneren naturalmente, y que se encuentren disponibles de forma continua o periódica entre las cuales contempla: a) El viento.	proyecto infraestructura eléctrica que tiene como objeto generar energía eléctrica, mediante el uso de tecnologías limpias y mediante el aprovechamiento de fuentes renovables de energía cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza como es el caso de la radiación solar. Asimismo, de esta manera se promueve el desarrollo social en la comunidad, atendiendo en todo momento a la normatividad aplicable en materia de desarrollo rural sustentable, protección del medio ambiente y derechos agrarios. La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE), establece como meta, una reducción significativa en la generación a partir de combustibles fósiles; pasando de 65% en 2024, a 60% en 2035, hasta llegar a 50% en 2050. Lo cual sugiere una importante participación de las energías renovables en nuestro país.
Artículo 21 Estipula que los proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables con capacidad mayor a 2.5 MW, deberán: I. Asegurar la participación de las comunidades locales y regionales y, pagar el arrendamiento a los propietarios de los predios ocupados por el proyecto de energía renovable. II. Según se convenga en el contrato respectivo, pagar el arrendamiento a los propietarios de los predios o terrenos ocupados por el proyecto de energía renovable; la periodicidad de los pagos podrá ser convenida con los interesados, pero en ningún caso será inferior a dos veces por año; III. Promover el desarrollo social en la comunidad, en la que se ejecuten los proyectos de generación con energías renovables, conforme a las mejores prácticas internacionales y atender a la normatividad aplicable en materia de desarrollo rural sustentable, protección del medio ambiente y derechos agrarios.	

III.5.12 LEYES Y REGLAMENTOS ESTATALES

III.5.12.1 LEY ESTATAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (VERACRUZ)

Esta Ley tiene por objeto la conservación, la preservación y la restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente y la procuración del desarrollo sustentable, de conformidad con las facultades que se derivan de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y disposiciones que de ella emanen. Este documento fue publicado en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz-Llave el 30 de junio de 2000. En el *Cuadro 26* se vinculan con el Proyecto aquellos artículos aplicables al mismo.

Cuadro 26. Vinculación del Proyecto con la Ley Estatal de Protección Ambiental.

ARTÍCULO – LEY ESTATAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 15. En la formulación del ordenamiento ecológico del territorio, se considerarán: V. El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, obras o actividades.	En atención a lo que establecen estos artículos, se presenta esta MIA-R ante la SEMARNAT para su evaluación, destacando que en este Capítulo III se asocia a los ordenamientos ecológicos correspondientes. Por su parte la promovente del Proyecto se compromete a esperar las autorizaciones de construcción emitidas por las autoridades correspondientes.
Artículo 39. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece y la Procuraduría controla las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades públicas y privadas, que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y conservar, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría y se someterán al control de la Procuraduría.	

ARTÍCULO – LEY ESTATAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
XX.- Cualquiera que por su naturaleza o ejecución puedan causar impacto adverso y que, por razón de la misma, no estén sometidas a la regulación de leyes federales.	
Artículo 47. La Secretaría requerirá que las manifestaciones de impacto ambiental, presentadas para su evaluación, sean elaboradas por equipos, conformados por profesionales debidamente acreditados, de por lo menos tres disciplinas.	
Artículo 53. Los productores, empresas u organizaciones empresariales podrán desarrollar procesos de autorregulación ambiental, a través de los cuales mejoren su desempeño ambiental, respetando la legislación y normatividad vigentes en la materia, comprometiéndose a superar o cumplir mayores niveles, metas o beneficios en materia de protección ambiental.	En observancia de lo que establece este artículo, y para reducir al mínimo las afectaciones a los ecosistemas, así como a las especies que habitan en la zona, se contempla la ejecución de distintas acciones y medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos negativos que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto, entre las que se encuentran acciones para prevenir y reducir al mínimo los impactos negativos sobre el ambiente y la biodiversidad que se prevé sean generados por el Proyecto se pueden consultar a detalle en el capítulo VI y anexos de esta MIA-R.
Artículo 122. Deberá regularse la emisión de contaminantes a la atmósfera que ocasione o pueda ocasionar desequilibrios a los ecosistemas o daños al ambiente. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera tales como: olores, gases o partículas sólidas y líquidas que puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Federación.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica, así como la regulación de estos dentro de los límites máximos permisibles.

III.5.12.2 LEY DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE

Esta Ley tiene por objeto regular la prevención de la generación y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no sean considerados como peligrosos por la legislación federal de la materia. Esta Ley fue publicada en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave el 28 de junio de 2004. En el *Cuadro 27* se vinculan con el Proyecto aquellos artículos aplicables al mismo.

Cuadro 27. Vinculación del Proyecto con la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

ARTÍCULO - LEY DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ARTÍCULO 26. El transporte de residuos sólidos urbanos, de manejo especial o peligrosos, a través del territorio del Estado, se realizará con previa autorización de las autoridades estatales y municipales correspondientes.	Se garantizará que cualquier residuo generado durante la construcción, operación o mantenimiento del Proyecto, que esté clasificado como sólido urbano, de manejo especial o peligroso, será gestionado adecuadamente. La Promovente solicitará y obtendrá las autorizaciones pertinentes de las autoridades correspondientes antes de realizar el transporte de dichos residuos, asegurándose de cumplir con las normativas ambientales y de seguridad del estado y municipio en cuestión.

ARTÍCULO - LEY DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ARTÍCULO 29. En relación con la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se prohíbe: I. Verter residuos en las vías o lugares públicos, lotes baldíos, barrancas, cañadas, redes de drenaje, cableado eléctrico o telefónico, instalaciones de gas, cuerpos de agua, cavidades subterráneas, áreas naturales protegidas o áreas privadas de conservación, así como en todo lugar no autorizado para tales fines; II. Incinerar residuos a cielo abierto, utilizarlos en calderas u otros equipos de combustión o dar tratamiento a residuos de manejo especial sin la autorización correspondiente; III. Tratar o disponer finalmente de residuos en áreas de seguridad aeroportuaria u otras áreas no destinadas para dichos fines; IV. Instalar tiraderos a cielo abierto.	El Proyecto asegurará que los residuos generados durante la construcción y operación, tanto sólidos urbanos como de manejo especial, no sean vertidos en lugares no autorizados, como vías públicas, cuerpos de agua o áreas naturales protegidas. Asimismo, no se hará ningún tipo de incineración. Además, se garantizará que los residuos no sean dispuestos en áreas no designadas para ello, como zonas de seguridad aeroportuaria o en tiraderos a cielo abierto, cumpliendo con las normativas locales y estatales sobre la disposición y manejo adecuado de residuos.
ARTÍCULO 70. Las personas físicas o morales que realicen actividades de generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial deberán otorgar a las autoridades correspondientes la información relativa a dichos residuos y sus actividades, a efecto de coadyuvar a la integración y difusión de la información en materia de residuos.	El Proyecto gestionará que toda la información relevante acerca de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial sea proporcionada a las autoridades correspondientes. Esto incluye detallar la cantidad, tipo, manejo y disposición final de los residuos generados durante las diferentes fases del proyecto, de manera que se colabore con la integración y difusión de información en materia de residuos. Además, se asegurará que los procedimientos de manejo de residuos estén documentados y se entreguen a las autoridades de forma periódica, conforme a las regulaciones estatales y municipales.
ARTÍCULO 71. Toda persona física o moral podrá denunciar ante la Secretaría o ante los Ayuntamientos, en el ámbito de las respectivas competencias, las conductas, hechos u omisiones, en materia de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que produzcan o puedan producir desequilibrios ecológicos o daños al ambiente o a la salud, o que contravengan las disposiciones de la presente Ley y de los demás ordenamientos que regulen la prevención, generación y manejo integral de estos residuos.	El Proyecto operará dentro de las normativas que regulan la prevención, generación y manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esto implica la implementación de prácticas adecuadas en la gestión de residuos, de manera que no se produzcan desequilibrios ecológicos ni se infrinjan las disposiciones legales. Además, se establecerá un sistema de monitoreo y control transparente, de modo que cualquier omisión o conducta inapropiada pueda ser detectada y corregida, evitando que se dé lugar a denuncias por parte de la ciudadanía o autoridades.

III.5.12.3 LEY ESTATAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (VERACRUZ)

Esta Ley tiene por objeto establecer la concurrencia del Estado y de los Municipios en la formulación e instrumentación de las políticas públicas para la adaptación al cambio climático, la mitigación de sus efectos adversos, para proteger a la población y coadyuvar al desarrollo sustentable. Este documento fue publicado en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave el 03 de noviembre de 2010. En el *Cuadro 28* se vinculan con el Proyecto aquellos artículos aplicables al mismo.

Cuadro 28. Vinculación del Proyecto con la Ley de Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático.

ARTÍCULO – LEY DE ESTATAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Artículo 29. Para la mitigación de los efectos nocivos del cambio climático, la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera por gases de efecto invernadero y de otras partículas con las mismas consecuencias, se observarán los lineamientos siguientes: IV. Se promoverán prácticas de eficiencia energética, la sustitución del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables de energía y la transferencia e innovación de tecnologías limpias.	El Proyecto cumple con lo estipulado en este artículo, puesto que el proyecto contemplará la reducción de emisiones contaminantes. Aunado a esto, se generará energía eléctrica mediante el uso de la radiación solar, reduciendo la emisión de contaminantes como los GEI, y comprometiéndose la promovente a hacer de su Proyecto uno ambientalmente responsable.

III.5.13 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA EN MATERIA AMBIENTAL

III.5.13.1 ACUERDO DE COOPERACIÓN AMBIENTAL DE AMÉRICA DEL NORTE

Los gobiernos de los tres países firmantes de este acuerdo: Canadá, Estados Unidos y México, se declararon convencidos de "la importancia de conservar, proteger y mejorar el medio ambiente en sus territorios", y de que "la cooperación en estos terrenos es un elemento esencial para alcanzar el desarrollo sustentable, en beneficio de las generaciones presentes y futuras" (Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte, 1993).

En función de las características y alcances del Proyecto, éste presenta vinculación con los siguientes incisos de los artículos 1 y 2 del Acuerdo arriba citado.

Artículo 1. Objetivos:

a) Alentar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en territorio de las Partes, para el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

b) Mejorar la observancia y la aplicación de las leyes y reglamentos ambientales.

c) Promover políticas y prácticas para prevenir la contaminación.

Artículo 2. Compromisos Generales:

1. Con relación a su territorio, cada una de las Partes:

a) Evaluará los impactos ambientales, cuando proceda.

Vinculación con el Proyecto: En observancia de lo estipulado en los artículos arriba citados del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte, y en observancia de lo que dispone la legislación ambiental mexicana, se presenta en tiempo y forma esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, (MIA-R) SIN actividad altamente riesgosa, para su correspondiente evaluación por parte de la autoridad competente. Como parte de la MIA-R se proponen medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos adversos al ambiente que se prevé sean

generados por el Proyecto que se somete a evaluación. En caso de que el Proyecto sea autorizado en materia de impacto ambiental, se deberán llevar a cabo en tiempo y forma la totalidad de las medidas de mitigación y compensación de los impactos ambientales propuestas en el Capítulo VI de la presente MIA-R, para cumplir con el compromiso de protección al ambiente adquirido por México mediante el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte.

III.5.13.2 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030

De acuerdo con lo dispuesto por el artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es obligación del Estado organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y democratización política, social y cultural de la nación. En este sentido, el artículo 21 de la Ley de Planeación, señala que el Plan Nacional de Desarrollo (PND), entre otras cosas: "*precisará los objetivos nacionales, la estrategia y las prioridades del desarrollo integral, equitativo, incluyente, sustentable y sostenible del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social, ambiental y cultural, y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática*" (Ley de Planeación, 1983).

Por su parte, el artículo 21 Bis de la citada Ley, menciona que el PND *"considerará una visión de largo plazo de la política nacional de fomento económico, a fin de impulsar como elementos permanentes del desarrollo nacional y el crecimiento económico elevado, sostenido y sustentable, la promoción permanente del incremento continuo de la productividad y la competitividad, y la implementación de una política nacional de fomento económico, que incluya vertientes sectoriales y regionales"* (Ley de Planeación, 1983).

El Plan Nacional de Desarrollo vigente se estructura sobre **4 Ejes Generales**: **1.** Gobernanza con Justicia y Participación Ciudadana, **2.** Desarrollo con Bienestar y Humanismo, **3.** Economía moral y trabajo y **4.** Desarrollo Sustentable. Asimismo, el PND plantea una República para cada eje general, a su vez, cada eje general se conforma por un número de compromisos de gobierno que corresponden a los resultados esperados, factibles y medibles que se esperan al implementar las políticas públicas propuestas. Estos compromisos atienden a los principales problemas públicos identificados en cada eje general. De igual forma, se plantean las estrategias de cada compromiso, que corresponden a los medios que son el instrumento que articula de manera lógica y consistente cada conjunto de líneas de acción que serán implementadas por las diferentes dependencias de la Administración Pública Federal (APF) en sus programas derivados. Adicionalmente, el PND contiene los siguientes **3 Ejes Transversales**: **1.** Igualdad Sustantiva y Derechos de las Mujeres, **2.** Innovación Pública para el

Desarrollo Tecnológico Nacional, y **3.** Derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas, (PND 2025-2030).

Los cuatro ejes generales integran las 14 Repúblicas que contienen los 100 compromisos del Gobierno, estas Repúblicas son:

Cuadro 29. Repúblicas consideradas para el PND 2025-2030 de acuerdo con los 100 compromisos de gobierno.

EJE 1. GOBERNANZA CON JUSTICIA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	EJE 2. DESARROLLO CON BIENESTAR Y HUMANISMO	EJE 3. ECONOMÍA MORAL Y TRABAJO	EJE4. DESARROLLO SUSTENTABLE
• República democrática, honesta, libre, participativa y responsable. • República segura y con justicia.	• República fraterna. • República educadora, humanista y científica. • República cultural y lectora. • República sana. • República con acceso a la vivienda. • República de y para las mujeres.	• República con trabajo y salario justo. • República rural justa y soberana. • República próspera y conectada.	• República soberana y con energía sustentable. • República con derecho al agua. • República que protege el medio ambiente y sus recursos naturales.

Vinculación con el Proyecto: Si bien este Plan Nacional de Desarrollo se encuentra en su proceso de consulta pública, los ejes generales y transversales, así como los temas sectoriales (Repúblicas), ya han sido establecidos, vinculándose de esta forma el Proyecto con el Eje 4 correspondiente a Desarrollo Sustentable, de manera particular con la República soberana y con energía sustentable, en la cual se tiene por compromiso impulsar las energías renovables, siendo así que el Proyecto, por su naturaleza, se alinea de manera positiva con el PND 2025-2030, además de impulsar la solución de los problemas prioritarios de la Nación asociados al Desarrollo Sustentable, particularmente aquellos asociados a la producción energética.

III.5.13.3 PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2020-2024

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT) se inspira y tiene como base el principio de impulso al desarrollo sostenible establecido en el PND, considerado como uno de los factores más importantes para lograr el bienestar de la población. Los objetivos prioritarios del PROMARNAT 2020-2024 son:

1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.

2. Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.

3. Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

4. Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.

5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

A continuación (*Cuadro 30*), se presentan los objetivos, estrategias y acciones del PROMARNAT 2020-2024 que se encontraron vinculantes con el Proyecto.

Cuadro 30. Objetivos, Estrategias y Acciones puntuales del PROMARNAT 2020-2024 que se vinculan con el Proyecto.

OBJETIVO PRIORITARIO	ESTRATEGIA PRIORITARIA	ACCIÓN PUNTUAL
1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.	1.1. Fomentar la conservación, protección y monitoreo de ecosistemas, agroecosistemas y su biodiversidad para garantizar la provisión y calidad de sus servicios ambientales, considerando instrumentos normativos, usos, costumbres, tradiciones y cosmovisiones de pueblos indígenas, afromexicanos y comunidades locales.	1.1.4. Regular las actividades productivas y fortalecer la coordinación del manejo del fuego, de la detección y control de plagas y especies exóticas invasoras, a fin de mantener la integridad de los ecosistemas y los servicios ambientales.
5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.	5.4. Fortalecer la cultura y educación ambiental, que considere un enfoque de derechos humanos, de igualdad de género e interculturalidad, para la formación de una ciudadanía crítica que participe de forma corresponsable en la transformación hacia la sustentabilidad.	5.4.3. Contribuir a la formación de una ciudadanía ambiental crítica, informada y propositiva que participe en el ciclo de la política pública que incide en la sustentabilidad y en la reducción de desigualdades a través de la promoción de la cultura y educación ambiental con un enfoque de derechos.

Vinculación con el Proyecto: En relación con la acción puntual **1.1.4** es importante mencionar que el Proyecto no pretende la introducción de alguna especie exótica y que el uso del fuego quedará prohibido en las actividades de despalme, desmonte y mantenimiento de la brecha de maniobra y patrullaje. Asimismo, quedará estrictamente prohibida la quema de cualquier tipo de material sin importar su naturaleza (orgánica o inorgánica), así como hacer fogatas dentro del Predio del Proyecto. Por otro lado, para reducir al mínimo las afectaciones a los ecosistemas, así como a las especies que habitan en la zona, se contempla la ejecución de distintas acciones y medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos adversos que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto, entre las que se encuentra la ejecución de acciones de rescate y reubicación de flora silvestre, rescate y reubicación de fauna.

En relación con la acción puntual **5.4.3**, se prevé capacitar al personal involucrado en la construcción del Proyecto para que conozca la importancia y responsabilidad de observar en todo momento una actitud de respeto y protección de la vida silvestre, evitando los actos que pudieran dañarla, perturbarla o destruirla, enfatizando que queda prohibida la caza, captura, comercialización, aprovechamiento o perturbación de fauna silvestre existente en el Predio del Proyecto. Asimismo, se informará al personal acerca de las infracciones y sanciones a las que se hacen acreedores quienes realicen actos que causen la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat, en contravención de lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre.

Aunado a lo anterior, se prevé la capacitación del personal involucrado en el Proyecto sobre el tema de Cambio Climático, con el objetivo de concientizar al personal acerca de la importancia de prevenir y reducir al mínimo la generación de gases de efecto invernadero, así como de reducir la generación de residuos y realizar un manejo responsable de los mismos.

En función tanto de las características, ubicación y alcances del Proyecto, así como del estado actual que guarda el ecosistema presente en su pretendida ubicación, se considera que su ejecución no representa una amenaza para la conservación de la diversidad biológica, y tampoco para el equilibrio funcional de los ecosistemas y la generación de servicios ambientales. Lo anterior resulta cierto siempre que se ejecuten en tiempo y forma la totalidad de las acciones y medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos adversos al ambiente que se prevé sean generados por el Proyecto, las cuales se pueden consultar a detalle en el Capítulo VI y anexos de esta MIA-R.

III.5.13.4 ESTRATEGIA NACIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2020-2024

La Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT) es un instrumento del Sistema Nacional de Planeación Territorial, parte del Sistema Nacional de Planeación Democrática que se plantea como el instrumento rector que, bajo un enfoque sistémico, configura la dimensión espacial y territorial del desarrollo de México en un horizonte de largo plazo hacia el 2020-2040. La ENOT sienta las bases de la rectoría del Estado en la política nacional del ordenamiento territorial a través de más de 400 Lineamientos Regionales y 76 Lineamientos Generales agrupados en diez Objetivos Prioritarios y 3 Ejes Nacionales.

Para el logro de sus propósitos, la ENOT reconoce los derechos humanos consagrados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), tratados internacionales, principios enunciados en el artículo cuarto de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU); así como los señalados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND), Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2020-2024 (PNOTDU) vigentes. Con base en los retos señalados por la ENOT, así como en los aspectos que determinarán el futuro posible y deseable para el país, se establecen las metas que se deben alcanzar en 2040. Estas

metas son una guía para dar seguimiento y cumplimiento a los Ejes Nacionales, Objetivos Prioritarios, Lineamientos Generales y Lineamientos Regionales de la ENOT.

A continuación (*Cuadro 31*), se presentan la meta ENOT que se vinculan con el proyecto.

Cuadro 31. Meta ENOT que se vincula con el proyecto.

META ENOT 2020-2024	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Meta 8. Economía incluyente. México mantendrá un crecimiento económico per cápita en 2040 de conformidad con las circunstancias nacionales y, en particular, un crecimiento del PIB de, al menos, 4% anual.	En función de las características, ubicación y alcances del Proyecto, este presenta una vinculación positiva con lo que señala la meta citada, dado que la derrama y desarrollo económico por generar, van más allá de las zonas circundantes al Proyecto, sino también contribuye al potencial energético del país, generando un flujo económico constante.

III.5.13.5 ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE BIODIVERSIDAD DE MÉXICO Y PLAN DE ACCIÓN 2016-2030

La Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) se constituye como un instrumento articulador que tiene como misión "*establecer las bases para impulsar, orientar, coordinar y armonizar los esfuerzos de gobierno y sociedad para la conservación, el uso sustentable y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados del uso de los componentes de la diversidad biológica y su integración en las prioridades sectoriales del país*" (ENBioMex, 2016).

La Visión de la ENBioMex, es la siguiente:

En el 2030 se mantiene la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas, así como la provisión continua de los servicios ecosistémicos necesarios para el desarrollo de la vida y el bienestar de las mexicanas y los mexicanos; gobierno y sociedad están comprometidos con la conservación uso sustentable y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la biodiversidad.

La ENBioMEx se integra por los siguientes **6 Ejes Estratégicos**: **I.** Conocimiento, **II.** Conservación y restauración, **III.** Uso y manejo sustentable, **IV.** Atención a los factores de presión, **V.** Educación, comunicación y cultura ambiental y **VI.** Integración y gobernanza. Dentro de estos ejes estratégicos se establecen 24 líneas de acción y más de 160 acciones. De manera transversal a los ejes estratégicos, se encuentra el eje Integración y gobernanza, el cual busca reforzar la instrumentación de las acciones, así como, fortalecer la coordinación entre actores y sectores, armonizar el marco jurídico y promover la integración y la cooperación.

A continuación, en el *Cuadro 32* se muestra la vinculación del Proyecto con la ENBioMex y su Plan de Acción 2016-2030.

Cuadro 32. Vinculación del Proyecto con la ENBioMex y Plan de Acción 2016-2030.

EJE ESTRATÉGICO	LÍNEA DE ACCIÓN	ACCIÓN
4. Atención a los factores de presión.	4.5 Prevención, control y reducción de la contaminación.	4.5.1. Promover la reducción de contaminantes que afectan a la biodiversidad, generados por actividades antropogénicas. 4.5.7. Promover la participación ciudadana en el manejo adecuado de los residuos contemplando estrategias de difusión y capacitación para disminuir la generación de residuos sólidos y peligrosos.
	4.6 Reducción de la vulnerabilidad de la biodiversidad ante el cambio climático.	4.6.1 Promover esquemas y acciones de conservación, protección y restauración de los ecosistemas terrestres y acuáticos (epicontinentales, costeros y marinos) y sus servicios ambientales, como medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, en apoyo al Programa Especial de Cambio Climático, fortaleciendo y garantizando la participación y empoderamiento de las mujeres.

Vinculación con el Proyecto: En relación con las acciones **4.5.1** y **4.5.7** citadas en el cuadro anterior, como medida para prevenir y reducir al mínimo la generación de contaminantes al aire, agua y suelo, así como para lograr un manejo y disposición adecuada de los residuos que se generen durante la ejecución del Proyecto, se contempla llevar a cabo una serie de acciones, que se encuentran descritas a detalle en el Capítulo VI de esta MIA-R, entre las que se encuentra la colocación de contenedores con tapa, y rotulados de acuerdo con el tipo de residuo que contengan; los cuales se ubicarán en forma visible y estratégica en los frentes de trabajo. Los residuos depositados en dichos contenedores serán posteriormente manejados por una empresa especializada para su disposición final en un sitio que señale la autoridad competente. Aunado a lo anterior, se procurará que los residuos susceptibles para reutilizarse tales como: madera, papel, vidrio, metales y plásticos, se separen para poder ser enviados a empresas que los aprovechen o depositarse donde la autoridad municipal lo autorice. Asimismo, se instruirá al personal para que evite en todo momento arrojar o depositar en el suelo, y en cualquier sitio no autorizado, basura, materiales o desechos, que por efecto de disolución o arrastre pudieran contaminar el suelo o algún escurrimiento superficial en la zona.

Por otro lado, toda vez que durante la ejecución del Proyecto se podrán generar estopas y trapos, así como recipientes o envases que hayan contenido materiales o líquidos que por sus características se clasifiquen como peligrosos, se prevé el resguardo de estos residuos en un almacén temporal que tendrá las características descritas en el artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR, las cuales deberán ser suficientes para evitar la generación de lixiviados, infiltración al suelo, arrastre por agua de lluvia o viento, incendios, explosiones, acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames. Posteriormente dichos residuos serán llevados a un almacén temporal que se constituirá debidamente en el Proyecto, previo a su recolección por parte de una empresa autorizada por la Secretaría para tal efecto.

Aunado a lo anterior y toda vez que la ejecución del Proyecto implica el uso de vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, se deberá realizar el mantenimiento mecánico preventivo y en su caso correctivo que resulte necesario, para que estos cumplan con los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que resulten aplicables dependiendo el tipo de

combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050-SEMARNAT-2018). Todo mantenimiento mecánico se deberá realizar en un taller expresamente dedicado a esa actividad, con el objetivo de evitar cualquier derrame de aceites o hidrocarburos en la zona del Proyecto, dicho mantenimiento será responsabilidad del contratista.

En relación con los residuos de manejo especial, quedará prohibida la disposición de este tipo de residuos sobre la vegetación o en lugares donde pudieran obstruir algún flujo hidrológico. Los residuos de manejo especial que se generen y que no puedan ser reutilizados en el Proyecto, deberán ser debidamente transportados a un sitio de disposición autorizado para tal efecto.

Resulta relevante mencionar que durante los trabajos del Proyecto se prevé contar con un responsable para el manejo de los residuos generados, quien será el encargado de capacitar a todo el personal sobre el tema de manejo adecuado de los residuos peligrosos y no peligrosos que se generen. El responsable del manejo de residuos llevará una bitácora de registro con información del tipo de residuos generados, volumen, procedencia, fecha de ingreso a almacén y salida a su disposición final.

En relación con la acción **4.6.1**, con el objetivo de reducir al mínimo las afectaciones a los ecosistemas, así como a las especies que habitan en la zona; se contempla la ejecución de distintas acciones y medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos adversos que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto, mismos que se pueden consultar a detalle en el Capítulo VI y anexos de esta MIA-R. Entre dichas acciones se encuentra la ejecución de un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre y un programa de rescate y reubicación de flora, una búsqueda dirigida que consiste en explorar los microhábitats conocidos (levantando restos vegetales, rocas, troncos, etc.) abarcando todos los posibles sitios en los que puedan encontrarse individuos faunísticos.

Es importante mencionar que también se contempla la capacitación del personal involucrado en la ejecución del Proyecto acerca de la importancia y obligación de observar en todo momento una conducta de respeto y protección al medio ambiente y la biodiversidad, evitando cualquier acto que pudieran dañarla, perturbarla o destruirla. En función de lo antes mencionado, se considera que siempre que se ejecuten en tiempo y forma la totalidad de las medidas de prevención, mitigación y compensación descritas en el Capítulo VI y anexos de esta MIA-R, los efectos adversos que se estima sean generados por la ejecución del Proyecto pueden ser prevenidos, mitigados o compensados; y de esta manera, la ejecución del Proyecto no representará una amenaza para la funcionalidad de los ecosistemas de la zona ni para la diversidad biológica que estos albergan.

III.5.13.6 ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con lo que señala el artículo 60 de la Ley General de Cambio Climático, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. La ENCC define los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir para orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno, al tiempo de fomentar la corresponsabilidad con los diferentes sectores de la sociedad. Es importante señalar que la misma ENCC señala que no es exhaustiva y no pretende definir acciones concretas de corto plazo ni con entidades responsables de su cumplimiento.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático se integra por tres grandes temas. Cada uno de los cuales contiene ejes estratégicos y líneas de acción mediante los cuales se definen los objetivos deseados. Así mismo, a cada uno de los ejes le corresponden líneas de acción en donde la continuidad y la integración son fundamentales, muchas veces requiriendo la conjunción de los esfuerzos y participación de los tres niveles de gobierno, y de todos los sectores de la sociedad.

Pilares de Política Nacional de cambio climático (6 pilares)

1. Contar con políticas y acciones climáticas transversales, articuladas, coordinadas e incluyentes.
2. Desarrollar políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático.
3. Implementar una plataforma de investigación, innovación, desarrollo y adecuación de tecnologías climáticas y fortalecimiento de capacidades institucionales.
4. Promover el desarrollo de una cultura climática.
5. Instrumentar mecanismos de Medición, Reporte, Verificación y Monitoreo y Evaluación.
6. Fortalecer la cooperación estratégica y el liderazgo internacional.

Adaptación a los efectos del cambio climático (3 ejes estratégicos)

A1. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.

A2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático.

A3. Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.

Desarrollo bajo en emisiones, (5 ejes estratégicos en materia de mitigación)

M1. Acelerar la transición energética hacia fuentes de energía limpia.

M2. Reducir la intensidad energética mediante esquemas de eficiencia y consumo responsable.

M3. Transitar a modelos de ciudades sustentables con sistemas de movilidad, gestión integral de residuos y edificaciones de baja huella de carbono

M4. Impulsar mejores prácticas agropecuarias y forestales para incrementar y preservar los sumideros naturales de carbono.

M5. Reducir emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta y propiciar cobeneficios de salud y bienestar.

La ENCC también plantea una visión de México en 10, 20 y 40 años, la cual es la siguiente:

"México crece de manera sostenible con la promoción del manejo sustentable, eficiente y equitativo de sus recursos naturales, así como del uso de energías limpias y renovables que le permiten un desarrollo con bajas emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. México es un país próspero, competitivo, socialmente incluyente y con responsabilidad global que genera empleos suficientes y bien remunerados para toda su población, en particular para la más vulnerable. México es una nación con una economía verde, con ecosistemas y poblaciones resilientes al cambio climático y con ciudades sustentables" (ENCC 21).

Para lograr la visión planteada, la ENCC identifica los principales hitos que deberán lograrse en 7 rubros diferentes dentro de 10, 20 y 40 años: Sociedad/Población, Ecosistemas (Agua, Bosques y Biodiversidad), Energía, Emisiones, Sistemas Productivos, Sector Privado/ Industria, y Movilidad. A continuación, se presentan los hitos a 10, 20 y 40 años que se vinculan con el Proyecto (*Cuadro 33*).

Cuadro 33. Hitos de la ENCC a 10, 20 y 40 años.

RUBRO	10 AÑOS	20 AÑOS	40 AÑOS
Sociedad/ Población	La sociedad está involucrada y participa activamente en el tema del cambio climático.	La sociedad está comprometida con la tarea de reducir los efectos del cambio climático.	La sociedad se integra cultural y socialmente al combate al cambio climático.
Ecosistemas (Agua, Bosques y Biodiversidad)	Acciones de conservación y uso sustentable en los ecosistemas del país implementadas.	Los ecosistemas y las especies que los habitan son aprovechados y conservados de manera sustentable. El desarrollo económico y social del país es potenciado a través del mejoramiento del capital natural del país.	La conservación y el uso sustentable de los ecosistemas ayudan a la resiliencia de estos al cambio climático.
Emisiones	Reducción de 30% de emisiones respecto a línea base. México reduce sustancialmente las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta.	Se minimizan las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta.	Reducción del 50% de emisiones respecto a las emisiones del año 2000.

Vinculación de los Hitos a 10, 20 y 40 años de la ENCC con el Proyecto: En relación con el rubro de **Sociedad/Población**, se pretende la capacitación del personal involucrado en el Proyecto sobre el tema de cambio climático, con el objetivo de concientizar al personal acerca de la importancia de prevenir y reducir al mínimo la generación de gases de efecto invernadero, así como de reducir la generación de residuos y realizar un manejo responsable de los mismos.

Respecto al rubro de **Ecosistemas (agua, bosques y biodiversidad)**, el Proyecto plantea diversas acciones tanto preventivas como de mitigación y compensación con el objetivo de reducir al mínimo los impactos adversos sobre el ecosistema y la biodiversidad, que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto. Aunado a lo anterior, se contempla impartir una capacitación y concientización ambiental al personal involucrado en el Proyecto para que conozca la importancia y la responsabilidad de observar en todo momento una actitud de respeto y protección de la vida silvestre, evitando los actos que pudieran dañarla, perturbarla o destruirla, enfatizando que queda prohibida la caza, captura, daño, comercialización, aprovechamiento o perturbación de fauna silvestre existente en el Predio del Proyecto. Adicionalmente, se informará al personal de las infracciones y sanciones a las que se hacen acreedores quienes realicen actos que causen la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat en contravención de lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

En relación con el rubro de **Emisiones**, y toda vez que la ejecución del Proyecto implica el uso de vehículos que durante su funcionamiento emiten gases de efecto invernadero, se prevé realizar el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario, para que los vehículos cumplan con los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (Gasolina- NOM-041-SEMARNAT-2015, diésel NOM-045-SEMARNAT-2017 y/o gas licuado de petróleo NOM-050 SEMARANT-2018). Por otro lado, con el propósito maximizar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustibles, se deberá realizar el mantenimiento mecánico preventivo, y en su caso correctivo que sea necesario tanto a la maquinaria como a los equipos y vehículos utilizados para los fines del Proyecto, para que estos operen con la máxima eficiencia posible, dicho mantenimiento será responsabilidad del contratista.

A continuación (*Cuadro 34*), se presentan las líneas de acción derivadas de los pilares y ejes estratégicos de la ENCC, que se encontraron vinculantes con el Proyecto.

Cuadro 34. Ejes Estratégicos y Líneas de Acción de la ENCC que se vinculan con el Proyecto.

EJE ESTRATÉGICO	LÍNEA DE ACCIÓN
A3. (Adaptación) Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.	A3.5: Garantizar la conectividad ecohidrológica para la preservación de biodiversidad y servicios ambientales, la integralidad de los ecosistemas, la conservación de especies y el incremento de su resiliencia ante el cambio climático. A3.11: Garantizar la protección ambiental de los ecosistemas ante Proyectos de obra pública y servicios industriales y productivos (mineros, textiles, cementeros, energéticos, agropecuarios, turísticos, entre otros) mediante la incorporación de criterios de cambio climático en instrumentos de planeación, como el impacto ambiental y el ordenamiento ecológico del territorio.

EJE ESTRATÉGICO	LÍNEA DE ACCIÓN
M1. (Mitigación) Acelerar la transición energética hacia fuentes de energía limpia.	M2.7: Reducir las emisiones mediante la modernización de la flota vehicular, y del retiro y la disposición final de las unidades poco eficientes.

Vinculación con el Proyecto: En relación con la línea de acción **A3.5**, es importante señalar que, en función de sus características, ubicación y alcances, el Proyecto no altera algún escurrimiento hidrológico. Por otro lado, para la prevención de la contaminación del suelo y los escurrimientos superficiales existentes en el área de influencia del Proyecto, se prevé la capacitación del personal para que evite en todo momento arrojar o depositar en el suelo, basura, materiales o desechos, que por efecto de disolución o arrastre pudieran contaminar el suelo u obstruir algún escurrimiento en la zona. En este sentido durante la ejecución del Proyecto se dispondrán contenedores con tapa para que el personal a pie de obra deposite toda basura y residuo sólido orgánico que genere; posteriormente, dichos residuos serán debidamente transportados al sitio más cercano, autorizado por el municipio, para su recolección por parte de los servicios de limpia. En función de la ubicación, características y alcances del Proyecto, así como de las características del ecosistema en donde incide su área de influencia; se considera que su ejecución no generaría un impacto significativo en la conectividad ecohidrológica de la zona y no representaría una amenaza para el equilibrio funcional ni para la biodiversidad de los ecosistemas, así como tampoco para el mantenimiento de los servicios ambientales generados por dichos ecosistemas.

Por otro lado, en observancia de la línea de acción **A3.11**, se proponen acciones para reducir al mínimo las afectaciones a los ecosistemas, así como a las especies que habitan en la zona. En este sentido, se contempla la ejecución de distintas acciones y medidas tanto preventivas como de mitigación y compensación de los impactos adversos que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto.

Finalmente, en relación con la estrategia **M2.7** para contribuir a reducir la generación de gases de efecto invernadero, la naturaleza del proyecto enfatiza en este objetivo, ya que el objetivo es la generación de energía renovable para disminuir los GEI con el propósito maximizar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustibles.

III.5.13.7 ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGÍA (ENE) 2017-2028

La estrategia nacional tiene como misión el identificar las condiciones para que, tanto el sector productivo como la población en general, cuenten con un mayor acceso y un suministro confiable de energía, que permita impulsar el desarrollo. Busca encauzar la oferta y demanda de energía para alcanzar sus dos objetivos estratégicos: 1) dar viabilidad al crecimiento económico y, 2) extender el acceso a servicios energéticos de calidad a toda la población, a fin de que reciban los beneficios que derivan del consumo eficiente y responsable de la energía.

Se definieron "medidas de política" en cuanto a la oferta de energía, lo cual tiene la finalidad de cumplir los objetivos antes descritos.

1. Transporte, almacenamiento y distribución. Establece líneas que permiten dar seguimiento a la evolución de la capacidad del sistema para satisfacer la necesidad de servicios energéticos de manera oportuna, con continuidad y calidad.

2. Refinación, procesamiento y generación. Aborda los retos relacionados con la producción de los combustibles, así como aquellos asociados a la diversificación del parque de generación.

3. Producción de petróleo. Establece líneas de acción para sostener la producción y seguir respaldando la energía que el país demanda, alcanzando la eficiencia en línea con las mejores prácticas internacionales.

4. Transición energética. Busca lograr el correcto balance entre mantener al país económicamente competitivo, tecnológicamente innovador y diversificado, con su contribución al mejoramiento permanente de la calidad ambiental local y el cumplimiento de los compromisos ambientales.

Además de objetivos y medidas, la estrategia de energía define tres "elementos de integración", elaborados para alcanzar un sistema energético integral y generar una cultura compartida por todos.

1. Sustentabilidad del sector. La capacidad de renovación constante del sistema a fin de mantener los flujos de energía hacia los consumidores, mientras que estos últimos hacen más eficiente su consumo. A nivel país, se puede alcanzar la sustentabilidad al ampliar constantemente la gama de energéticos primarios disponibles, enfocándose en un creciente aprovechamiento de las energías renovables, una mayor inclusión social de los beneficios y un irrestricto respeto al medio ambiente.

2. Eficiencia energética y ambiental. La continua aplicación de las mejores prácticas disponibles en la producción y el consumo de energía. La eficiencia no sólo optimiza estos dos procesos, sino que también minimiza su impacto ambiental.

3. Seguridad energética. Capacidad para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre para continuar con el desarrollo de actividades productivas, además debe de incrementar la accesibilidad a los mercados, internación de los productos y almacenamiento preventivo, principalmente enfocado en aquellos energéticos cuya dependencia de las importaciones pueda crecer a niveles que impliquen riesgos asociados a la continuidad del suministro.

En el *Cuadro 35* se presentan las medidas de política y líneas de acción que tienen concordancia con el Proyecto.

Cuadro 35. Políticas, estrategias y líneas de acción que se vinculan al Proyecto.

MEDIDAS DE POLÍTICA	LÍNEAS DE ACCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Transición energética. En el marco de la transición energética, México debe canalizar	Busca lograr el correcto balance entre mantener al país económicamente competitivo,	La transición se enmarca en la necesidad de luchar contra el cambio climático, proteger la salud de las personas, reducir

MEDIDAS DE POLÍTICA	LÍNEAS DE ACCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
esfuerzos para la consecución de las metas definidas en el marco normativo actual sobre el uso de las energías limpias. Es necesario fortalecer y explotar aquellos recursos renovables con los que se cuenta, a fin de aprovechar sus beneficios.	tecnológicamente innovador y diversificado, con su contribución al mejoramiento permanente de la calidad ambiental local y el cumplimiento de los compromisos ambientales.	riesgos económicos, financieros y tecnológicos, favorecer la máxima eficiencia en el consumo, facilitar precios predecibles y asequibles y disminuir las tensiones geopolíticas propias de un modelo sustentado en la dependencia energética. Situaciones en las que el Proyecto podrá contribuir de manera positiva. El proyecto contribuirá en la producción de energía eléctrica a través de fuentes limpias que ayudan al combate contra el cambio climático.

III.5.13.8 PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA (PSE) 2020-2024

El Programa Sectorial de Energía (PSE) 2020–2024, es el instrumento rector de planeación que integra objetivos y estrategias prioritarios con acciones puntuales que conducirá la Secretaría de Energía (SENER) como cabeza de sector, coordinadamente con las Empresas Productivas del Estado (EPE), los órganos administrativos desconcentrados, las entidades paraestatales y los órganos reguladores coordinados. A continuación, se presentan el objetivo prioritario, estrategia y acción puntual del Programa Sectorial de Energía 2020-2024 que se encontró vinculante con el Proyecto.

Cuadro 36. Objetivo, Estrategia y Acción puntual del PSE que se vincula con el Proyecto.

OBJETIVO PRIORITARIO	ESTRATEGIA PRIORITARIA	ACCIÓN PUNTUAL
4. Elevar el nivel de eficiencia y sustentabilidad en la producción y uso de las energías en el territorio nacional	4.2 Reducir la emisión de GEI mediante tecnologías aplicables a los diversos procesos; así como capturar por medios naturales y mitigar las emisiones, a través de acciones de eficiencia y aumento del rendimiento energético	4.2.3 Promover el desarrollo y uso de tecnologías que permitan la reducción del índice de carbono en la generación eléctrica.
5.- Asegurar el acceso universal a las energías, para que toda la sociedad mexicana disponga de las mismas para su desarrollo	5.4 Promover la integración de poblaciones y comunidades en los proyectos del sector energético	5.4.1 Impulsar la implementación de los Planes de Gestión Social que permita la sostenibilidad de los proyectos a través de la ejecución de medidas de mitigación, compensación y de maximización de los impactos sociales positivos 5.4.3 Propiciar negociaciones para la ocupación superficial de tierras para el desarrollo de proyectos del sector energético que sean transparentes, justas y equitativas.

Vinculación con el Proyecto: En función de las características y alcances del Proyecto, el mismo presenta una vinculación positiva con la Estrategia Prioritaria y la Acción Puntual citadas en el cuadro anterior, toda vez que con su ejecución se contribuiría a impulsar el desarrollo de infraestructura para la generación de energía renovable.

III.5.13.9 PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO (POISE) 2017-2031

El POISE, es el documento que contiene la planeación del SEN y que reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales de generación eléctrica y los programas de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y de las redes generales de distribución para los próximos 15 años, dando continuidad al PRODESEN 2015-2029. El PRODESEN constituye un documento de referencia y consulta para guiar la toma de decisiones de los integrantes del sector eléctrico, en torno a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, su alcance es orientar la inversión productiva en infraestructura eléctrica para satisfacer la demanda.

Entre los alcances del PRODESEN 2017-2031 se encuentra:

- Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas.
- Programas de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución.

Los objetivos del PROSEDEN son:

- Garantizar la eficiencia, calidad, confiabilidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.
- Fomentar la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, así como la seguridad energética nacional.
- Promover la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda en el SEN y cumplir con las metas de energías limpias.
- Incentivar una expansión eficiente de la infraestructura eléctrica bajo el principio de menor costo total para el SEN, sujeto a los criterios de Calidad, Confiabilidad, Continuidad y Seguridad de la red eléctrica.

En el año 2016, la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional fue de 73,510 MW, correspondiendo el 71.2% a centrales eléctricas convencionales y 28.8% a centrales energéticas con energías limpias. Respecto a la capacidad instalada de tecnologías limpias aumentó en 3,530 MW entre los años 2015 y 2016, cumpliendo con el objetivo de incrementar la producción de energía eléctrica mediante energías limpias.

Para cumplir con la capacidad deseada en el periodo 2017-2031 hacen falta 55,840 MW, de las cuales se plantea que el 63% de esta capacidad sea producida por energías limpias, las cuales deberán incorporarse a medida en que los proyectos son retirados tras su vida útil.

El nuevo modelo busca mejorar la estructura productiva de la industria bajo principios de la libre concurrencia y competencia en las actividades de generación y comercialización, así como determinar la ejecución de proyectos de ampliación y modernización en las actividades de transmisión y distribución. Este modelo parte

de una base técnica e institucional sólida existente, la cual ha permitido que las partes coordinadas (SENER-CENACE-CRE), en colaboración con la CFE como empresa pública productiva y las empresas del país, diseñen los instrumentos de planeación, operación y regulación que quiere el sector eléctrico.

Este programa está vinculado con el Proyecto, ya que se cuenta con las bases necesarias para llevar a cabo dicho Proyecto, siguiendo cada uno de los lineamientos, en el Capítulo II de este documento se describen todas y cada una de las actividades que se realizarán en las diferentes etapas del proyecto desde la preparación del sitio hasta el abandono; posteriormente se analizarán los componentes ambientales con los que cada actividad tendrá relación con el medio ambiente. El programa de abandono del sitio es tentativo y estará sujeto a modificaciones en su momento, existiendo la posibilidad de que no sea llevado a cabo debido a que el Proyecto sería modernizado y por lo tanto se prolongue su vida útil.

III.5.13.10 PROSPECTIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO 2013-2027

La prospectiva del sector eléctrico es elaborada con base a las expectativas de crecimiento económico y evolución de los precios de combustible, presenta las estimaciones y evolución esperada de la demanda y el consumo de la energía para cierto periodo, por sector de consumo, así como por área de control del SEN. Cabe señalar que los escenarios presentados, al estar calculados en función de las expectativas de crecimiento económico, pueden variar entre un año y otro.

Para el periodo 2013-2027, las adiciones de nueva capacidad (incluyendo proyectos de rehabilitación y modernización de centrales existentes) para el periodo 2013-2018 ascienden a 16,059 MW, mientras que para el periodo 2019-2027 la estimación de los requerimientos de capacidad se ubicó en 30,855 MW, dando un total de 46,914 MW durante los 15 años de planeación que abarca la presente prospectiva.

En el Capítulo VI se presentan los escenarios del aumento de generación eléctrica con base en fuentes de energías renovables, dando congruencia con lo establecido en el artículo 11 de la Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición energética el cual establece lo siguiente:

> *Artículo 11.- La Secretaría de Energía elaborará y coordinará la ejecución del Programa, para lo cual deberá:*
>
> *III. Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y potencial técnico existente. Dichas metas deberán ser actualizadas y reportadas semestralmente, y se expresarán en términos de porcentajes mínimos de suministro eléctrico, e incluirán metas para los suministradores y los generadores.*

Transitorio segundo. - Para efectos de la fracción III del artículo 11 de la LAERFTE, la SENER fijará como meta una participación máxima de 65% de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60% en 2035 y del 50% en el 2050.

Se establece que para lograr la cota de 65% con combustibles fósiles en 2024, se definirán dos centrales de nueva generación limpia como nucleares, combinando con varios conjuntos de proyectos con fuentes de energía renovables.

En general el programa presenta la generación solar como una de las tecnologías que tienen mayor probabilidad para la realización de proyectos renovables y disminuir con esto la dependencia del uso de combustibles fósiles.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto muestra congruencia con este instrumento de planeación al ser un proyecto solar el cual contribuirá al cumplimiento de la meta establecida para el 2025.

CONCLUSIONES

Derivado de los razonamientos antes expuestos, se acredita y reafirma que el proyecto, cumple con los objetivos de los instrumentos de regulación que le son aplicables en materia ambiental y de desarrollo urbano.

Esta aseveración, se sustenta principalmente en las siguientes conclusiones:

- Como se ha descrito la ejecución del proyecto estará sujeta al riguroso cumplimiento de la Legislación Ambiental Mexicana, obedeciendo lo establecido en las diferentes Leyes, sus Reglamentos, Normas Oficiales y demás instrumentos legales de carácter local, estatal y federal aplicable; tal como se demostró en el análisis puntual de congruencia con cada instrumento jurídico y del proyecto.

- El Proyecto es altamente congruente con los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo ya que se circunscribe en la cuarta Meta Nacional denominada "México Próspero" en la cual se concluye que el uso y suministro de energía es esencial para las actividades productivas de la sociedad, por lo que dentro de sus líneas de acción se propone el uso y consumo de productos amigables con el ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de baja generación de carbono. Por ello, promueve el uso de sistemas y tecnologías avanzadas de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes. En este sentido, dada la naturaleza del proyecto, sus obras y actividades, se alinean claramente con dichas estrategias al fomentar el incremento en la oferta de energía limpia como base para el desarrollo de actividades productivas bajo principios sustentables.

- Con relación al Programa Nacional de Infraestructura, el proyecto es congruente a los alcances de los objetivos y estrategias señaladas en el mismo, pues al generar energía fotovoltaica a través del aprovechamiento de recursos renovables, se fomentará el uso de energías limpias y renovables promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental acorde a la política nacional.

- Asimismo, las obras y actividades que implica este proyecto son compatibles con el Plan Sectorial de Energía, puesto que la tecnología empleada en su infraestructura, que implica la notable reducción de las emisiones causantes del cambio climático incluyendo programas ambientales que tienen por objeto reducir al máximo los impactos ambientales generados por el proyecto. El proyecto incorpora además y en congruencia con los objetivos y estrategias de este programa, acciones de inclusión social para asegurar su factibilidad en diversos aspectos lo que tiene como resultado que exista congruencia.

- Respecto al Plan Estatal de Desarrollo, ese documento asume como prioritario aprovechar los recursos renovables para la producción de energías renovables. Debido a que en esencia

este Plan promueve el uso de energías limpias y alternativas amigables con el medio ambiente en los sectores industrial, comercial, doméstico y de servicios, el Proyecto al generar energía a partir del aprovechamiento del factor radiación solar es totalmente congruente al aprovechar las ventajas naturales de la región para fortalecer la producción, transformación y comercialización de energías alternativas y limpias, lo cual constituye parte de los principios básicos de este documento.

- En lo concerniente al POEGT, el proyecto se localiza en la UAB 122 Política Ambiental de Restauración y Aprovechamiento Sustentable. En este sentido, los criterios ecológicos que le aplican al proyecto están enfocados hacia el impulso a las actividades productivas de manera sustentable para lo cual, entre otros aspectos, se considera primordial el aprovechamiento óptimo del potencial de la zona para la generación de energía limpia, especialmente la fotovoltaica, por esto, el proyecto es totalmente compatible con este Programa.

- En cuanto al Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave (PEOTDUV), el Proyecto incide con dos de sus Unidades de Gestión Territorial, la UGT SO_AT_352 y la UGT LM_AT_378, ambas con una política de aprovechamiento sustentable; los lineamientos aplicables de estas UGT son en su totalidad compatibles con el Proyecto, siendo este favorable para el desarrollo y preservación/restauración de la zona en la que se ubicará.

- Relativo a la localización del proyecto con respecto a las Regiones RTP´s, RHP´s y AICA's, se determinó que los polígonos de estudio se encuentran dentro del AICA "Centro de Veracruz". Es de considerar que el Área incidente con el Proyecto no cuenta con suficiente información disponible que proporcione los elementos para establecer acciones concretas al respecto y no cuenta con políticas o lineamientos de carácter ambiental a los cuales sea necesario dar cumplimiento. No obstante, el proyecto debido a su naturaleza no pone en riesgo alguno a las poblaciones de diversidad biológica registradas en esta región, ya que considera, además, diversas acciones de compensación ambiental que permitirán la continuidad de los ecosistemas en donde se localiza el proyecto.

- En lo que corresponde a las ANP´s, se indica y precisa que el Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV no incide en ninguna de las zonificaciones definidas en el programa de manejo del ANP Sistema Arrecifal Veracruzano, el proyecto se encuentra a aproximadamente 37 km del límite de la poligonal general que integra las zonas de protección del ANP. Es decir, el proyecto no se encuentra dentro de ninguna de las áreas delimitadas y ordenadas territorialmente para la ejecución y desarrollo de determinadas actividades, por lo que es factible la ejecución de este, considerando que el mismo cumple con todos y cada uno de los instrumentos de política ambiental aplicables.

- Con respecto a los requisitos especificados en otras disposiciones incluyendo las Normas Oficiales Mexicanas, así como los Tratados Internacionales, siendo las primeras las únicas de

carácter vinculante, el proyecto se ajusta completamente a los lineamientos contenidos conforme a la normatividad oficial, ya que las mismas tienen por fin que estas obras se realicen mediante las mejores prácticas.

- En cuanto a los Tratados internacionales, puede observarse que de igual manera que instrumentos jurídicos de planeación, se conceptualiza como parte de ellos objetivos esenciales, la reconversión de consumo de energéticos derivados de la quema de combustibles y el compromiso, promoción y generación de incentivos para el aprovechamiento óptimo de los recursos para la generación de energías limpias con baja o nula huella de carbono por ellos, el proyecto se alinea perfectamente a las metas objetivos de los principales Tratados Internacionales que han sido firmados por México.

De lo descrito en este apartado se observa que el Proyecto no presenta impedimento para que se ejecuten las obras, pues estas se ciñen y tienen armonía con los criterios y estrategias descritas y vinculadas anteriormente. No pasa desapercibido mencionar que, al pretenderse tener un aprovechamiento sustentable de un recurso natural renovable para la generación de energía fotovoltaica, se está mitigando y evitando el cambio climático, así como generando una actividad económica ambiental y socialmente sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (2017). Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DGCD/PN_Sistema_Arrecifal_Veracruzano.pdf

CONABIO. (s/f) 77. RÍO LA ANTIGUA. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_077.html

CONABIO. (s/f) REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS DE MÉXICO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_104.pdf

CONABIO. (s/f) REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS DE MÉXICO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_123.pdf

CONABIO. (s/f). https://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html

Congreso Constituyente. (Febrero 05, 1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Consulta de catálogo de normas. (s/f). SINEC. Recuperado el 18 de septiembre de 2024, de https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/BusquedaNormas.xhtml

Gaceta Oficial Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2019). ACUERDO que aprueba en sus términos el Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024. https://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2019/06/Plan-Veracruzano-Desarrollo-2019-2024.pdf

Gaceta Oficial Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2000). LEY NÚMERO 62 ESTATAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. https://www.legisver.gob.mx/leyes/LeyesPDF/LEPA291118.pdf

Gaceta Oficial Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2004). LEY NÚMERO 847 DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Veracruz/wo77544.pdf

Gaceta Oficial Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2004). LEY NÚMERO 878 ESTATAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Veracruz/wo77450.pdf

H. Ayuntamiento de Comapa. (2022). Plan Municipal de Desarrollo Municipio de Comapa 2022-2025. https://www.veracruz.gob.mx/finanzas/wp-https://www.veracruz.gob.mx/finanzas/wp-content/uploads/sites/2/2022/PMD/PMD%20Comapa.Veracruz.2022-2025.pdf

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62949/Prospectiva_del_Sector_El_ctrico_2013-2027.pdf

MITECO. (2022). Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos plantas solares fotovoltaicas y sus infraestructuras de evacuación.

Municipio de Soledad de Doblado. (2022). Plan Municipal de Desarrollo de Soledad de Doblado 2022-2025. https://www.veracruz.gob.mx/finanzas/wp-content/uploads/sites/2/2022/PMD/PMD%20Soledad%20de%20Doblado.Veracruz.2022-2025..pdf

Presidencia de la República. (Agosto 11, 2014). Ley de la Industria Eléctrica. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hRCuzuhxLJUJ:https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lielec.htm&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=mx

Presidencia de la República. (Diciembre 24, 2015). Ley de Transición Energética. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:LvCf8JqOC7EJ:https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx

Presidencia de la República. (Enero 28, 1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf

Presidencia de la República. (Julio 03, 2000). Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf

Presidencia de la República. (Junio 05, 2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

Presidencia de la República. (Junio 05, 2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

Presidencia de la República. (Junio 7, 1988). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Presidencia de la República. (Noviembre 28, 2012). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.cre.gob.mx/documento/3870.pdf

Presidencia de la República. (Noviembre 30, 2000). Reglamento de la Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_ANP.pdf

Presidencia de la República. (Noviembre 30, 2012). Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.cre.gob.mx/documento/1570.pdf

Presidencia de la República. (Octubre 08, 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Secretaría de Desarrollo Social. (2021). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave. https://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/programa-estatal-de-ordenamiento-territorial-y-desarrollo-urbano-de-veracruz-y-de-ignacio-de-la-llave/

Secretaría de Energía. (2013). Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2017. Periódico Oficial.

Secretaría de Energía. (Febrero, 2014 Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2014-2028. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Julio 7, 2020). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Promarnat) 2020-2024. Periódico Oficial. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (Septiembre 7, 2012). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Diario Oficial de la Federación. https://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos_bitacora_oegt/dof_2012_09_07_poegt.pdf

Subdirección de Programación CFE. (Febrero, 2014). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico POISE 2014—2028. https://amdee.org/Publicaciones/POISE-2014-2028.pdf

UNFCCC. (s/f-a). El Acuerdo de París. United Nations Climate Change. Recuperado el 29 de septiembre de 2022, de https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris

UNFCCC. (s/f-b). ¿Qué es el Protocolo de Kyoto? United Nations Climate Change. Recuperado el 29 de septiembre de 2022, de https://unfccc.int/es/kyoto_protocol#:~:text=En%20concreto%2C%20el%20Protocolo%20de,con%20las%20metas%20individuales%20acordadas.

UNFCCC. (s/f-c). Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. United Nations Climate Change. Recuperado el 29 de septiembre de 2022, de https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 1
IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO 1
IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 15
IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR 18
IV.3.1 MEDIO ABIÓTICO 18
IV.3.1.1 Clima 18
IV.3.1.2 Geología y geomorfología 33
IV.3.1.3 Suelos 53
IV.3.1.4 Hidrología 71
IV.3.2 MEDIO BIÓTICO 103
IV.3.2.1 Vegetación 103
IV.3.2.2 Fauna 133
IV.3.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO 208
IV.3.3.1 Contexto regional 208
IV.3.3.2 Metodología 208
IV.3.3.3 Resultados 209
IV.3.3.4 Conclusiones 252
IV.3.4 PAISAJE 253
IV.3.4.1 Visibilidad 253
IV.3.4.2 Calidad paisajística 257
IV.3.4.3 Fragilidad 261
IV.3.4.4 Conclusión 265
IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 266
IV.4.1 DESCRIPCIÓN BREVE DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 266
IV.4.1.1 Clima 266
IV.4.2 ÍNDICE DE CRITICALIDAD 269
IV.4.2.1 Índice de importancia de la unidad ambiental “i” según los servicios ambientales 269
IV.4.2.2 Calidad del hábitat 270
IV.4.2.3 Índice de importancia por especies 270
IV.4.2.4 Valor de importancia para la conservación 272
IV.4.2.5 Valor de Criticalidad de las Unidades Ambientales 273
IV.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS POR LAS ECUACIONES 274
IV.4.3.1 Riqueza faunística (RFi)de las unidades ambientales 274
IV.4.3.2 Calidad al hábitat 275
IV.4.3.3 índice de importancia por especies 276
IV.4.3.4 Valor de importancia para la conservación 278
IV.4.3.5 Valor de criticalidad de las unidades ambientales 278
IV.4.4 CONCLUSIONES (ÍNDICE DE CRITICALIDAD) 280
IV.4.5 ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR 282

IV.4.6 ANÁLISIS SAR 283
IV.4.7 INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA 286
IV.4.8 SÍNTESIS OBJETIVA Y CONGRUENTE DEL ESTADO ACTUAL DEL SAR 289
IV.4.9 INTERACCIONES ECOLÓGICAS DE IMPORTANCIA EN EL AI 290
IV.4.10 CONCLUSIONES 290
BIBLIOGRAFÍA 292

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.* 5
Cuadro 2. *Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.* 12
Cuadro 3. *Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR.* 13
Cuadro 4. *Ubicación de estaciones climatológicas próximas al SAR.* 18
Cuadro 5. *Descripción de los tipos de clima presentes en el SAR.* 18
Cuadro 6. *Topoformas para el SAR y predio del proyecto.* 35
Cuadro 7. *Geoformas dentro del SAR.* 37
Cuadro 8. *Litología del SAR y del predio del proyecto.* 38
Cuadro 9. *Registros sísmicos en sitios en zonas aledañas al SAR en un periodo de 30 años (1994-2024).* 51
Cuadro 10. *Superficies por unidades edafológicas en el SAR y predio del proyecto.* 54
Cuadro 11. *Superficie del SAR del proyecto respecto a la cuenca hidrológica.* 74
Cuadro 12. *Superficies del SAR del proyecto respecto a las subcuencas.* 75
Cuadro 13. *Datos de muestreo fisicoquímico del agua superficial en zonas aledañas al SAR y AP.* 78
Cuadro 14. *Acuíferos de CONAGUA, respecto al SAR y AP.* 92
Cuadro 15. *Unidades geohidrológicas dentro del SAR y AP.* 92
Cuadro 16. *Datos de muestreo fisicoquímico del agua subterránea más próximos al SAR.* 100
Cuadro 17. *Tipos de vegetación identificados en las imágenes se satélite y en los recorridos de campo.* 105
Cuadro 18. *Superficie por uso de suelo y vegetación en el SAR.* 107
Cuadro 19. *Superficie por uso de suelo y vegetación en el AP.* 107
Cuadro 20. *Coordenadas de los sitios de muestreo de SAR y AP.* 108
Cuadro 21. *Listado de plantas vasculares registradas en el SAR y AP.* 116
Cuadro 22. *Densidad y cobertura de árboles y arbustos por tipo de vegetación en el SAR.* 123
Cuadro 23. *Riqueza, abundancia y diversidad por tipo de vegetación en cada temporada (SAR).* 123
Cuadro 24. *Matriz del índice de similitud de Morisita.* 124
Cuadro 25. *Densidad y cobertura de área basal de árboles y arbustos por tipo de vegetación en AP.* 125
Cuadro 26. *Riqueza, abundancia y diversidad por tipo de vegetación en cada temporada de muestreo en AP.* 125
Cuadro 27. *Índice de Valor de Importancia de hierbas, Agropecuario.* 126
Cuadro 28. *Índice de Valor de Importancia de árboles, VS selva baja caducifolia.* 127
Cuadro 29. *Índice de Valor de Importancia de arbustos, VS selva baja caducifolia.* 128
Cuadro 30. *Índice de Valor de Importancia de hierbas, VS selva baja caducifolia.* 129
Cuadro 31. *Listado de especies potenciales de anfibios y pretiles del proyecto PF Tepetates.* 139
Cuadro 32. *Herpetofauna registrada durante la temporada de secas y lluvias 2024 del proyecto PF Tepetates.* 141

Cuadro 33. *Coordenadas de los transectos de observación de herpetofauna durante la temporada de secas 2024.* 144

Cuadro 34. *Coordenadas de los transectos de observación de herpetofauna durante la temporada de lluvias 2024.* 144

Cuadro 35. *Abundancia y abundancia relativa de herpetofauna registrada durante la temporada de secas y lluvias 2024 en el SAR y AP del proyecto PF Tepetates.* 146

Cuadro 36. *Índices de riqueza y diversidad obtenidos en los muestreos de herpetofauna del proyecto PF Huerta comparando la temporada de secas y lluvias.* 147

Cuadro 37. *Especies de herpetozoos registradas en la temporada de secas y lluvias 2024. Se muestra el estatus según la IUCN, NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y su endemismo.* 149

Cuadro 38. *Especies registradas durante los periodos de muestreo tanto en el Área de Proyecto (AP) como del Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 159

Cuadro 39. *Especies y número de individuos registrados durante las dos temporadas de muestreo tanto en Área del Proyecto (AP) y el Sistema Ambiental Regional (SAR).* 164

Cuadro 40. *Índice de la diversidad de aves registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 168

Cuadro 41. *Índice de la diversidad de aves registrada durante los muestreos realizados en el acahual de selva baja caducifolia y áreas de uso agropecuario del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 169

Cuadro 42. *Lista de especies registradas durante las campañas de muestreo en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 178

Cuadro 43. *Pases útiles registrados para cada especie por temporada y área del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 180

Cuadro 44. *índices de abundancia relativa de las especies registradas por áreas del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 181

Cuadro 45. *índices de abundancia relativa de las especies registradas por Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 182

Cuadro 46. *Índice de la diversidad de murciélagos registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 186

Cuadro 47. *Índice de la diversidad de murciélagos registrada durante los muestreos en las Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 186

Cuadro 48. *Lista de especies registradas durante las campañas de muestreo en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 201

Cuadro 49. *Número de individuos registrados por especie durante dos campañas de muestreo en dos zonas del Proyecto Eólico Tepetates.* 202

Cuadro 50. *Índices de abundancia de las especies registradas en AP y SAR.* 203

Cuadro 51. *Índices de abundancia de las especies registradas por unidad ambiental.* 203

Cuadro 52. *Índice de la diversidad de mamíferos registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 206

Cuadro 53. *Índice de la diversidad de mamíferos registrada durante los muestreos en las Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.* 207

Cuadro 54. *Municipios dentro del SAR.* 209

Cuadro 55. *Localidades habitadas dentro del SAR.* 209

Cuadro 56. *Localidades cercanas al área del proyecto.* 211

Cuadro 57. *Pobreza de los municipios en el área de estudio.* 218
Cuadro 58. *Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje, número de personas y carencias promedio en los indicadores de pobreza, por municipio.* 219
Cuadro 59. *Medición de la pobreza en el municipio del área de estudio. Porcentaje de población según carencia social en los municipios.* 220
Cuadro 60. *Grado de marginación en municipios del área del proyecto.* 220
Cuadro 61. *Servicios en la vivienda.* 221
Cuadro 62. *Material en paredes de las viviendas.* 222
Cuadro 63. *Material en techos de las viviendas.* 222
Cuadro 64. *Tenencia de las viviendas.* 222
Cuadro 65. *Infraestructura para la atención en salud en el municipio del SAR.* 223
Cuadro 66. *Condición de afiliación a los servicios de salud en municipio del área de estudio.* 224
Cuadro 67. *Porcentaje de población de 15 y más años analfabeta y sin primaria completa.* 225
Cuadro 68. *Condición educativa de la población mayor de 15 años.* 225
Cuadro 69. *Población económicamente activa (PEA).* 228
Cuadro 70. *Población económicamente no activa en el municipio del SAR.* 229
Cuadro 71. *Sectores de actividad económicas en los municipios del SAR.* 229
Cuadro 72. *Posición en el trabajo.* 230
Cuadro 73. *Condición de percepción de ingresos monetarios de fuentes distintas al trabajo.* 230
Cuadro 74. *Movilidad por lugar de trabajo.* 231
Cuadro 75. *Índice de intensidad migratoria en el municipio del SAR.* 233
Cuadro 76. *Núcleos agrarios.* 235
Cuadro 77. *Distribución porcentual de población indígena de los municipios.* 239
Cuadro 78. *Condición de comprensión de lengua indígena de los municipios.* 239
Cuadro 79. *Religión en el municipio del SAR.* 251
Cuadro 80. *Principales festividades y riquezas culturales de la región.* 252
Cuadro 81. *Valores de índices de calidad visual del relieve (pendiente).* 257
Cuadro 82. *Valores de índices de calidad visual de la vegetación y uso del suelo.* 258
Cuadro 83. *Valores de índices de calidad visual de la presencia de agua.* 258
Cuadro 84. *Valores de índices de calidad visual de la presencia de elementos artificiales.* 258
Cuadro 85. *Categorización de la calidad visual intrínseca.* 258
Cuadro 86. *Superficies para la calidad visual intrínseca del SAR.* 259
Cuadro 87. *Valores de índices de fragilidad visual de la pendiente.* 261
Cuadro 88. *Valores de índices de fragilidad visual del uso de suelo y vegetación.* 262
Cuadro 89. *Valores de índices de fragilidad visual de la presencia de elementos artificiales.* 262
Cuadro 90. *Categorización de la fragilidad visual intrínseca.* 262
Cuadro 91. *Superficies para la fragilidad visual intrínseca del SAR.* 263
Cuadro 92. *Número de especies de fauna registradas.* 268

Cuadro 93. *Coeficientes de importancia estructural del hábitat para cada clase.* ____ 270
Cuadro 94. *Tipo de registro de la especie "e" en la unidad ambiental.* ____ 271
Cuadro 95. *Valores de confiabilidad ponderados para obtener el índice de importancia por especies.* ____ 272
Cuadro 96. *Valores del estatus de conservación según las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010.* ____ 272
Cuadro 97. *Riqueza faunística (RFi) encontrada en el SAR.* ____ 275
Cuadro 98. *Cobertura relativa total (%) de cada estrato en las unidades ambientales.* ____ 275
Cuadro 99. *Calidad del hábitat calculado y normalizado para cada unidad ambiental.* ____ 276
Cuadro 100. *Índice de importancia por especies NOM (VNJ).* ____ 276
Cuadro 101. *Especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de la unidad ambiental Agropecuario.* ____ 277
Cuadro 102. *Especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de la unidad ambiental Selva Baja Caducifolia.* ____ 277
Cuadro 103. *Valores de importancia para la conservación del Sistema Ambiental y Área del Proyecto.* ____ 278
Cuadro 104. *Resumen de los índices calculados, índices normalizados para su operación y Valor de Criticalidad (VC) para cada unidad ambiental.* ____ 279
Cuadro 105. *Tasa de transformación (δ) del hábitat del USV de las series IV y VII para la superficie del SAR del Proyecto PF Huerta. Se muestran las equivalencias observadas durante el trabajo de campo.* ____ 283
Cuadro 106. *Diagnóstico del Sistema Ambiental donde pretende desarrollarse el proyecto.* ____ 290

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Unidades Superiores de Paisaje en las inmediaciones del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.* 3

Figura 2. *Unidades Inferiores de Paisaje en las inmediaciones del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.* 4

Figura 3. *Delimitación del SAR considerando solamente unidades de paisaje (UP).* 6

Figura 4. *Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Área de Importancia para la Conservación de las Aves-AICA).* 8

Figura 5. *Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Microcuencas).* 10

Figura 6. *Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Ordenamientos Ecológicos Territoriales).* 11

Figura 7. *Sistema Ambiental Regional del Proyecto.* 14

Figura 8. *Área de influencia del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.* 17

Figura 9. *Marcha anual de temperatura, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.* 19

Figura 10. *Mapa de Climas del SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV.* 20

Figura 11. *Gráfica ombrotérmica, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.* 21

Figura 12. *Precipitación media, máxima mensual y máxima diaria, estación Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.* 22

Figura 13. *Balance hídrico, estación Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.* 23

Figura 14. *Rosa de vientos Soledad de Doblado, Ver. (Plataforma Meteoblue https://www.meteoblue.com).* 24

Figura 15. *Fenómenos especiales, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.* 25

Figura 16. *Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).* 26

Figura 17. *Probabilidades de presentación por cuadrante de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcados (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).* 26

Figura 18. *Probabilidad de ocurrencia de depresiones tropicales (según registro 1949-2014).* 27

Figura 19. *Probabilidad de ocurrencia de tormentas tropicales (según registro 1949-2014).* 27

Figura 20. *Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 1 (según registro 1949-2014).* 28

Figura 21. *Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 2 (según registro 1949-2014).* 28

Figura 22. *Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 3 (según registro 1949-2014).* 29

Figura 23. *Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 4 (según registro 1949-2014).* 29

Figura 24. *Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 5 (según registro 1949-2014).* 30

Figura 25. *Trayectoria los ciclones tropicales del Atlántico en 2005 (Unisys, 2014).* 31

Figura 26. *Trayectoria de ciclones tropicales en la región Golfo-Centro de Veracruz.* 31

Figura 27. *Provincias del SAR del proyecto según INEGI (2020).* 34

Figura 28. *Geomorfología del SAR y predio del proyecto.* 36

Figura 29. *Geología del SAR y predio del proyecto.* 39

Figura 30. *Sitios de muestreo geológico dentro de SAR.* 41

Figura 31. *Rocas areniscas de lahar (Cuaternario).* 42

Figura 32. *Afloramiento rocoso de areniscas de lahar (Cuaternario) en campo de cultivo.* 42
Figura 33. *Rocas de areniscas del Cuaternario.* 43
Figura 34. *Elevado volumen de rocas pertenecientes a unidades de conglomerados con matriz arenosa.* 43
Figura 35. *Afloramiento rocoso en corriente hidrología temporal.* 44
Figura 36. *Rocas areniscas.* 44
Figura 37. *Afloramiento rocoso en corriente hidrológica temporal (Puente de acceso a Tepetates, Ver).* 45
Figura 38. *Areniscas de textura gruesa en el SAR.* 45
Figura 39. *Rocas areniscas.* 46
Figura 40. *Afloramiento rocoso de areniscas del cuaternario.* 46
Figura 41. *Las rocas en los campos de cultivo son labradas, pero no se retiran de los terrenos.* 47
Figura 42. *Afloramiento de arenisca del cuaternario.* 47
Figura 43. *Vulcanismo en aledaño al SAR del proyecto según el Atlas Nacional de Riesgo (2001).* 49
Figura 44. *Zonificación sísmica, sismos y fallamientos en zonas aledañas al SAR.* 52
Figura 45. *Tipos de suelos presentes en el SAR y predio del proyecto.* 55
Figura 46. *Potrero sin vegetación con sobrepastoreo.* 56
Figura 47. *Bovinos alimentados únicamente con el rastrojo anual de cosechas de maíz.* 56
Figura 48. *Principio de acarcavamiento por concentración de escurrimientos en la zona sur del predio.* 57
Figura 49. *Alta agresividad pluvial y la alta erodabilidad del suelo en el SAR del proyecto.* 57
Figura 50. *Grietas en el suelo por alto contenido de arcillas expansivas y condición prolongada de sequía.* 58
Figura 51. *Zonas de pastoreo y cultivo sobre suelos leptosoles.* 58
Figura 52. *Proceso de disolución de minerales por intemperismo de las rocas.* 59
Figura 53. *Erosión diferencial.* 59
Figura 54. *Mapa de perfiles de suelo.* 63
Figura 55. *Perfil edáfico 1. Phaeozem.* 64
Figura 56. *Perfil edáfico 2. Vertisol.* 65
Figura 57. *Perfil edáfico 3. Leptosol.* 66
Figura 58. *Perfil edáfico 4. Luvisol.* 67
Figura 59. *Perfil edáfico 5. Fluvisol.* 68
Figura 60. *Perfil edáfico 6. Regosol.* 69
Figura 61. *Perfil edáfico 7. Vertisol.* 70
Figura 62. *Regiones Hidrológico-Administrativas de México (CONAGUA, 2023).* 72
Figura 63. *Regiones hidrológicas de México (CONAGUA, 2023).* 73
Figura 64. *Contexto general del SAR, respecto a la región, cuenca y subcuenca en las que se encuentra inmerso.* 74
Figura 65. *Mapa de subcuencas dentro del SAR.* 76
Figura 66. *Hidrología superficial dentro del SAR.* 77
Figura 67. *Ubicación de sitios de monitoreo de aguas superficiales respecto al SAR y AP.* 80
Figura 68. *Sitios de hidrología.* 82

Figura 69. *Escurrimiento concentrado con procesos iniciales de erosión lineal. El escurrimiento concentrado ha generado la erosión superficial de la capa de suelo y se ha contenido por la pedregosidad de la capa regolítica infrayacente al horizonte A. El grado de carcavamiento es 2.* 83

Figura 70. *Sitio de efluencia del manto freático establecido a 152.3 msnm. El sitio se encuentra sobre el lecho de una corriente intermitente. El líquido es bombeado para uso agrícola-pecuario.* 83

Figura 71. *Contraste del sitio 8 en época de lluvias. Se observa acumulación de sedimentos producto de las crecientes generadas por las lluvias arrojadas por los ciclones tropicales que se presentaron en el Golfo de México.* 84

Figura 72. *Puente que conecta la localidad de Tepetates con la cabecera municipal Soledad de Doblado. El caudal en época de lluvias extraordinarias representa un peligro para la infraestructura, debido a que en hechos históricos se ha tenido que reconstruir.* 84

Figura 73. *Contraste de la Figura 10 con respecto a la temporada de lluvias.* 85

Figura 74. *Infraestructura vial. En el sitio se encontró que el escurrimiento es de tipo intermitente, sin embargo, el sitio es un importante proveedor de humedad en el ecosistema local, ya que se encontró indicios de humedad alta.* 85

Figura 75. *Pozo de agua. Nivel freático a n aproximado de 6 m de profundidad.* 86

Figura 76. *El pozo de agua localizado en el periodo de secas es rebasado por el nivel por acumulación de agua en una terraza aluvial (salida de lluvias).* 86

Figura 77. *Jagüey. Práctica común en la región para captar agua de lluvia y humedad. Los jagüeyes ya establecidos facilitan la recarga de acuíferos por infiltración lenta. Aunque su establecimiento causa controversia por las afectaciones al suelo, estos cumplen un papel importante en la zona, de manera tanto social como ambiental.* 87

Figura 78. *En época de lluvias es utilizado únicamente como abrevadero, sin embargo, también tienen una función ecosistémica importante, sobre todo en las comunidades locales de anfibios.* 87

Figura 79. *Arroyo intermitente. No se notó gran capacidad de caudal, ya que la vegetación cumple un papel de ralentizador de cauce. Se encuentra medianamente perturbado por proximidad a asentamientos humanos y vías de comunicación.* 88

Figura 80. *Acumulación de agua en zonas con mayor depresión. No se encontró presencia de flujo continuo.* 88

Figura 81. *Escurrimiento intermitente con incisión lineal media. Presenta un muro-dique para la retención de agua y también cumple la función de retenedor de corriente.* 89

Figura 82. *Foto desde la misma perspectiva tomada en temporada de lluvias.* 89

Figura 83. *Corriente perenne correspondiente al Río Tenenexpan, con niveles de caudal por abajo de la normalidad según pobladores.* 90

Figura 84. *Zona inundable en el AP localizado en temporada de lluvias.* 90

Figura 85. *Nuevo sitio de prospección hidrológico descubierto en la temporada de lluvias.* 91

Figura 86. *Río Jamapa con agua turbia por lluvias recientes en la parte alta de la cuenca.* 91

Figura 87. *Hidrología subterránea del SAR del proyecto.* 93

Figura 88. *Profundidad del nivel estático en m (2013), en el acuífero 3006.* 95

Figura 89. *Profundidad del nivel estático en m (2013), en el acuífero 3008.* 97

Figura 90. *Sitios de monitoreo de hidrología subterránea en las inmediaciones del SAR del proyecto.* 102

Figura 91. *Mapa de uso de suelo y vegetación, clasificación supervisada.* 106

Figura 92. *Sitios de colecta de datos.* 110

Figura 93. *Uso de suelo de tipo agropecuario (secas).* 112

Figura 94. *Vegetación secundaria de selva baja caducifolia (secas).* 113
Figura 95. *Frecuencia de especies por familia.* 115
Figura 96. *Frecuencia de especies por forma biológica.* 115
Figura 97. *Curvas de acumulación de especies en el SAR.* 124
Figura 98. *Curvas de acumulación de especies en AP.* 131
Figura 99. *Búsqueda de herpetozoos. Se buscaron organismos bajo piedras, ya que son micro hábitats para que los organismos habiten.* 134
Figura 100. *Ubicación de los transectos de observación de herpetofauna en el SAR y el predio del proyecto durante la temporada de secas.* 142
Figura 101. *Ubicación de los transectos de observación de herpetofauna en el SAR y el predio del proyecto durante la temporada lluvias 2024.* 143
Figura 102. *Especies de anfibios y reptiles registradas en los transectos de observación. Esquina superior izquierda Holcosus undulatus (Lagartija arcoíris), esquina superior derecha izquierda Sceloporus variabilis (Lagartija espinosa de panza rosada), esquina inferior izquierda Aspidoscelis guttatus (Ticuiliche mexicano) y esquina inferior derecha Aspidoscelis deppi (Huico siete líneas).* 145
Figura 103. *Número de individuos por especies de herpetozoos registradas durante la temporada de secas 2024, en el SAR y AP, del proyecto PF Tepetates.* 146
Figura 104. *Número de individuos por especies de herpetozoos registradas durante la temporada de lluvias 2024, en el SAR y AP, del proyecto PF Tepetates.* 147
Figura 105. *Curva de rango – abundancia de las especies de reptiles registradas durante el monitoreo de herpetofauna del proyecto PF Tepetates. Las abreviaciones corresponden a:* ***AspGut****: Aspidoscelis guttatus,* ***SceVar:*** *Sceloporus variabilis,* ***HolUnd****: Holcosus undulatus y* ***AspDep:*** *Aspidoscelis deppi.* 148
Figura 106. *Curva de acumulación de herpetozoos registrados en el proyecto PF Huerta.* 150
Figura 107. *Transecto para registro de aves y toma de evidencia fotográfica.* 153
Figura 108. *Ubicación de los transectos para muestreo de aves. La línea roja delimita el AP y la línea amarilla delimita el SAR. Las siluetas de aves indican el inicio y fin de cada transecto.* 155
Figura 109. *Número de especies reportadas por cada familia registrada en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates durante las dos campañas de muestreo.* 158
Figura 110. *Número de individuos registrados por especie durante los muestreos para el Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 163
Figura 111. *Ubicación de los sitios donde se registraron especies bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.* 167
Figura 112. *Curva de acumulación de especies durante las campañas de muestreo (secas y lluvias) 2024.* 168
Figura 113. *Ubicación de los transectos para detección acústica de murciélagos dentro del AP y SAR, durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024).* 173
Figura 114. *Dispositivo Echo Meter Pro conectado a teléfono celular para registro acústico de murciélagos. Imagen tomada de https://www.wildlifeacoustics.com/products/echo-meter-touch-2-pro* 174
Figura 115. *Número de especies por cada familia taxonómica registrada durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 176
Figura 116. *Número de pases activos con los que se registraron las especies durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024).* 177

Figura 117. *Ubicación de los sitios donde se registraron especies bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.* 184
Figura 118. *Curva de acumulación de especies de murciélagos registrados durante las campañas de muestreo (secas y lluvias) 2024.* 185
Figura 119. *Ubicación de los transectos para registros de mastofauna no voladora presente en el AP y SAR del Proyecto Eólico Tepetates.* 191
Figura 120. *Ubicación de las trampas cámara en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 193
Figura 121. *Colocación de Cámaras-Trampa.* 194
Figura 122. *Se indica los sitios donde se colocaron las líneas de trampas Sherman en el AP y SAR.* 195
Figura 123. *Trampa Sherman colocada para captura de mamíferos pequeños (Roedores).* 196
Figura 124. *Ubicación de las trampas Tomahawk en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.* 197
Figura 125. *Trampa Tomahawk colocada en el AP y SAR para captura de mamíferos medianos.* 198
Figura 126. *Órdenes y porcentaje de especies que los representan.* 200
Figura 127. *Ubicación de las especies NOM registradas durante los periodos de muestreo.* 205
Figura 128. *Grafica de acumulación de especies registradas durante la temporada de secas y la de lluvias en la zona del Proyecto Fotovoltaico Tepetates* 206
Figura 129. *Localidades ubicadas dentro del Sistema Regional Ambiental del proyecto.* 212
Figura 130. *Localidades cercanas al área del proyecto.* 213
Figura 131. *Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2016-2030 de los municipios del área del SAR. Fuente: CONAPO, 2010.* 214
Figura 132. *Tasa de crecimiento (2020-2040) poblacional en los municipios del área del SAR. Fuente: CONAPO, 2024.* 216
Figura 133. *Pirámide de poblacional.* 217
Figura 134. *Participación de las actividades económicas en el Producto Interno para el estado de Veracruz Ignacio de la Llave 2020. Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales. Producto Interno Bruto por Entidad (PIBE) 2020. Datos preliminares.* 227
Figura 135. *Población emigrante a USA por entidad federativa. Fuente: Cuéntame INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.* 232
Figura 136. *Causas de la migración en el estado de Veracruz Ignacio de la Llave. Fuente: Fuente: Cuéntame INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.* 233
Figura 137. *Núcleos agrarios dentro del SAR.* 236
Figura 138. *Pueblos indígenas en el estado de Veracruz. Fuente: Atlas de los pueblos indígenas de México. - INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas / INALI.* 238
Figura 139. *Sitios arqueológicos en el estado de Veracruz (Fuente; INAH, consultado en 2025).* 240
Figura 140. *Sitio arqueológico Castillo de Teayo. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 241
Figura 141. *Sitio arqueológico Cempoala. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 242
Figura 142. *Sitio arqueológico Cuajilote. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 243
Figura 143. *Sitio arqueológico Cuyuxquihui. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 244
Figura 144. *Sitio arqueológico El Tajín. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 245
Figura 145. *Sitio arqueológico El Zapotal. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 246
Figura 146. *Sitio arqueológico Las Higueras. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 247

Figura 147. *Sitio arqueológico Quiahuiztlán. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 248
Figura 148. *Sitio arqueológico San Lorenzo Tenochtitlan. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 249
Figura 149. *Sitio arqueológico Tres Zapotes. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 250
Figura 150. *Sitio arqueológico Vega de la Peña. Fuente: INAH, consultado en 2025.* 251
Figura 151. *Diagrama de puntos de observación de una cuenca visual.* 253
Figura 152. *Mapa de visibilidad del proyecto.* 256
Figura 153. *Calidad visual intrínseca del paisaje del SAR.* 260
Figura 154. *Fragilidad visual intrínseca del paisaje del SAR.* 264
Figura 155. *Representación visual de los valores de criticalidad existentes en el SAR del proyecto.* 281
Figura 156. *Distribución de los USV para la serie IV en el SAR.* 284
Figura 157. *Distribución de los USV para la serie VII en el SAR.* 285
Figura 158. *Mapa de Integridad Ecosistémica del país elaborado por la CONABIO.* 287
Figura 159. *Integridad Ecosistémica existente en el SAR del proyecto.* 288
Figura 160. *Escala para la emisión del diagnóstico con base en índices de criticalidad.* 290

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

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) tiene como objeto definir un espacio finito de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación de impacto ambiental concordante con la dimensión del proyecto que se valora. Tal delimitación puede ser definida por los límites naturales de los ecosistemas que circundan el proyecto; por lo tanto, el SAR para el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV se realizó considerando la naturaleza del proyecto, su dimensión, el sitio donde se ubicará, así como también tomando en cuenta sus posibles interacciones con los procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Como lo menciona la guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (SEMARNAT, 2022), el diseño del SAR "equivale a definir la unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental", misma que debe estar basada en un sistema que permita analizar y entender la dinámica de los ecosistemas circundantes a la zona en donde se instalará el proyecto; por lo cual como paso inicial se sugiere que dicho análisis para obtener el SAR puede llevarse a cabo delimitando analítica y gráficamente una región que considere homogeneidad relativa y continuidad en sus componentes, mismos que interactuarán en espacio y tiempo; todo esto, mediante la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales afines (SEMARNAT, 2022).

Para obtener las unidades espaciales que interaccionan entre sí y mediante ello establecer los límites del SAR se decidió tomar como referencia el método paisajístico de la geografía, el cual busca integrar atributos ambientales del medio y a su vez realizarles un análisis para establecer una clasificación jerárquica; por lo que según Priego *et al.* (2008), los paisajes pueden definirse por un principio histórico-evolutivo y uno estructural-genético. El principio histórico-evolutivo menciona que un paisaje ha evolucionado conjuntamente a través de millones de años, por lo que los componentes más estables en este principio incluyen la litología, la estructura geológica y el tipo de clima, siendo éstos los elementos relacionados con la génesis del paisaje. El principio estructural-genético implica que las entidades geográficas poseen una estructura definida y son resultado de un proceso de formación, teniendo una jerarquía determinada por la geología, las geoformas (relieve), las condiciones hidroclimáticas, la edafología y la biota (vegetación y uso de suelo) (Priego *et al.* 2008).

Al seguir ambos principios, se garantiza que el análisis del paisaje incluye tanto los componentes naturales y antrópicos; con lo cual se obtendrá una jerarquía debidamente fundamentada.

Con base en lo anterior, se toman como **unidades superiores de paisaje**, todas aquellas conformadas por la litología, el relieve y el tipo de clima. Posteriormente, una subdivisión de estas es considerada al agregar edafología y uso de suelo y vegetación existente, con lo cual se obtendrán las **unidades inferiores del paisaje,** mismas que permiten dividir la superficie que se está analizando.

Para establecer mediante Unidades de Paisaje los límites del SAR para el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV se decidió emplear el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.8, en donde fueron procesados datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), IG-UNAM-INE-SEMARNAT y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); correspondiente a información como Relieve, Geología, Clima, Edafología, Uso del suelo y vegetación (Serie VII). Todos los datos antes mencionados fueron trabajados en una proyección UTM zona 14 Norte con Datum WGS84.

Los pasos que se siguieron para llevar a cabo la delimitación del SAR comenzaron con generar las unidades superiores de paisaje (*Figura 1*) y después las unidades inferiores (*Figura 2*) Todas las capas utilizadas se intersectaron y al resultado se le aplicó un área mínima cartografiable, excluyendo los polígonos que tuvieran una superficie menor a 1 km^2.

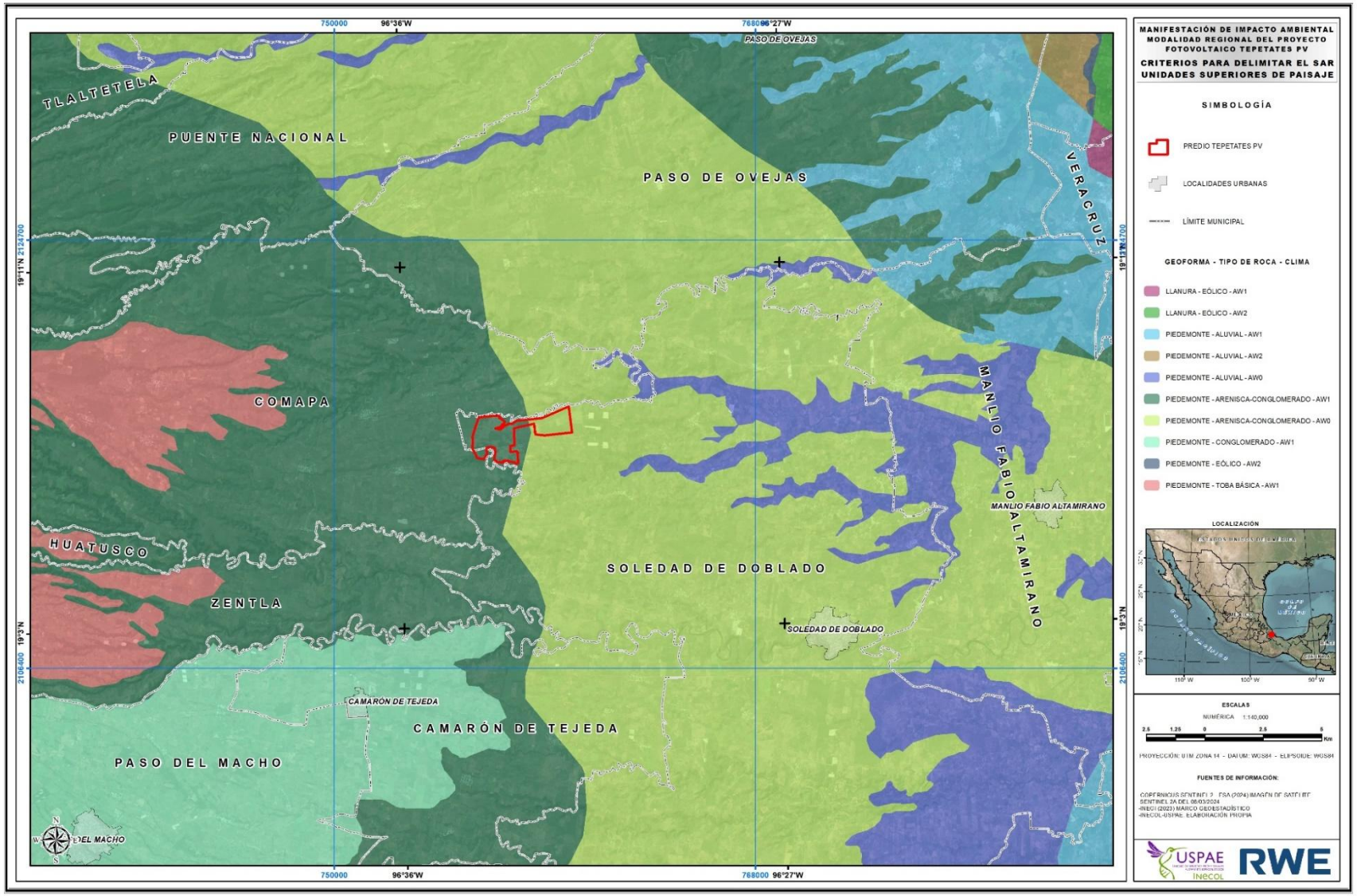


Figura 1. Unidades Superiores de Paisaje en las inmediaciones del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.

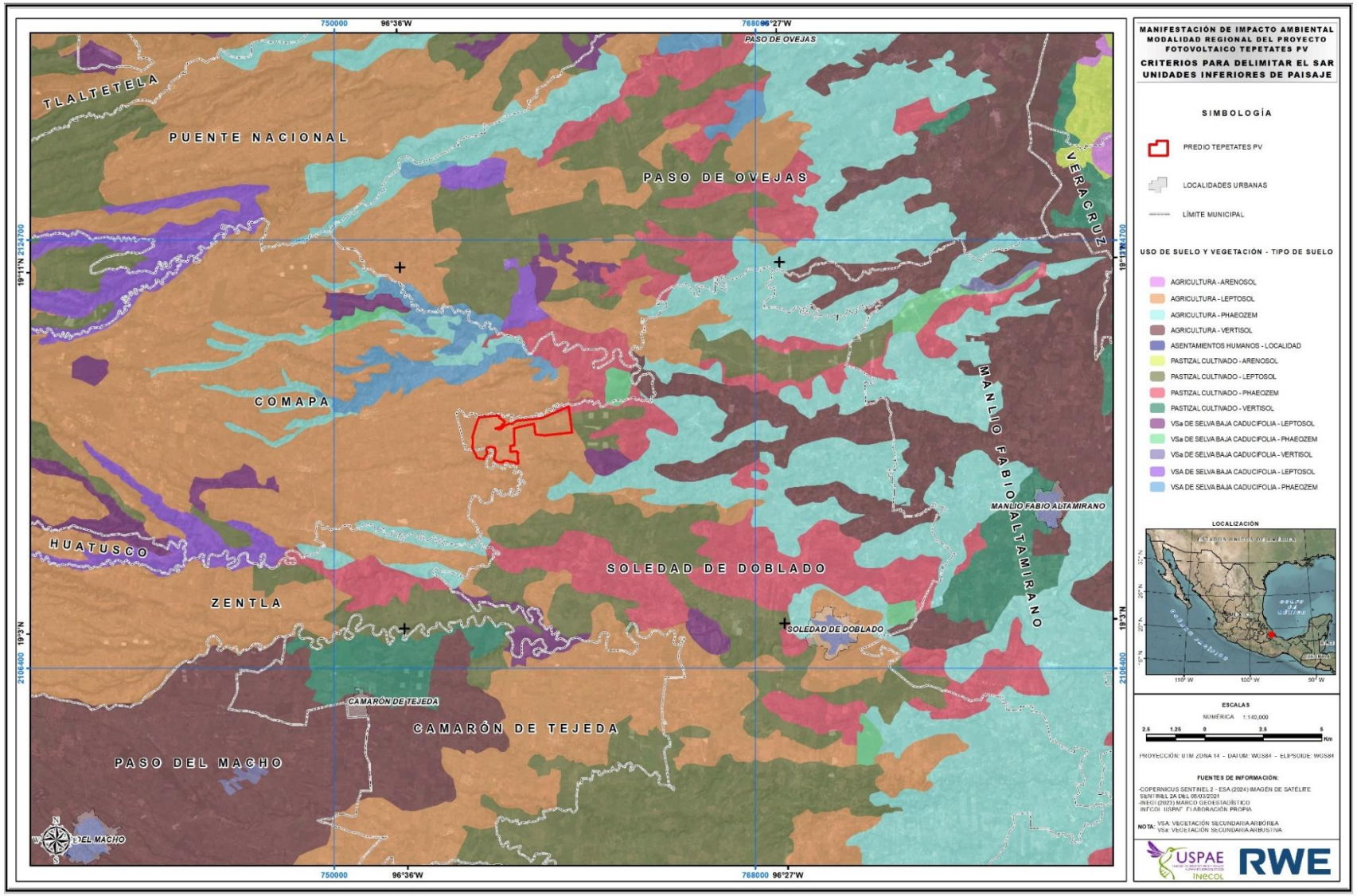


Figura 2. Unidades Inferiores de Paisaje en las inmediaciones del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.

Posteriormente se seleccionaron las unidades de paisaje que incidían sobre el predio del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV y en un radio de 10 km, para después volver a seleccionar todas aquellas que presentaban una homogeneidad constante a lo largo de la región que representara las características similares al área donde se localiza el proyecto. Dichas características pertenecen a la interrelación de las variables que se presentan en el (*Cuadro 1*).

Cuadro 1. Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Litología	Depósito Aluvial, Arenisca-Conglomerado, Conglomerado, Toba básica
Relieve	Piedemonte
Clima	Aw0, Aw1
Edafología	Leptosol, Phaeozem, Vertisol
Uso suelo y vegetación	Agricultura, Pastizal cultivado, Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia,

Como resultado se obtuvo una poligonal como una primera propuesta de SAR (*Figura 3*). Sin embargo, dicho polígono resultó ser muy extenso tomando en cuenta que ciertos límites estaban ubicados a una gran distancia del proyecto (en promedio 19 km), no existiendo una transferencia directa de flujos de materia y energía del proyecto con las áreas más lejanas incluidas en la primera propuesta de SAR; por lo que se tomó la decisión de acotar más los límites del SAR considerando ahora elementos de regulación ambiental para obtener una delimitación del SAR más robusta. Entre estos elementos están: Regiones Terrestres Prioritarias, Regiones Hidrológicas Prioritarias, AICAS, Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales, Sitios Ramsar, Microcuencas y Ordenamientos Ecológicos. Estas capas temáticas fueron obtenidas de CONABIO, FIRCO, INEGI, CONANP y de los Gobiernos Estatales para el caso de los Ordenamientos Ecológicos. Toda esta información fue previamente pre-procesada y trabajada con una proyección UTM zona 14 Norte con Datum WGS84.

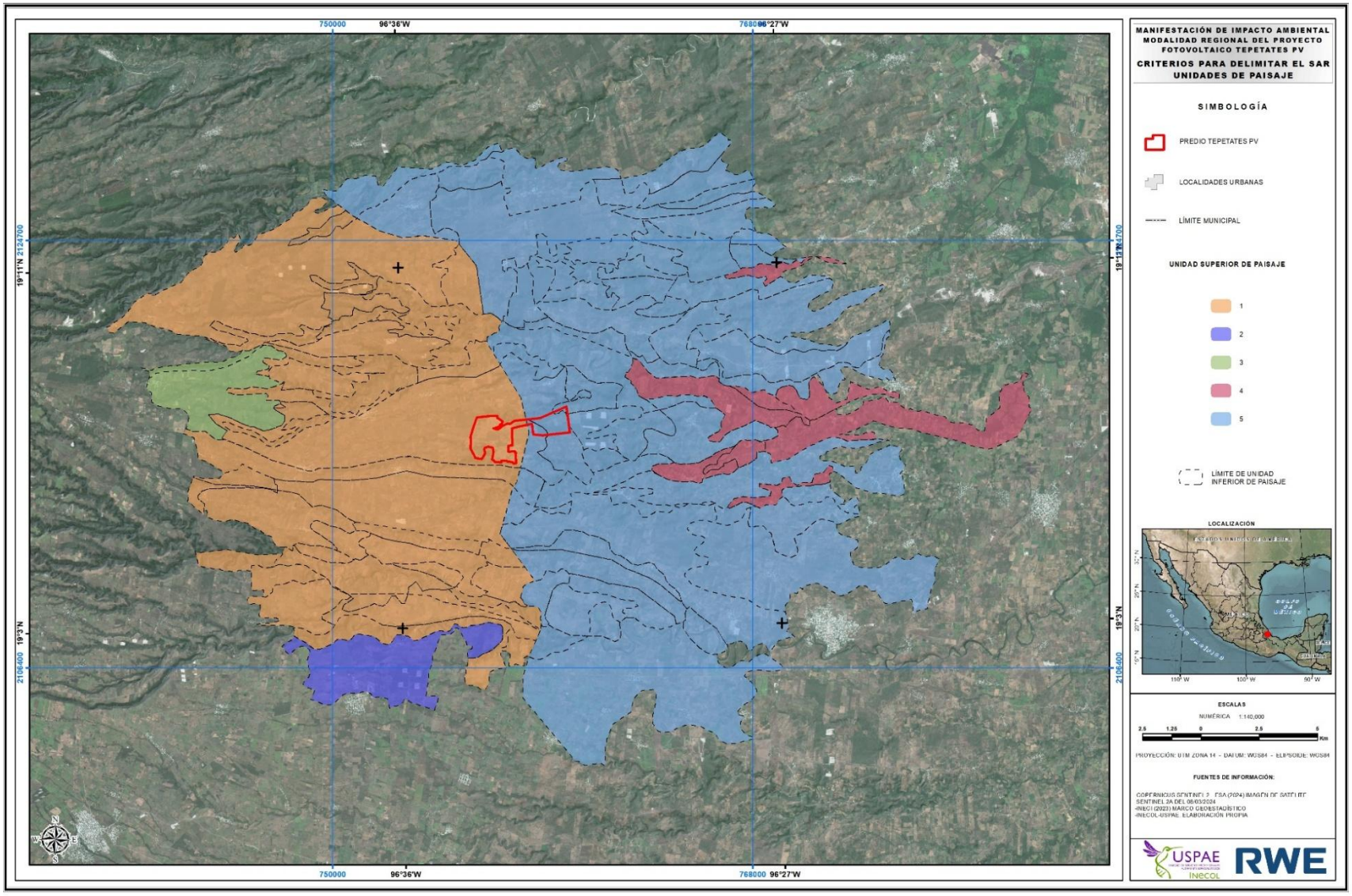


Figura 3. Delimitación del SAR considerando solamente unidades de paisaje (UP).

A la delimitación del SAR obtenida mediante las unidades de paisaje se integraron las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), encontrando que estas no presentan incidencia directa con el SAR previamente definido, ni mucho menos con el predio del proyecto y/o sus inmediaciones, por lo que estas fueran desechadas como elementos para acotar al SAR. De la misma manera, se constató la ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) respecto al SAR, encontrando que la poligonal de la Región Río La Antigua se ubica al interior del SAR, pero muy cercana al área del proyecto, por lo que de emplear dicha poligonal como límite para definir el SAR esto originaria que el SAR quedara muy restringido en las inmediaciones de predio del proyecto; por tal razón, también se tomó la decisión de no considerar a las RHP como límites del SAR previamente definido.

Después de haber verificado a las RHP para delimitar al SAR, se tomó la decisión de confrontar las poligonales de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), encontrando que estas delimitaciones presentan incidencia directa con el SAR previamente definido, principalmente en su porción Suroeste, por lo que fue empleado el límite del AICA Centro de Veracruz para ajustar la poligonal del SAR (*Figura 4*).

De igual manera se verificaron otros instrumentos de regulación ambiental importantes, por lo que se cotejaron las poligonales de las Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales, así como también de los sitios Ramsar, constatando que dichos elementos no presentan interacción al interior del SAR previo o que se localicen cerca de la poligonal del SAR; no siendo posible emplearlos como elementos para acotar al SAR, por lo que se omitieron como un criterio para su delimitación.

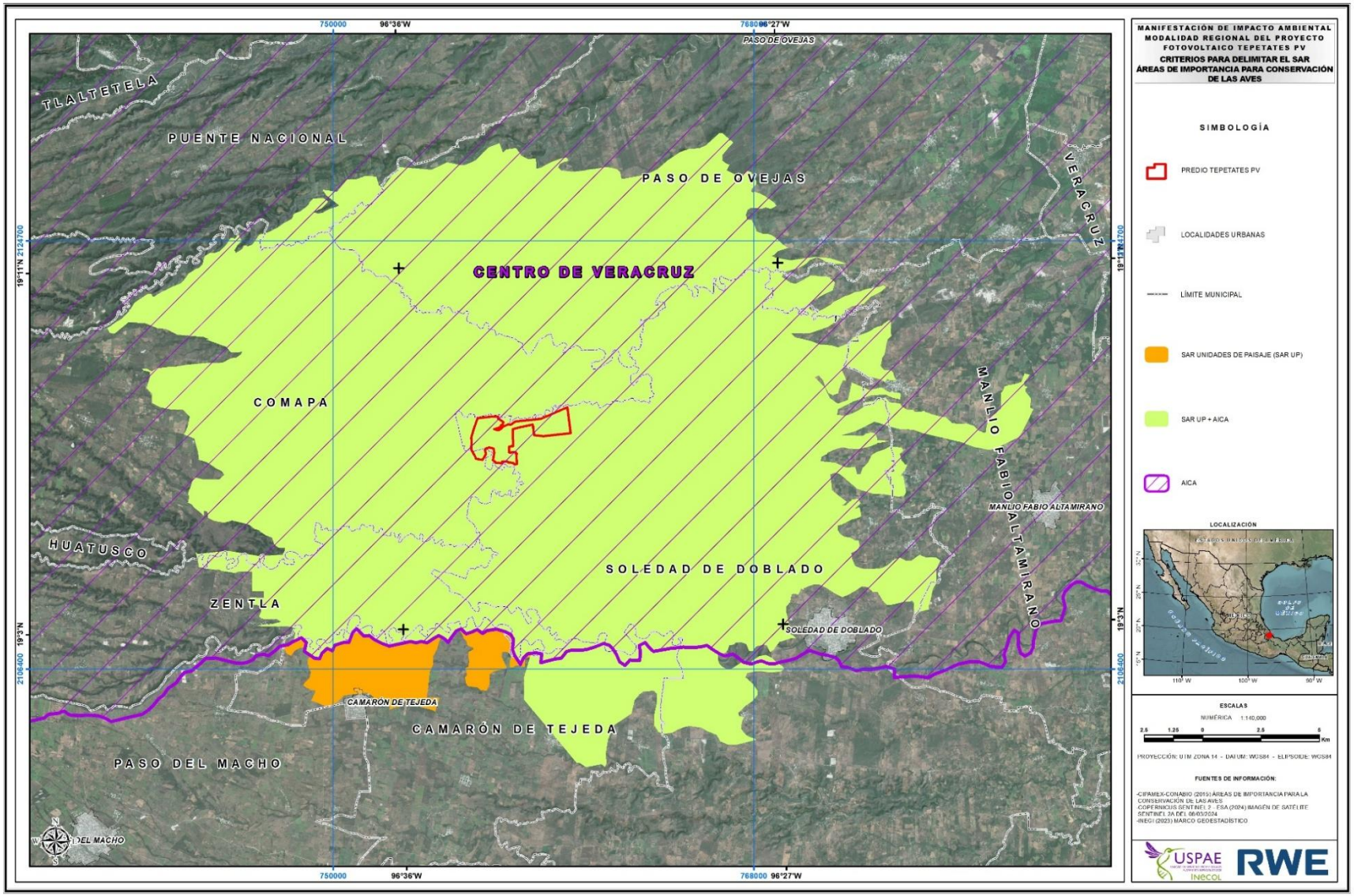


Figura 4. Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Área de Importancia para la Conservación de las Aves-AICA).

El siguiente criterio que se utilizó para la delimitación del SAR fueron las microcuencas. Estas ayudaron a delinear la poligonal del SAR principalmente en su porción Norte y mínimamente al Sur y al Este, con lo que el SAR quedó de mejor manera acotado al área del proyecto. Las microcuencas empleadas corresponden a las elaborados por FIRCO (2002) (*Figura 5*).

Por otra parte, también para la delimitación de la poligonal del SAR del proyecto se consideraron los límites de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) de los diversos Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial decretados que presentan incidencia sobre el área del proyecto y la región; esto, por ser el Ordenamiento Ecológico un instrumento de regulación ambiental en donde las UGA en sí mismas ya son un sistema de unidades homogéneas con elementos antrópicos y naturales.

Se obtuvieron los siguientes instrumentos de política ambiental para este análisis:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
- Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave

Como primer paso, se emplearon las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), corroborando que el SAR previamente definido está inmerso dentro de tres UGA. Debido a la conformación de las mismas UGA se detectó que tanto en la fracción Sur y hacía el Este del SAR previamente delimitado, dos UGA podrían ser empleadas para delimitar al SAR, por lo que se decidió utilizar sus límites para acotar al SAR.

Por otro lado, cabe mencionar que se identificó que las UGA del Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave también presentan incidencia al interior del SAR previo, por lo que se tomó la decisión de emplearlas para acotar los limites en su porción Norte, Sur y Este, por lo que fueron consideradas 8 UGA, y estas en conjunto con el resto de los elementos previamente empleados, así como también de las propias unidades de paisaje; permitieron emplearse en conjunto para acotar el SAR.

Finalmente, en la *Figura 6* se puede apreciar la delimitación del SAR considerando los Ordenamientos Territoriales.

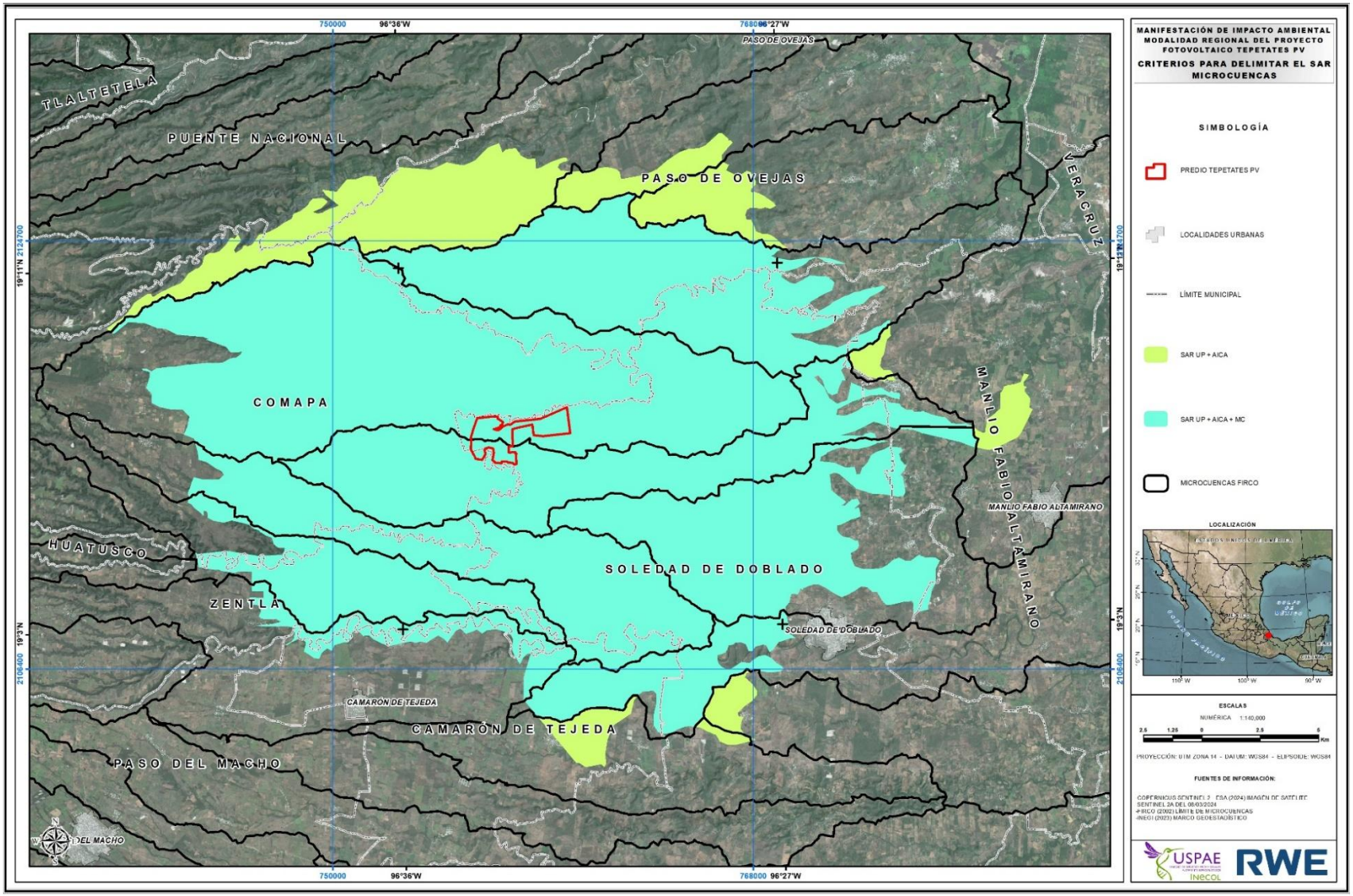


Figura 5. Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Microcuencas).

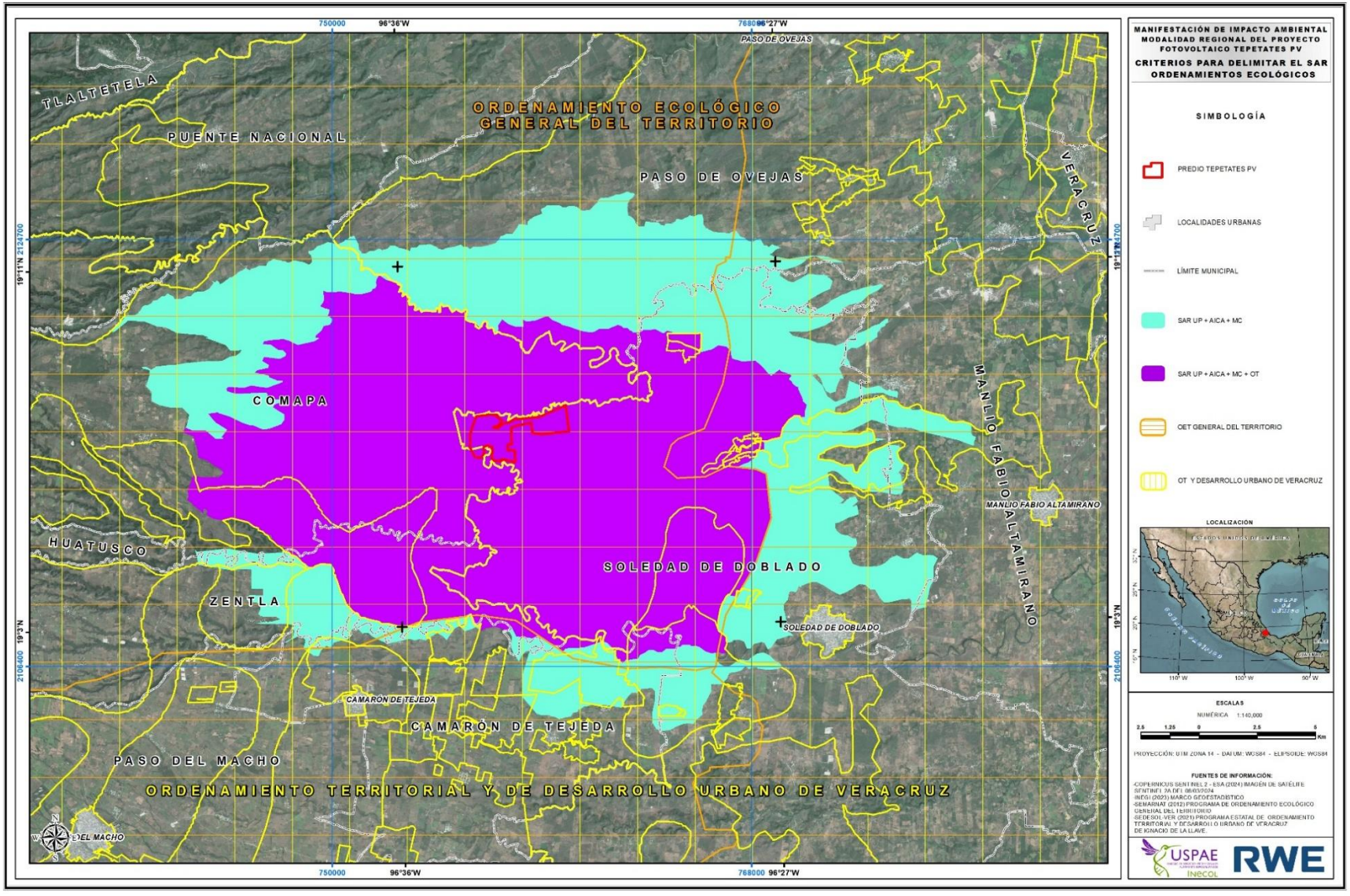


Figura 6. Criterios y elementos para la delimitación del SAR (Ordenamientos Ecológicos Territoriales).

Del análisis de sobreposición descrito anteriormente se llegó a la siguiente delimitación del SAR del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV:

Hacia el **Norte** se delimitó principalmente por las Microcuencas de FIRCO, Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz, así como también por las Unidades de Paisaje.

En el extremo **Este**, el límite del SAR lo establecieron principalmente las Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en segundo lugar, también las Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz y mínimamente la delimitación de Microcuencas de FIRCO.

Por el **Sur** fue empleado el límite generado en conjunto por las Unidades de Paisaje, Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz, Microcuencas de FIRCO, AICAS y Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Y hacia el **Oeste**, las Unidades de Paisaje se emplearon como el principal y único elemento para generar el lindero para conformar el SAR; puesto que ningún otro elemento considerando presenta sus límites en esta zona.

El *Cuadro 2* muestra de manera resumida los elementos que fueron considerados para delimitar al SAR, así como también los que fueron desechados.

Cuadro 2. Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.

ELEMENTOS PARA DELIMITAR EL SAR DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TEPETATES PV	
CONSIDERADOS	**DESECHADOS**
Unidades de Paisaje	ANP Federal
Microcuencas	ANP Estatal
AICA	Sitios Ramsar
UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Regiones Terrestres Prioritarias
UGA del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave	Regiones Hidrológicas Prioritarias

Como resultado de este análisis espacial, el Sistema Ambiental Regional del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV corresponde a un polígono irregular con una superficie de 285.599 km^2 y está conformado por 624 vértices (*Figura 7*, Anexo IV.1). Adicionalmente el *Cuadro 3* contiene la superficie del SAR, área de influencia del proyecto (su descripción se presenta en el siguiente apartado) y la superficie del proyecto (indicada en el capítulo II de la presente MIA).

Cuadro 3. Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR.

ZONA	SUPERFICIE	
	KM²	HECTÁREAS
Superficie del proyecto	2.368	236.834
Área de influencia	4.392	439.236
SAR	285.599	28,559.853

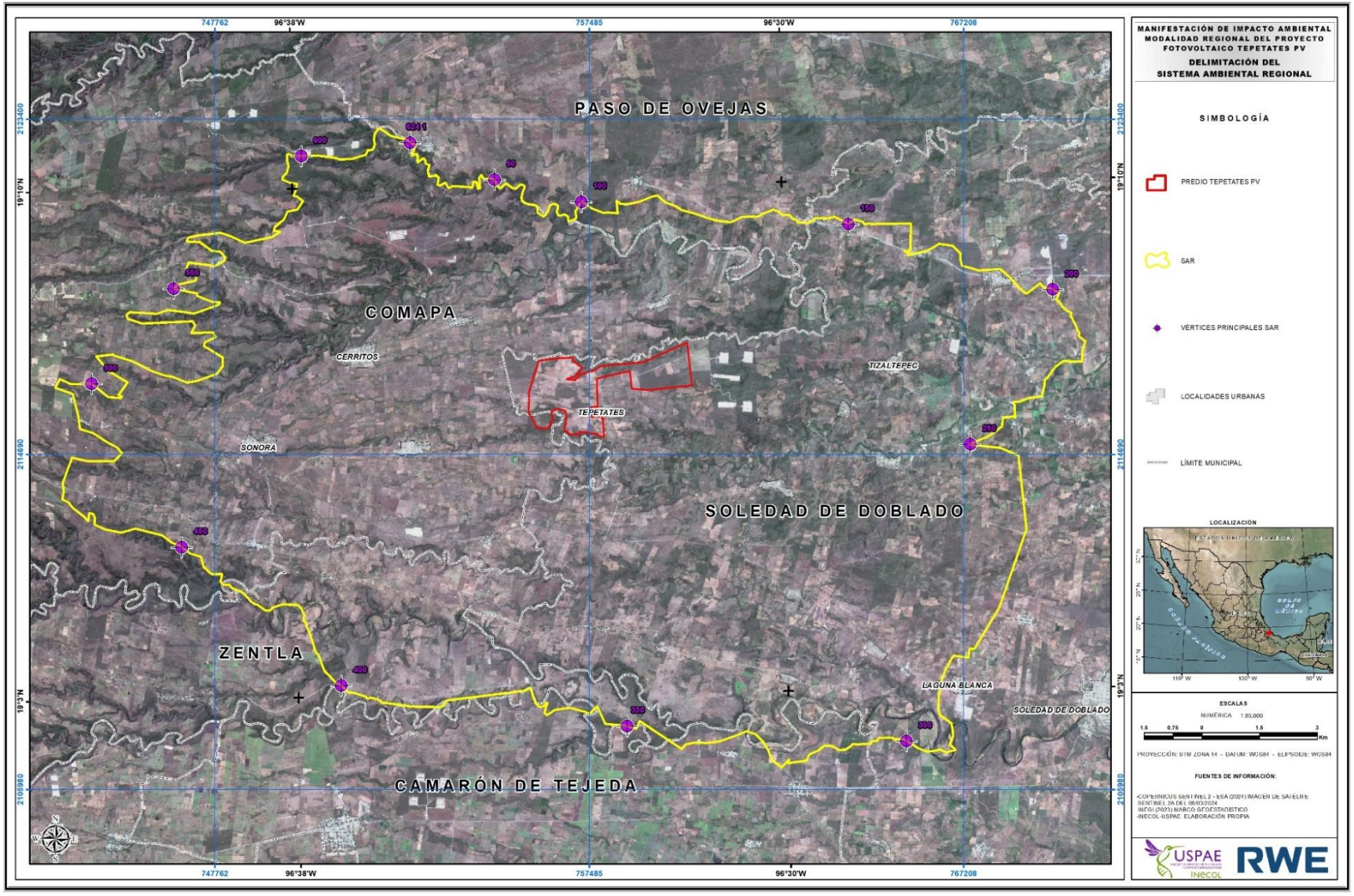


Figura 7. Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para obtener el Área de Influencia (AI) del proyecto se tomaron en consideración sus dimensiones, obras y la superficie en donde pudieran manifestarse efectos de los impactos ambientales significativos (tanto los positivos como los negativos) que pueden ocurrir por la implementación y operación del proyecto.

En primera instancia se consideraron las obras que integran el proyecto. Estas comprenderán principalmente el área y módulos fotovoltaicos, subestación eléctrica, zanjas de media tensión, centros de transformación, caminos internos, campamento de faenas y cuarto de control. Durante la etapa de preparación del sitio y construcción de estas obras se pueden pronosticar algunos impactos significativos a los componentes atmosférico, suelo, hidrológico y vegetación.

Para el componente ambiental atmosférico, los polvos y emisiones generadas por el uso de maquinaria, equipo motorizado y el movimiento de material no causará afectaciones de importancia fuera del predio del proyecto y del derecho de vía de la línea de transmisión. En el caso del material particulado, se considera que la dispersión de estos será mínima, por lo que para reducir aún más la dispersión de las partículas se buscarán realizar medidas para mitigar la afectación, misma que no se presentará más allá del derecho de vía de la línea de transmisión y predio del proyecto. Para el caso de las emisiones, se considera que los vehículos contarán con verificaciones constantes y mantenimiento que asegure que cumplan las NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-050-SEMARNAT-2018.

El componente agua se considera en la delimitación del AI por estar asociado a la modificación de los patrones de escorrentía, infiltración y la calidad de sus características fisicoquímicas, por lo que para asegurar que el flujo de las escorrentías siga su curso natural la ingeniería de detalle contempla obras de drenaje, así como el adecuado manejo de los residuos sólidos, líquidos y de manejo especial.

En el caso del suelo, se prevé un impacto ambiental principal cuyo radio de afectación puede ser contenido dentro del derecho de vía de la línea de transmisión y predio del proyecto, el primer impacto y con mayor potencial de ocurrir es la erosión hídrica y eólica. Al realizar el desmonte/despalme de la vegetación para edificar las obras pueden presentarse procesos de erosión, por lo que para contrarrestar este efecto adverso mismo que será puntualizado dentro del área de obras/predio del proyecto se llevarán a cabo acciones para controlar la erosión; tales como recuperación y posterior acomodo de suelos en sitios seleccionados, en donde después se colocará una cubierta protectora vegetal con el material vegetal removido; con lo que el suelo quedará menos expuesto a los procesos erosivos.

Posteriormente todas las obras fueron cargadas en el SIG y se pudo corroborar que todas se ubican al interior del predio del proyecto; por lo que los efectos directos por la implementación del proyecto se restringirán a todas estas zonas anteriormente señaladas.

Partiendo de las zonas previamente mencionadas fue necesario unificar dichas superficies en el software ArcMap 10.8, con lo que se obtuvo una sola poligonal, la cual está conformada por el predio del proyecto, misma que a su vez contiene a todas las obras que se construirán.

Finalmente se llegó a la delimitación del Área de influencia del proyecto, la cual tiene una superficie de 4.392 km^2 y está formada por 70 vértices (*Figura 8*) y Anexo IV.2. Como ya se mencionó, esta se conforma por el polígono del predio del proyecto; en cual engloba zonas en donde se prevé se presenten los impactos significativos por las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto.

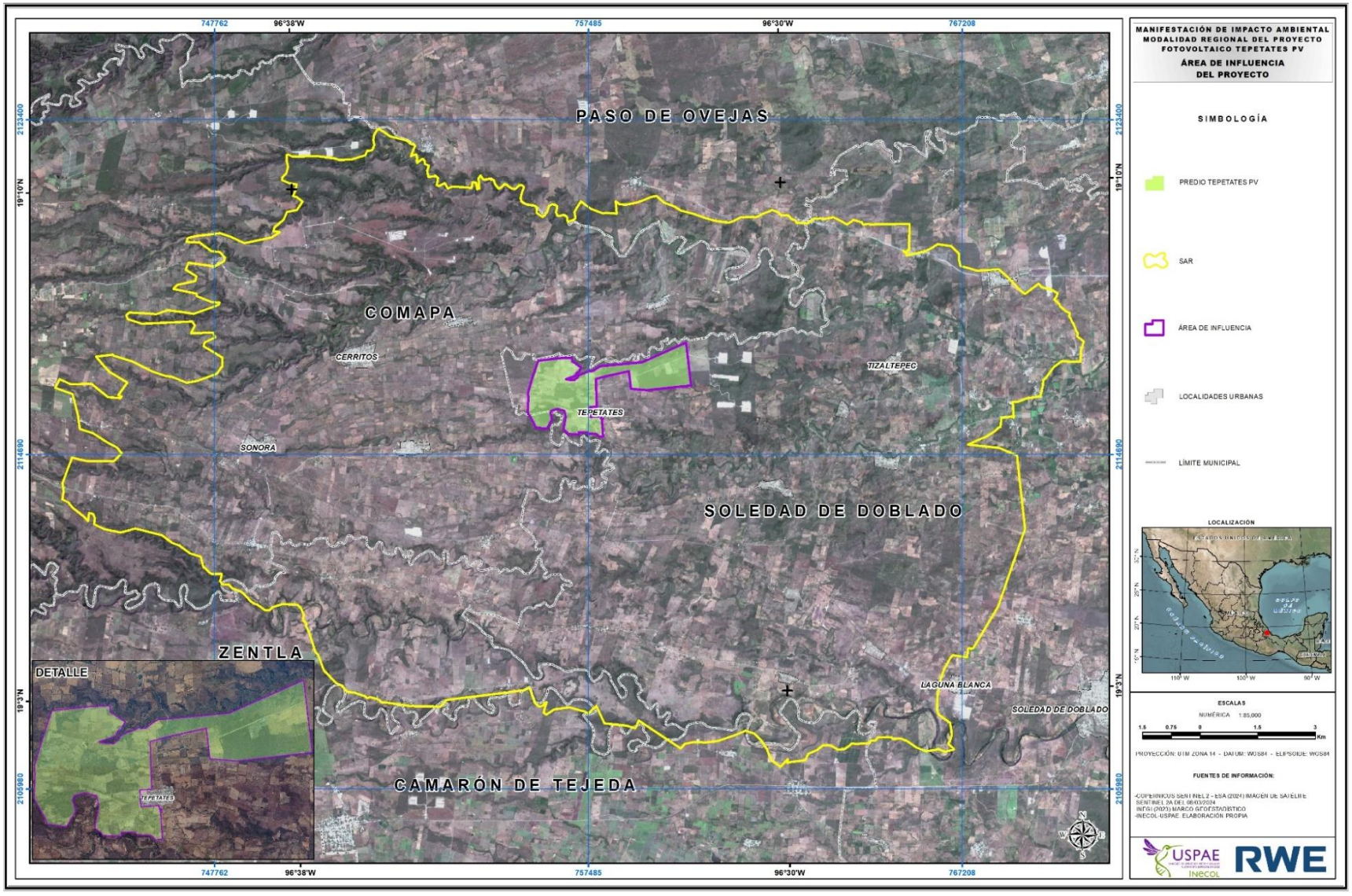


Figura 8. Área de influencia del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR

IV.3.1 MEDIO ABIÓTICO

IV.3.1.1 CLIMA

Debido a que no existen estaciones meteorológicas al interior del SAR que tengan datos operativos suficientes, se presenta una descripción del clima del Sistema Ambiental Regional (SAR) a partir de las normales climatológicas de una estación meteorológica: Soledad de Doblado, Ver., que se ubica a 3.5 km al sureste del SAR y a unos 14 km del proyecto (SMN, 2025) (*Figura 10*). Las normales incluyen temperatura y precipitación media y máxima, número de días con precipitación, tormentas eléctricas, granizo y niebla, entre otros registros.

Cuadro 4. Ubicación de estaciones climatológicas próximas al SAR.

NO.	ESTACIÓN	ESTACIÓN CONAGUA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1	Soledad de Doblado	30163	19.045833° N	96.425° W	94 msnm

Tipo de clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se presentan dos tipos de clima en el SAR, variantes del grupo de climas muy cálidos subhúmedos: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0) (*Cuadro 5*), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa.

Cuadro 5. Descripción de los tipos de clima presentes en el SAR.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Aw1	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Aw0	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Temperatura

De acuerdo a las Normales Climatológicas 1980-2010 (que fueron publicadas temporalmente en 2024 por el SMN, y que actualmente a inicios de 2025 en la página de la misma dependencia solamente aparecen las del periodo 1970-2000) la temperatura media anual es de 25.8°C en Soledad de Doblado, Ver. La temperatura media mensual más baja es de 21.6°C en el mes de enero, mientras que la más

alta es 29.8°C en mayo, por lo que con oscilación de 8.2°C, el sitio se puede considerar de oscilación térmica extremosa (e).

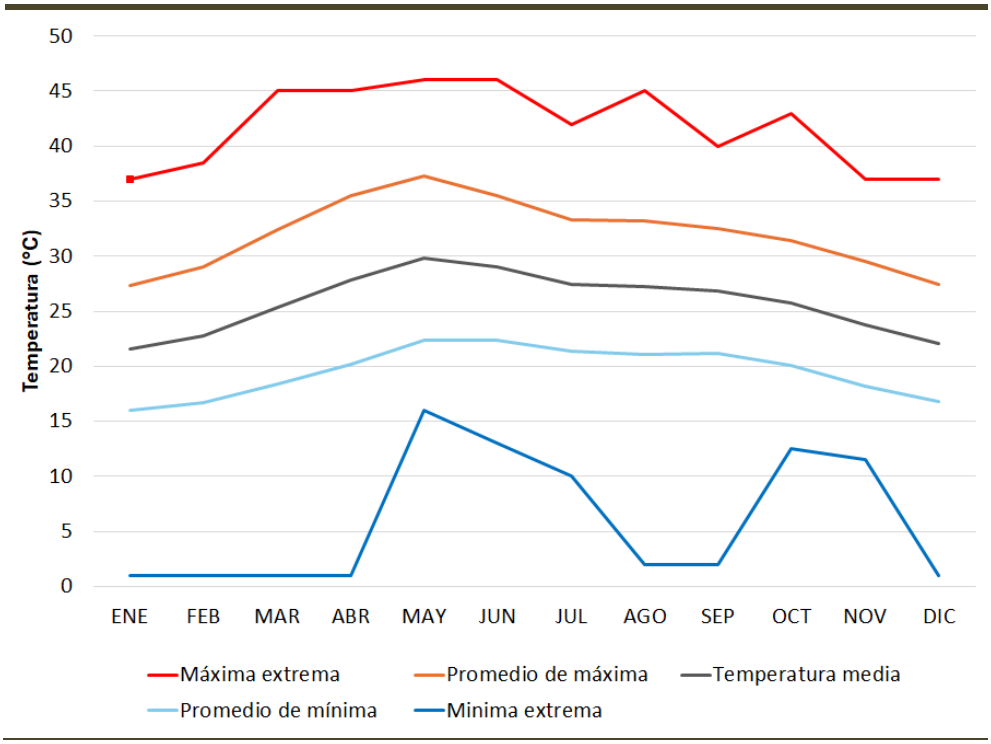


Figura 9. Marcha anual de temperatura, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.

La temperatura máxima extrema más alta registrada es de 46°C en durante los meses de abril, mayo, mientras que la temperatura mínima extrema más baja registrada ha sido de forma reiterada de 1°C en los meses de enero a abril e igualmente en diciembre, según los datos del SMN de 2024.

El climograma o diagrama ombrotérmico de acuerdo al índice de Gaussen de la estación de Soledad de Doblado se presenta en la *Figura 11*. Se observa que los meses de junio a septiembre (y relativamente en octubre) son los que se pueden considerar húmedos, mientras que el resto del año se presentan condiciones de déficit hídrico o sequía relativa.

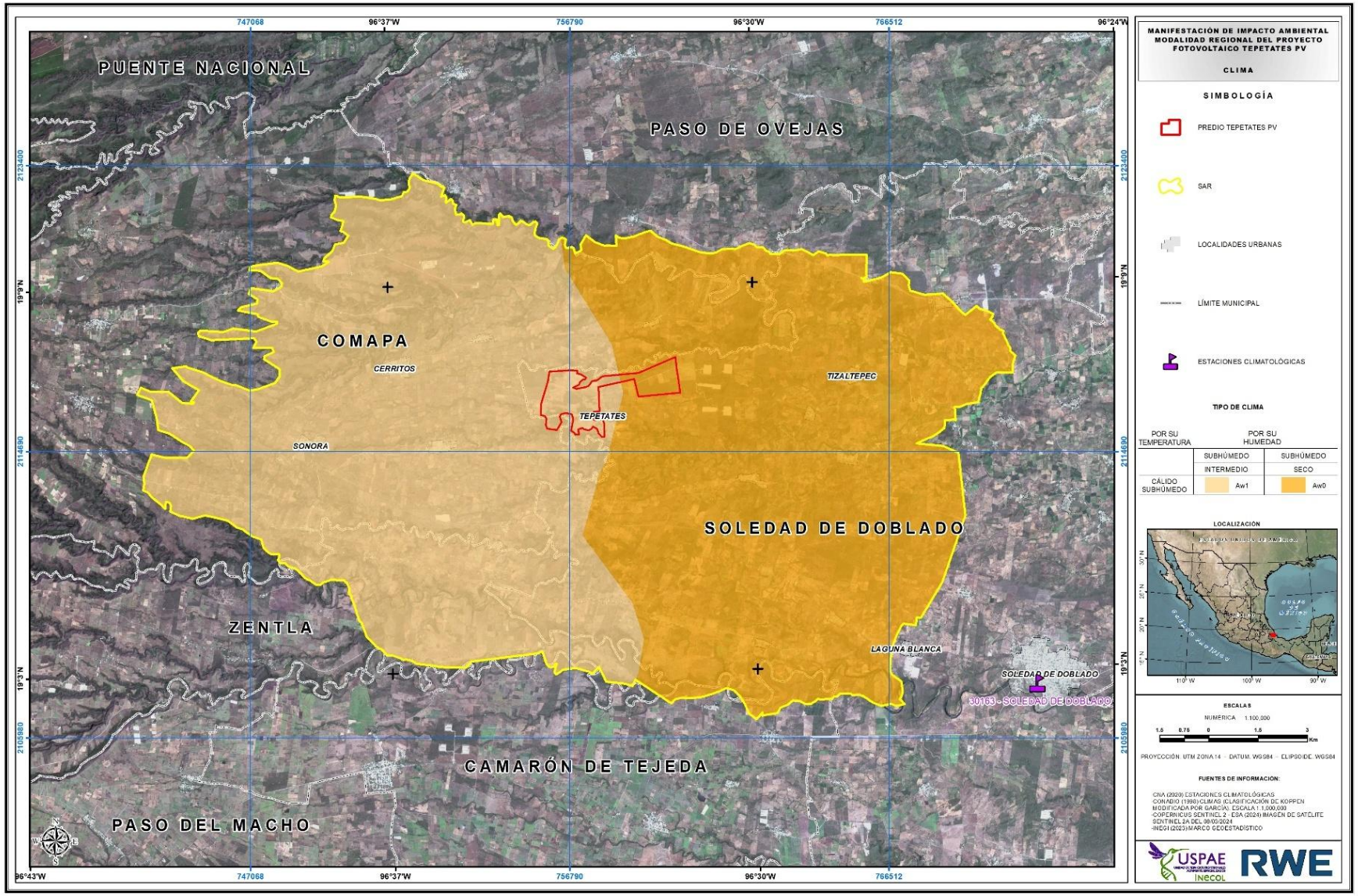


Figura 10. Mapa de Climas del SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV.

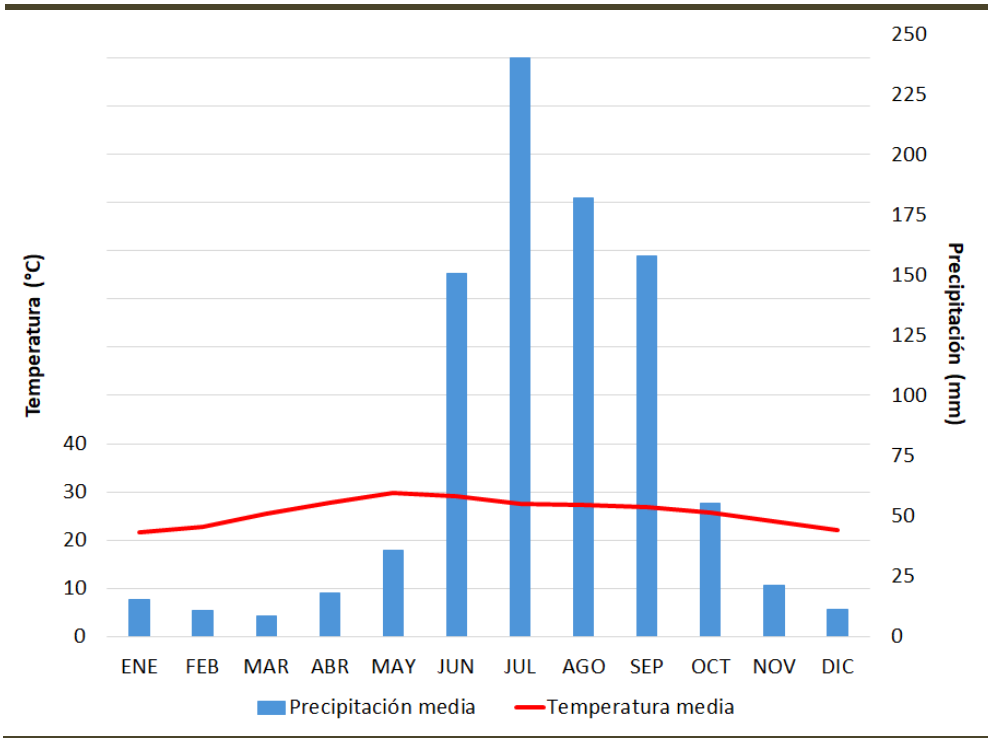


Figura 11. Gráfica ombrotérmica, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.

Precipitación

La región en general presenta dos franjas bien diferenciadas de variantes climáticas de clima muy cálido subhúmedo: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa debido a que recibe mayores valores de precipitación media.

La precipitación media anual de la estación Soledad de Doblado, Ver., es de 906.5 mm, con una mínima mensual de que va de 10.7 mm en febrero, y una máxima de 240.1 mm en julio. Esto significa que, además de una oscilación térmica extremosa, la precipitación también muestra una temporada de lluvias muy marcada, generando un contraste importante entre la temporada calurosa y lluviosa en el año, y la temporada relativamente menos calurosa, pero con un déficit hídrico intenso.

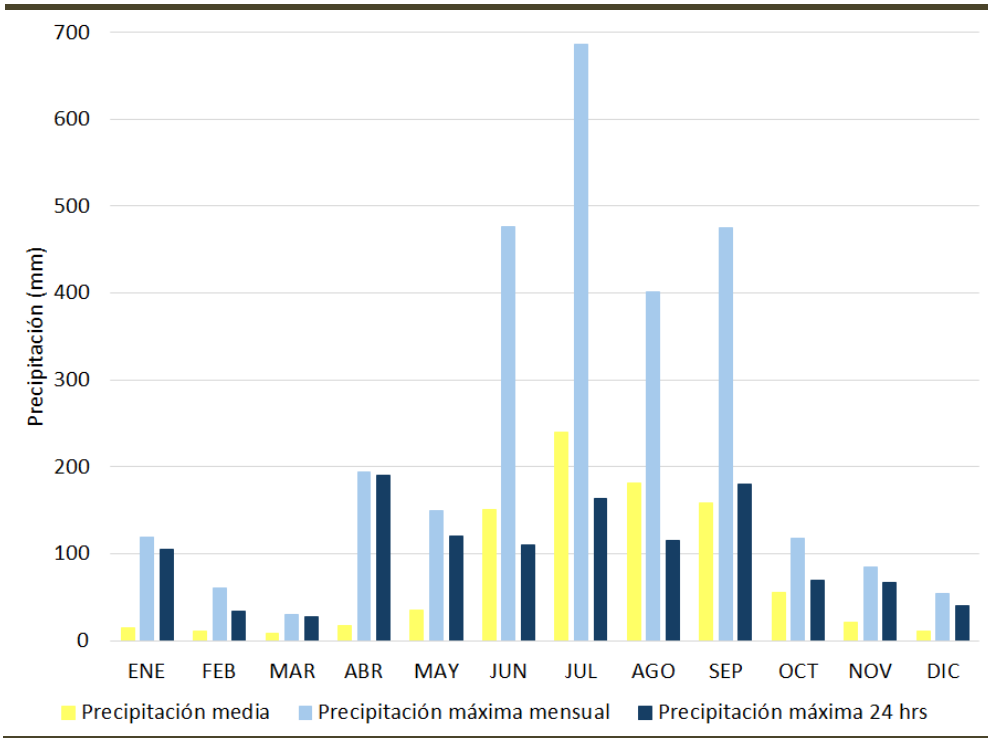


Figura 12. Precipitación media, máxima mensual y máxima diaria, estación Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.

Balance Hídrico

Se presenta un balance hídrico simple para la estación de Soledad de Doblado, Ver., graficando en una misma escala las cifras de precipitación y evaporación. En dicha estación, puede observarse que como promedio mensual entre los meses de mayo a octubre la precipitación excede los valores de evaporación, por lo que los meses de noviembre a abril son aquellos en los que se puede considerar que existe un déficit hídrico (*Figura 13*).

Sin embargo, la importante variación interanual en los valores de precipitación en la región, dan como resultado años que pueden ser atípicamente secos.

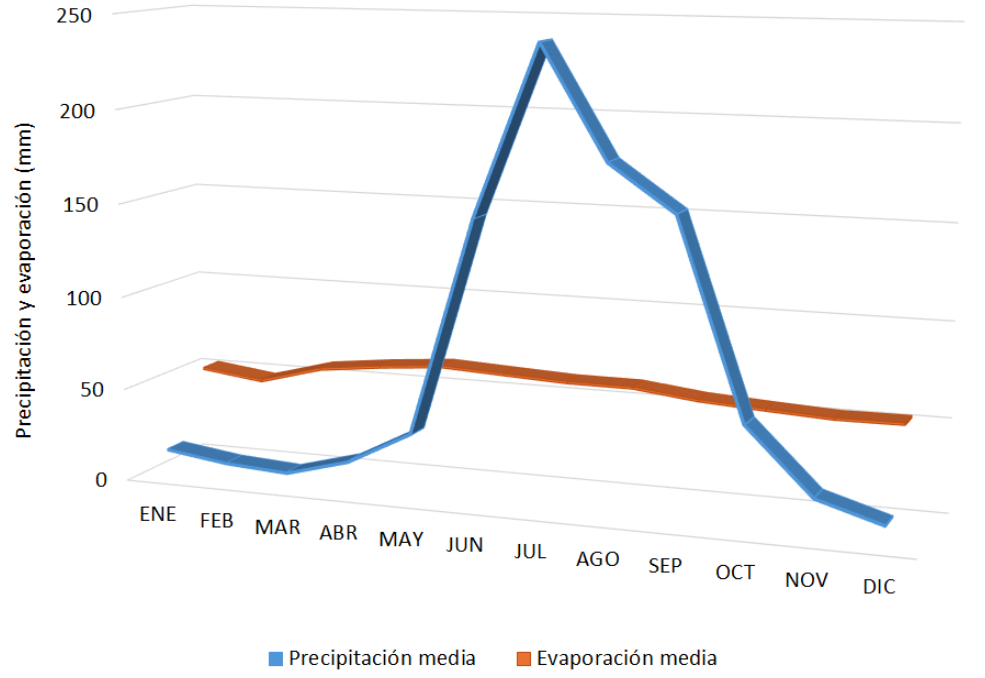


Figura 13. Balance hídrico, estación Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.

Vientos

El sistema de vientos dominante en la región central costera del estado de Veracruz tiene dos componentes principales durante el año. La primera y más importante para la región se presenta durante la primavera y el verano, cuando dominan los vientos del sureste, con una fuerte influencia de vientos del este, producto del desplazamiento hacia el norte tanto de la Zona Intertropical de Convergencia como de la Zona Subtropical de Alta Presión causando lluvias en verano y en parte del otoño, en el que la influencia ciclónica se recibe con mayor intensidad reforzándose el movimiento y vigor de los vientos del sureste y del este. A fines del otoño y principios del invierno la componente principal de los vientos se invierte y tienen influencia las masas de aire frío del norte o nortes.

Según la plataforma Meteoblue, en los alrededores de la localidad de Soledad de Doblado, Ver. los vientos dominantes proceden de del arco de direcciones N-ENE, con las dos componentes principales NNE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 431 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 334 h al año, así como de la dirección NE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 478 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 349 h al año. La rosa de los vientos de Soledad de Doblado se muestra en la *Figura 14*.

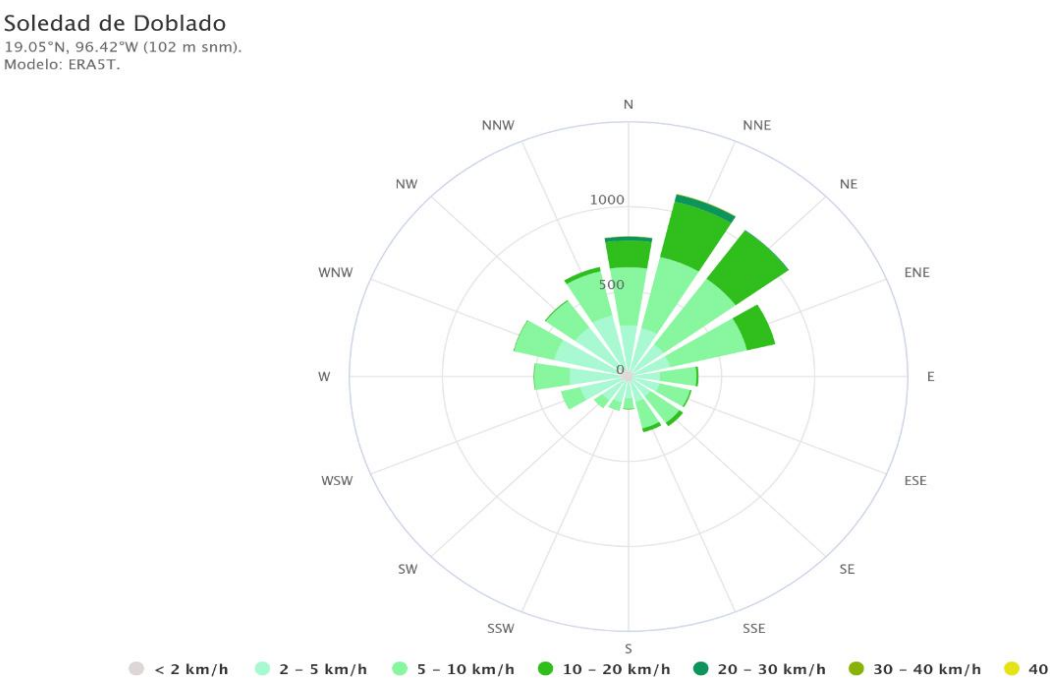


Figura 14. Rosa de vientos Soledad de Doblado, Ver. (Plataforma Meteoblue https://www.meteoblue.com).

Fenómenos Especiales

En la estación de Soledad de Doblado, Ver. no se registra un número relevante de días con fenómenos meteorológicos especiales más allá de los 2 días por mes como promedio con tormentas eléctricas entre junio y septiembre, así como el registro de los días con lluvia, que entre junio y septiembre ocurre de 8 a 11 días por mes (*Figura 15*).

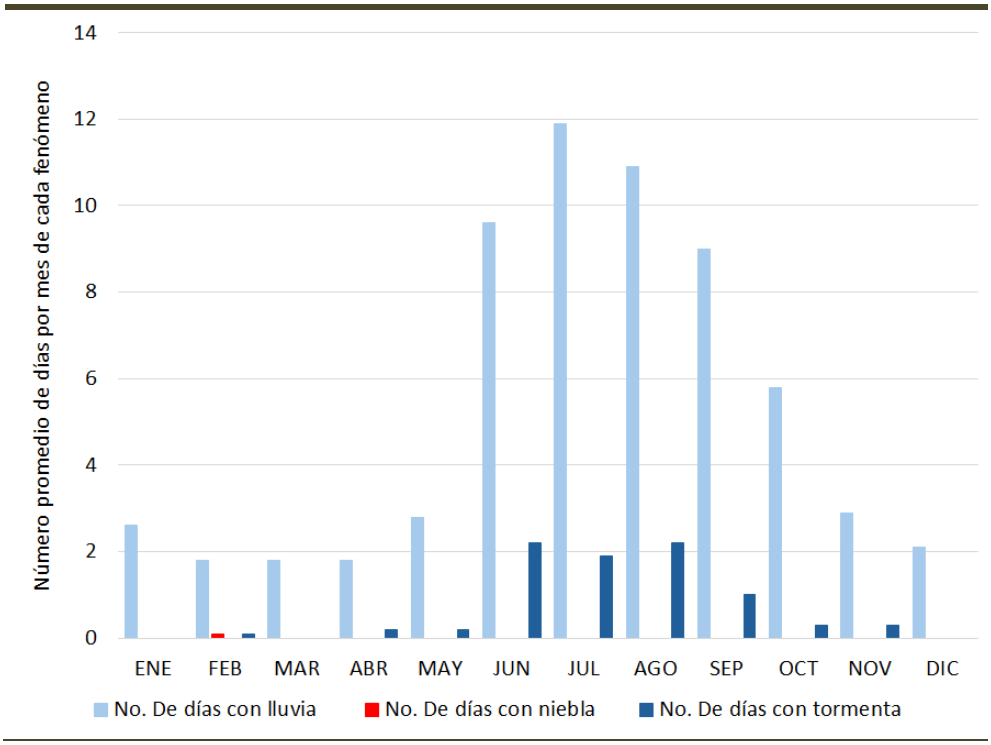


Figura 15. Fenómenos especiales, Soledad de Doblado, Ver. 1980-2010. SMN, 2024.

Probabilidad de afectación por ciclones tropicales

Los ciclones son inestabilidades atmosféricas asociadas a áreas de baja presión, que propician vientos convergentes en superficie, que fluyen en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Se originan sobre aguas tropicales o subtropicales y se clasifican, por la intensidad de sus vientos en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

En un estudio de CENAPRED, sobre la probabilidad de presentación de ciclones tropicales en la República Mexicana, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de los mismos en cuadrantes de 2° x 2°, con datos para el periodo 1960-1995 (Fuentes y Vázquez, 1997). El cuadrante que se sobrepone al proyecto abarca de los 94° a los 96° de longitud oeste y de los 18° a los 20° de latitud norte (*Figura 16*).

La probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado en dicho cuadrante es de 0,08; mientras que la probabilidad de que la región sea afectada por una perturbación tropical que alcance la categoría de tormenta tropical (con presión central entre 985,1 y 1 004 mb, y vientos entre 62,1 y 118 km/h) es de 0,051; y de 0,029 de que ingrese al área una perturbación con categoría de huracán (con presión central menor a los 985 mb, con vientos superiores a los 118,1 km/h). Esto indica que el riesgo de afectación directa por un ciclón tropical es relativamente bajo, en relación a otras regiones de México, por ejemplo, con los cuadrantes del Pacífico Tropical, que aparecen en la (*Figura 17*).

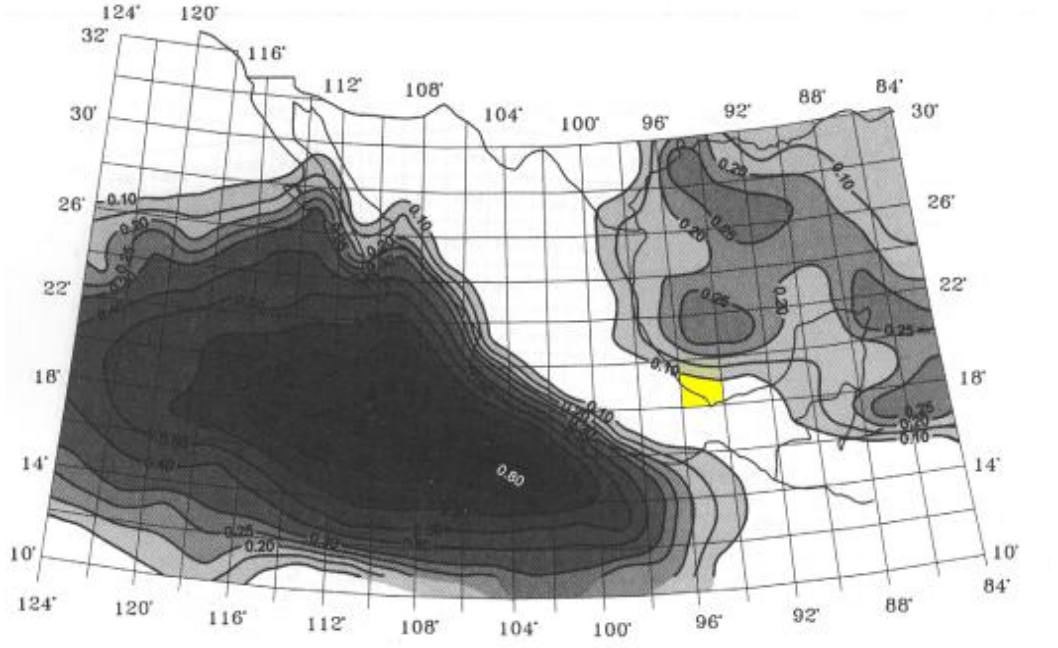


Figura 16. Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

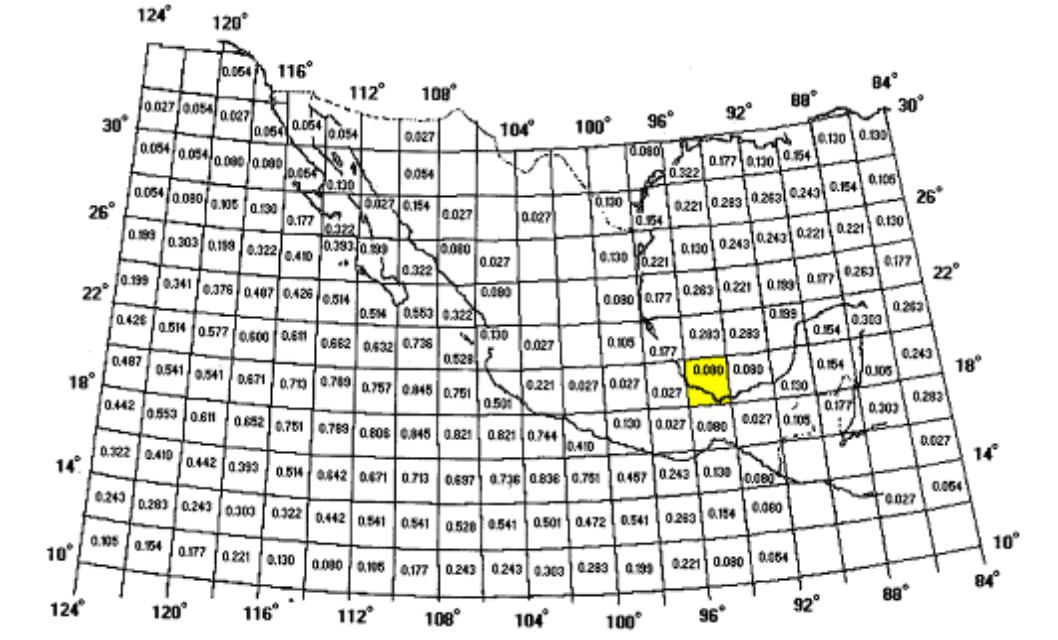


Figura 17. Probabilidades de presentación por cuadrante de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcados (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

En la actualización del estudio mencionado de CENAPRED, Baeza y Espinoza (2016) calcularon las probabilidades de presentación de los mismos para todo el contorno costero de la República Mexicana.

En la *Figura 18* se presenta la probabilidad de afectación por depresiones tropicales, que en el área del Proyecto es cercana a los valores de 0.34 (34%), mientras que la probabilidad de tormentas tropicales (*Figura 19*) es algo menor, del orden de 0.26 (26%).

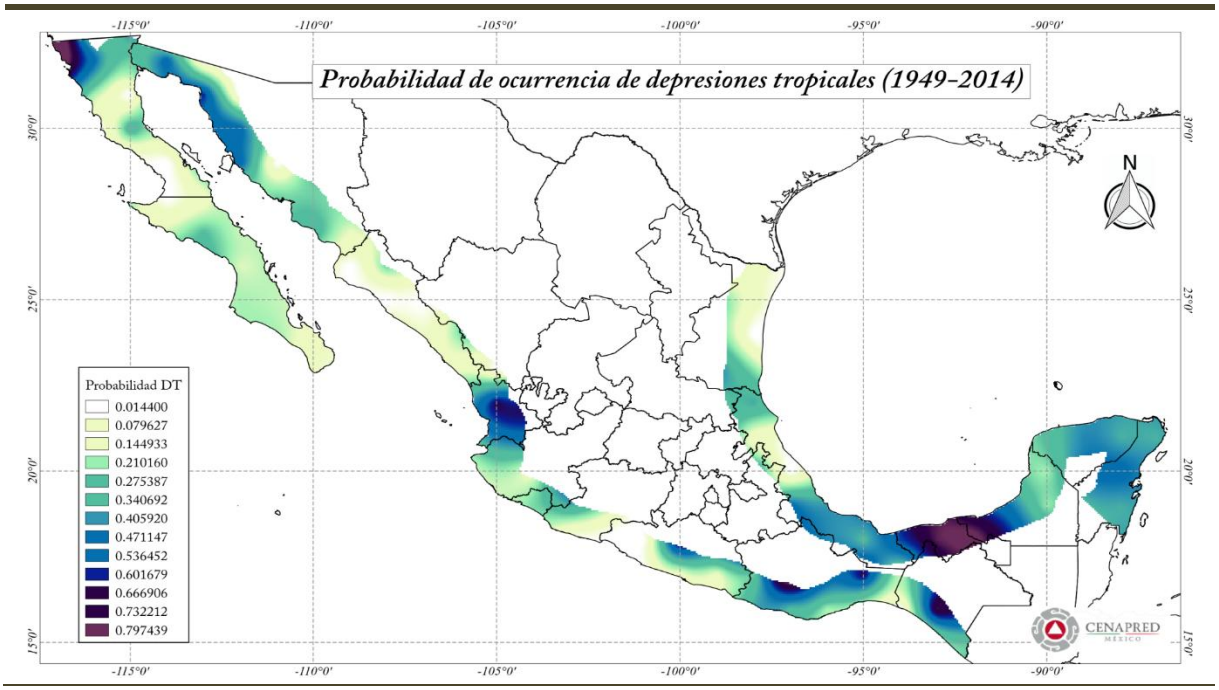


Figura 18. Probabilidad de ocurrencia de depresiones tropicales (según registro 1949-2014).

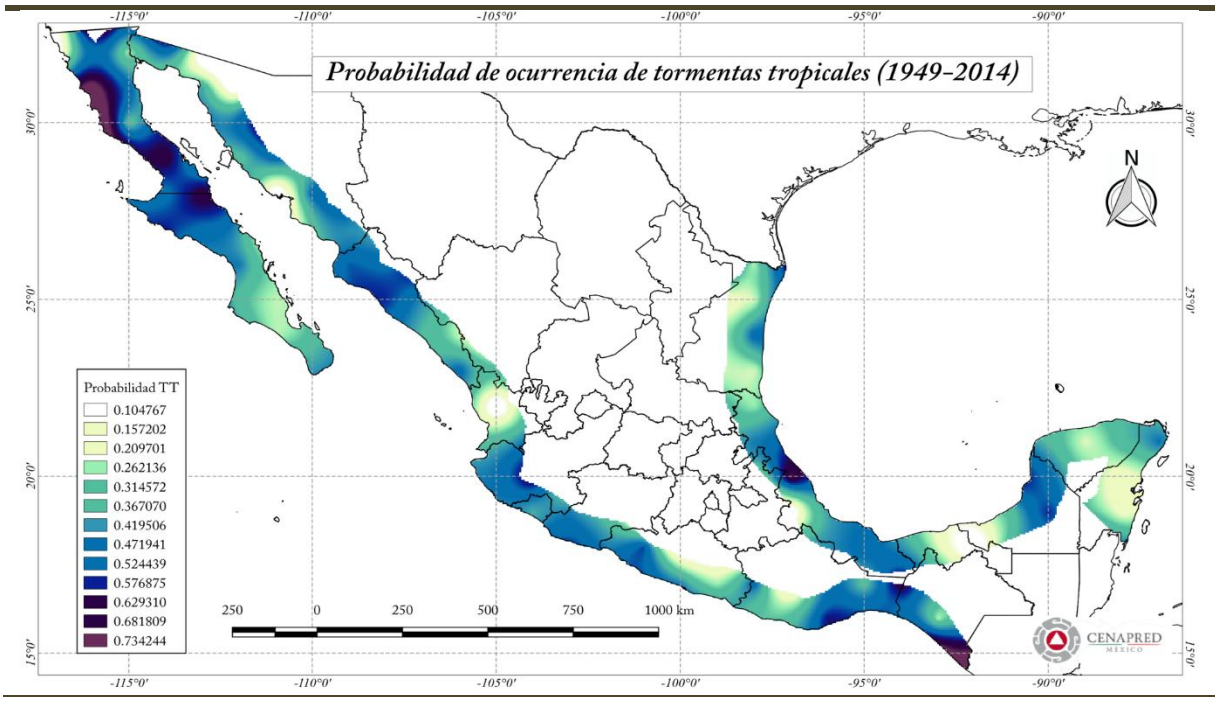


Figura 19. Probabilidad de ocurrencia de tormentas tropicales (según registro 1949-2014).

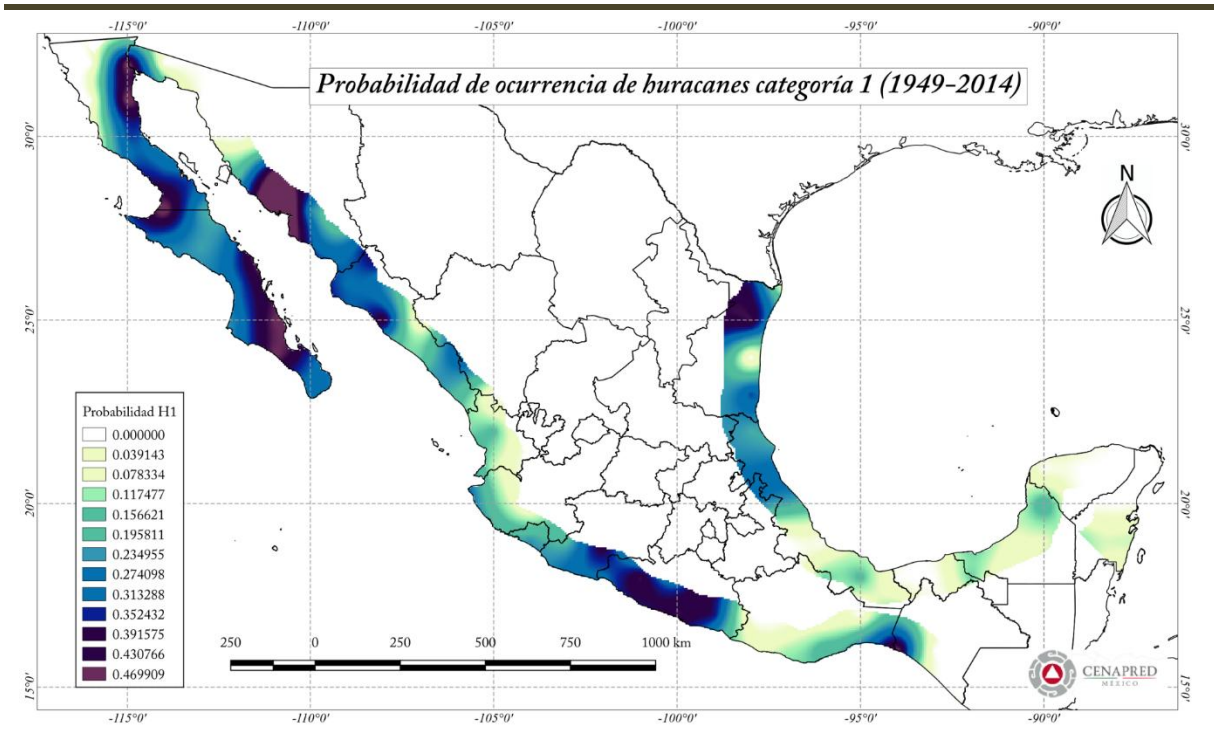


Figura 20. Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 1 (según registro 1949-2014).

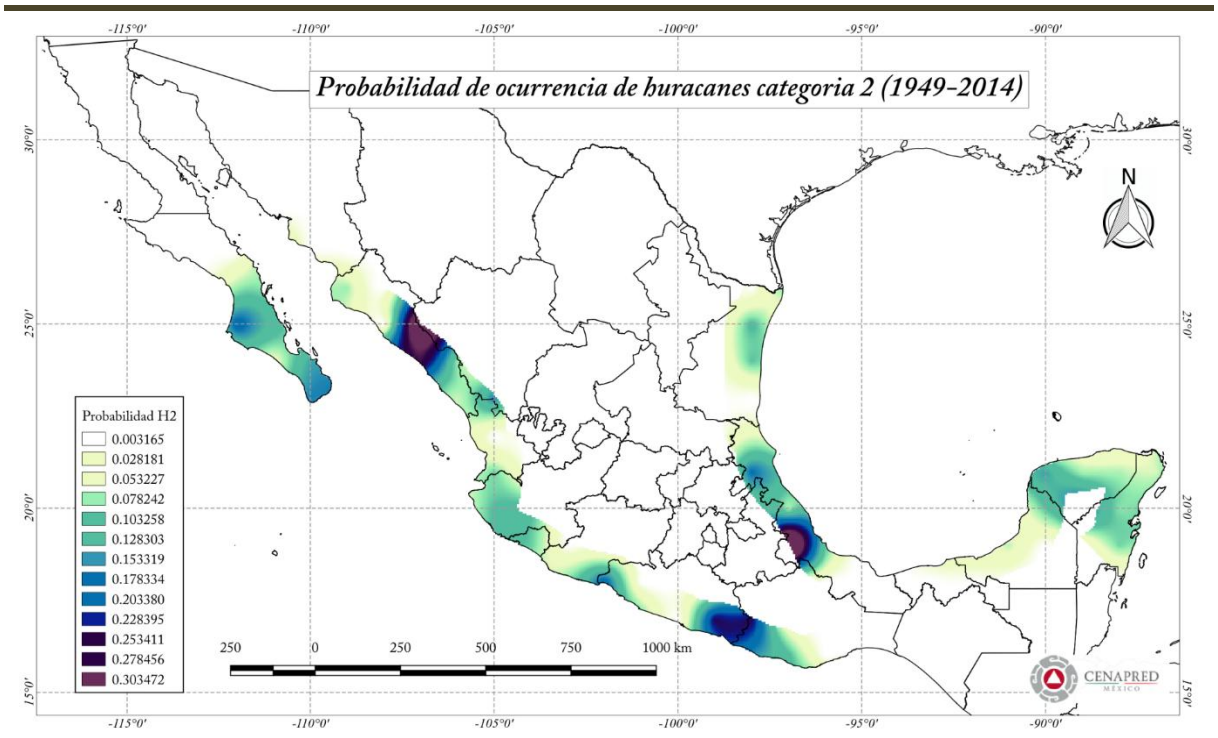


Figura 21. Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 2 (según registro 1949-2014).

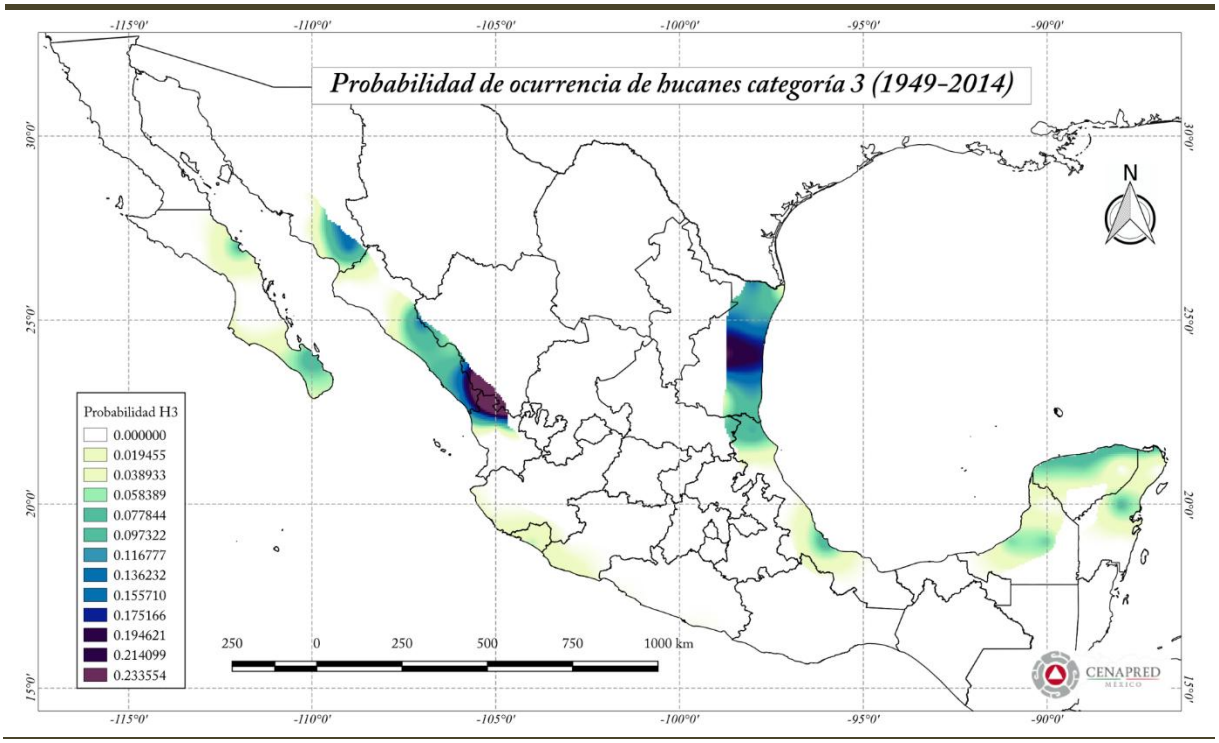


Figura 22. Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 3 (según registro 1949-2014).

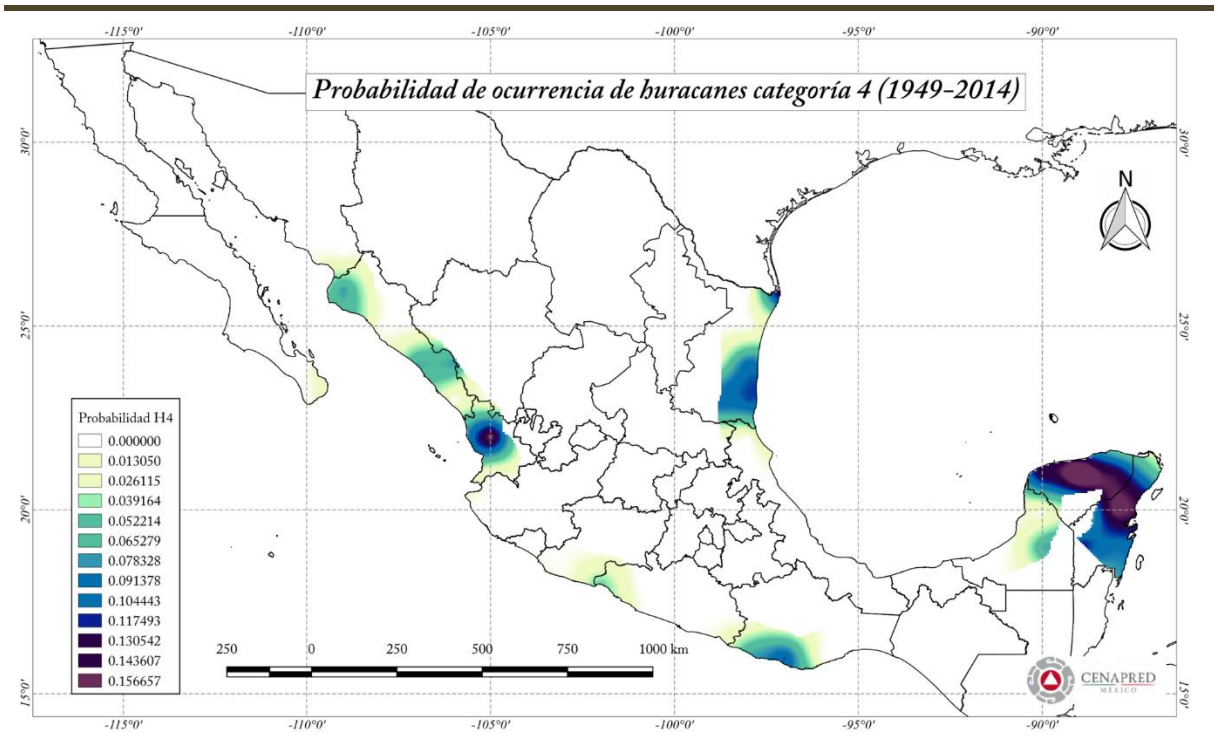


Figura 23. Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 4 (según registro 1949-2014).

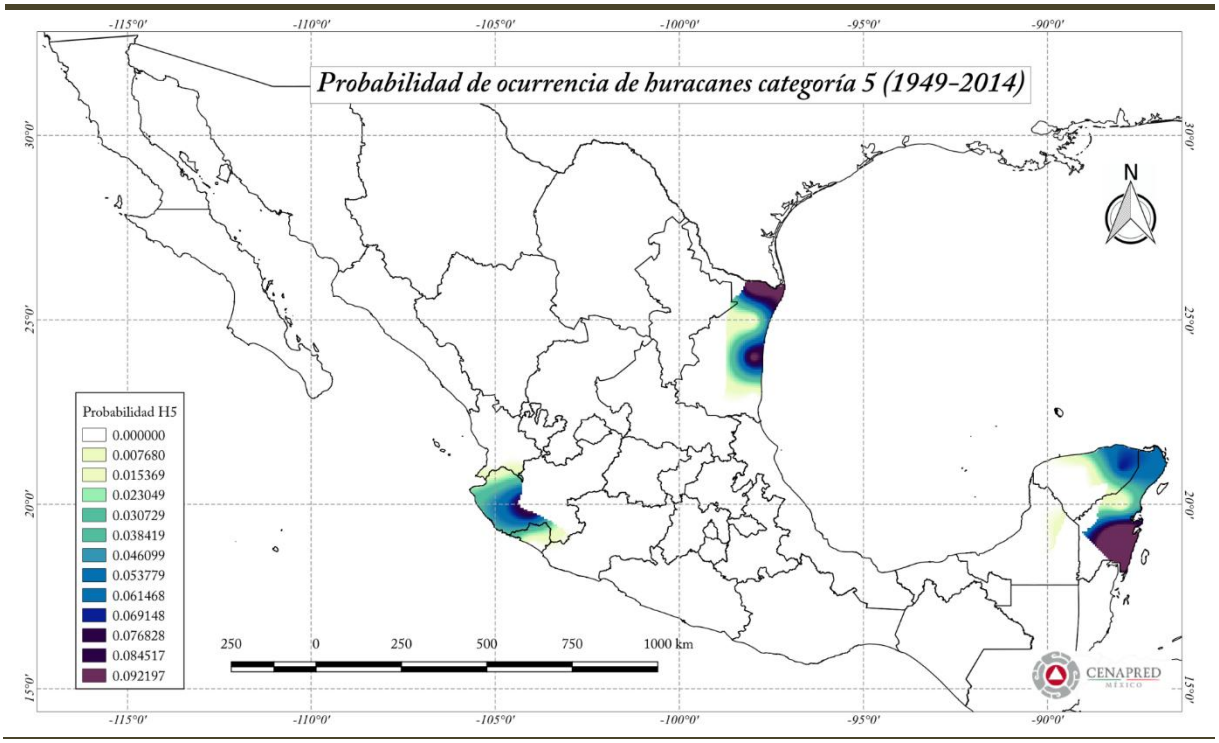


Figura 24. Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 5 (según registro 1949-2014).

Aunque la probabilidad de que se presente un ciclón tropical con una trayectoria directa en la región del Papaloapan es relativamente baja, los efectos pueden ser devastadores para el medio físico, biótico y social cuando esto ocurre, causando la pérdida de importantes superficies de cultivos y ecosistemas, afectando a la población y los procesos productivos. Puesto que las proyecciones sobre el comportamiento de los ciclones tropicales indican que estos podrían ser más intensos en el futuro, no debe descartarse la posibilidad de que se presente dentro de cierto lapso, un ciclón tropical más destructivo que los del 2005.

La *Figura 25* presenta las trayectorias de todos los ciclones tropicales del año 2005, un año en el que se presentaron un total de 31 ciclones tropicales en el Atlántico (de los cuales 15 alcanzaron la categoría de Huracán). También se dio el caso del Huracán Stan, que cruzó la Península de Yucatán con la intensidad suficiente para volver a ganar energía a partir de las aguas cálidas del Sur del Golfo de México, entrando a tierra a muy corta distancia del Puerto de Coatzacoalcos, con vientos de hasta 120 km/h. Por esta razón tampoco debe descartarse la posibilidad de afectaciones por vientos y por lluvias extremas en periodos de 24 a 72 hrs por la presencia de un ciclón tropical de estas características. Algunos de los impactos de estos huracanes han sido analizados en diferentes publicaciones y recientemente por Tejeda *et al*, (2006) y en Rosengaus, M. *et al* (2002). La *Figura 26* presenta las trayectorias históricas del centro del estado.

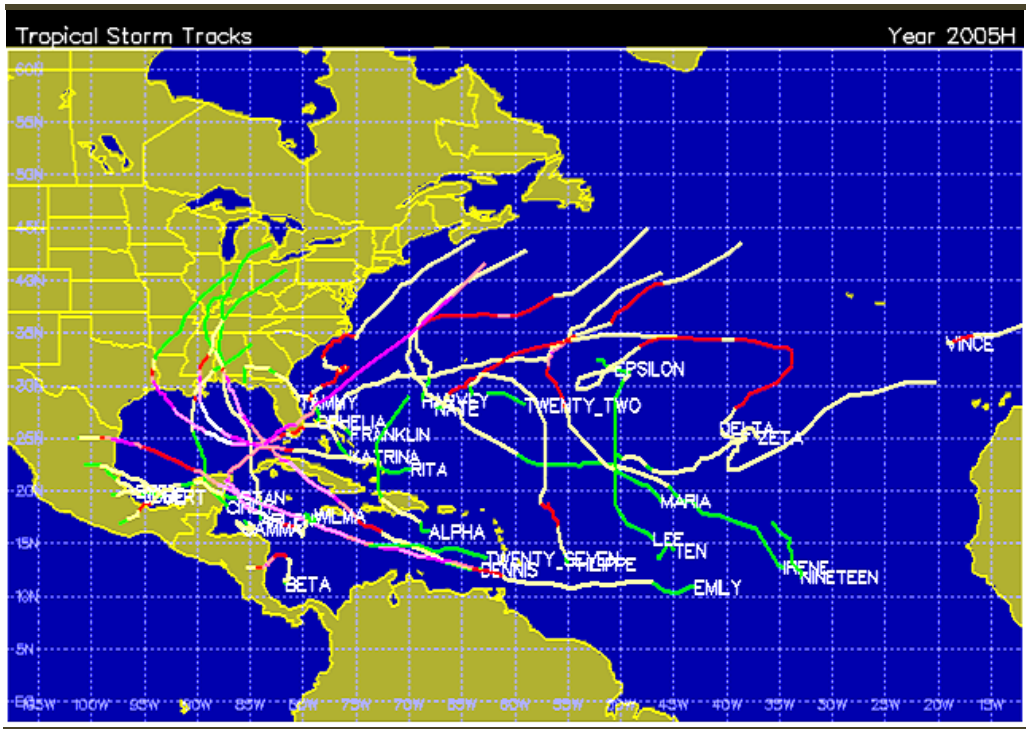


Figura 25. Trayectoria los ciclones tropicales del Atlántico en 2005 (Unisys, 2014).

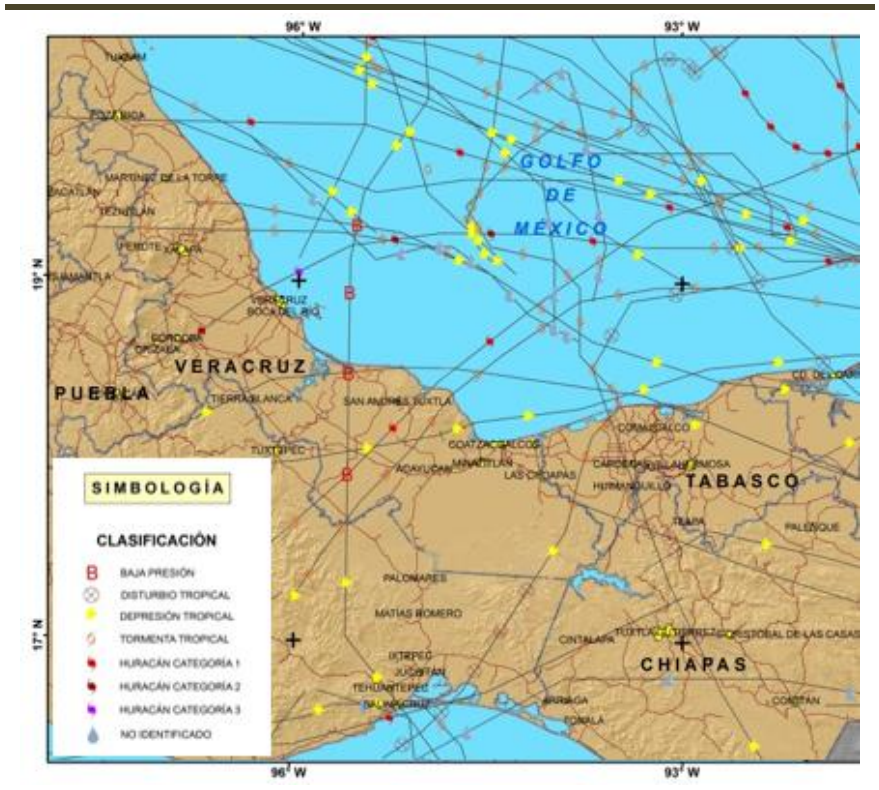


Figura 26. Trayectoria de ciclones tropicales en la región Golfo-Centro de Veracruz.

Se debe considerar que la posible ocurrencia de un fenómeno hidrometeorológico extremo tal como un ciclón tropical, como huracanes de categoría 3 en adelante será el mayor riesgo potencial para la infraestructura del proyecto, así que la estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos deberá estar calculada para vientos de gran intensidad. Aunque no existen registros recientes de ciclones de categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson en la historia Golfo de México, se recomienda que las estructuras estén calculadas para soportar la categoría 5, es decir, vientos de hasta 320 kmh y precipitaciones superiores a los 300 mm y hasta 400 mm en periodos de 24 a 48 hrs. Debido a la alta permeabilidad y pendiente del terreno, no existe riesgo de inundaciones en el predio, pero si existe la posibilidad de que se presente un alto grado de saturación que debe considerarse en el proyecto.

IV.3.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Fisiografía

El proyecto y su SAR se encuentran en su totalidad sobre la provincia fisiográfica denominada como Llanura Costera del Golfo Sur. Esta provincia forma parte de las quince provincias fisiográficas que conforman parte del territorio mexicano. Está limitada al poniente por el Sistema Volcánico Transversal, al sur por la Sierra Madre del Sur, la Cordillera Centroamericana, la Sierras de Chiapas y Guatemala y al oriente por la Península de Yucatán. Esta provincia abarca las regiones costeras del centro-sur de Veracruz (Sitio del proyecto), la totalidad del estado de Tabasco, algunas zonas del norte de Oaxaca y de Chiapas, así como el suroeste de Campeche.

De manera general las planicies costeras del Golfo de México se encuentran conformadas por una cuña de rocas sedimentarias consolidadas y no consolidadas del Cenozoico. Estos sedimentos se encuentran suprayacentes en rocas del Mesozoico y tienen un espesor que varía de pocos metros en zonas de mayor elevación, hasta los 6km en zonas costeras. Las rocas cenozoicas consisten en su mayoría en arena, limo y arcilla, derivadas de la erosión de las zonas continentales altas. A causa de esta sedimentación se han generado una considerable cantidad de acuíferos regionales. Los sedimentos más antiguos de esta unidad (cretácicos) en México consisten en rocas de origen marino, con una permeabilidad mínima (Velázquez-Aguirre & Ordaz-Ayala, 1992).

Respecto a la subprovincia fisiográfica, el SAR del proyecto de encuentra en un 100% dentro de la Llanura Costera Veracruzana. Esta subprovincia equivale al 48% del total de la superficie del estado y está comprendida por tres zonas; Llanura del Sotavento, Los Tuxtlas y El Istmo. Esta subprovincia se caracteriza por planicies bajas, lomeríos y sierras aisladas. Dichas geoformas abarcan un rango altitudinal que va desde el nivel del mar, hasta los 350 msnm y para el caso del macizo montañoso de Los Tuxtlas, 1700 msnm (Geissert, 1999).

A mayor detalle, las topoformas presentes en el SAR están representadas por Lomerío típico en un 79.97% hacia la zona oeste. El 20.03% restante lo conforma el Lomerío con llanuras en la zona este. Ambas topoformas responden a una disminución de los porcentajes de pendiente conforme se aproxima hacia la zona costera. Para el caso del área del proyecto la poligonal únicamente presenta la topografía de Lomerío típico (*Figura 27*).

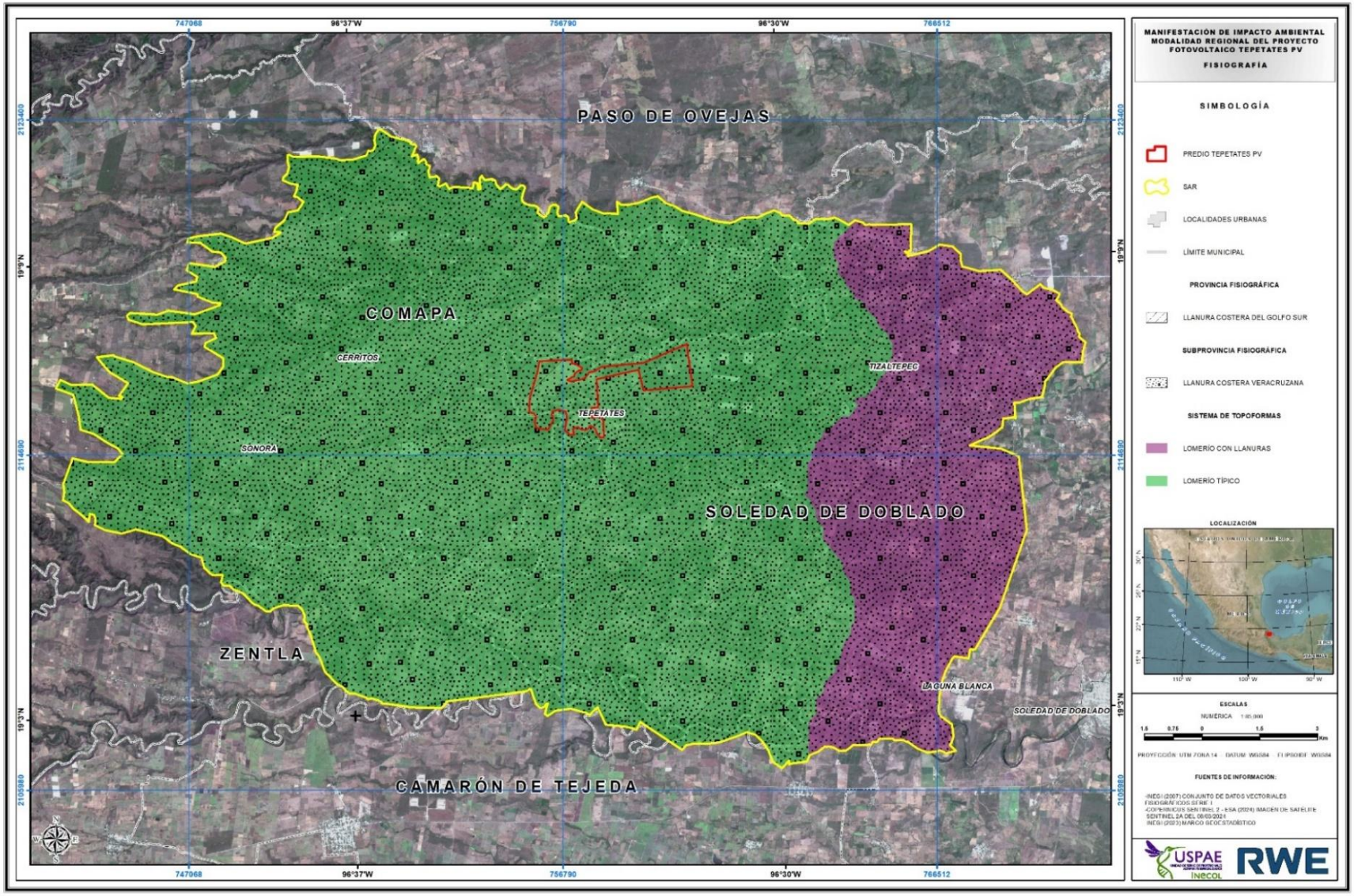


Figura 27. Provincias del SAR del proyecto según INEGI (2020).

Cuadro 6. Topoformas para el SAR y predio del proyecto.

TOPOFORMA	SAR AREA KM²	SAR PORCENTAJE	PREDIO ÁREA HA	PREDIO PORCENTAJE
Lomerío típico	228.39	79.97	439.236	100
Lomerío con llanuras	57.21	20.03	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

Geomorfología

La zona del SAR, como se ha venido mencionando previamente, se caracteriza por la presencia de una extensa planicie con elevaciones entre los 200 y 20 msnm, ligeramente inclinada al este, donde se depositaron materiales vulcano-sedimentarios y aluviales, desde el municipio de Puente Nacional y Paso de Ovejas, en el norte, hasta Manlio Fabio Altamirano y Soledad de Doblado (zona del proyecto). Por efecto de la erosión diferencial, estas estructuras contrastan con las barrancas escarpadas por donde circulan los arroyos y ríos principales.

En zonas de deposición de materiales fluvio-aluviales, la densidad de drenaje tiende a disminuir, formando zonas bajas inundables con formación de lagunas intermitentes o zonas pantanosas durante la época de lluvias, en tanto que la zona litoral presenta características semejantes a las zonas anteriores, sólo que existe una interacción con los procesos litorales con mayor número de zonas de inundación.

Así mismo, consultando las fuentes del Sistema Clasificatorio del Relieve en México realizado de manera conjunta por el Instituto de Geografía (UNAM), el Instituto Nacional de Ecología y la SEMARNAT (2003), se determinaron las principales geoformas y procesos geomorfológicos actuales dentro de SAR y AP (*Figura 28*). La geoforma con mayor distribución dentro del SAR corresponde a la Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación la cual ocupa el 92.12%. La segunda unidad corresponde a Rampa erosiva con procesos de socavación lateral, se encuentra en las zonas oeste del SAR y corresponde a zonas de cañadas fuertemente diseccionadas que se presentan en dirección oeste-este y comprenden el 6.75% del área de estudio. Por último, la unidad con menos superficie (1.13%) corresponde a la geoforma de Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación, ubicada en la zona extrema noreste, en las zonas más bajas del SAR (*Figura 28*).

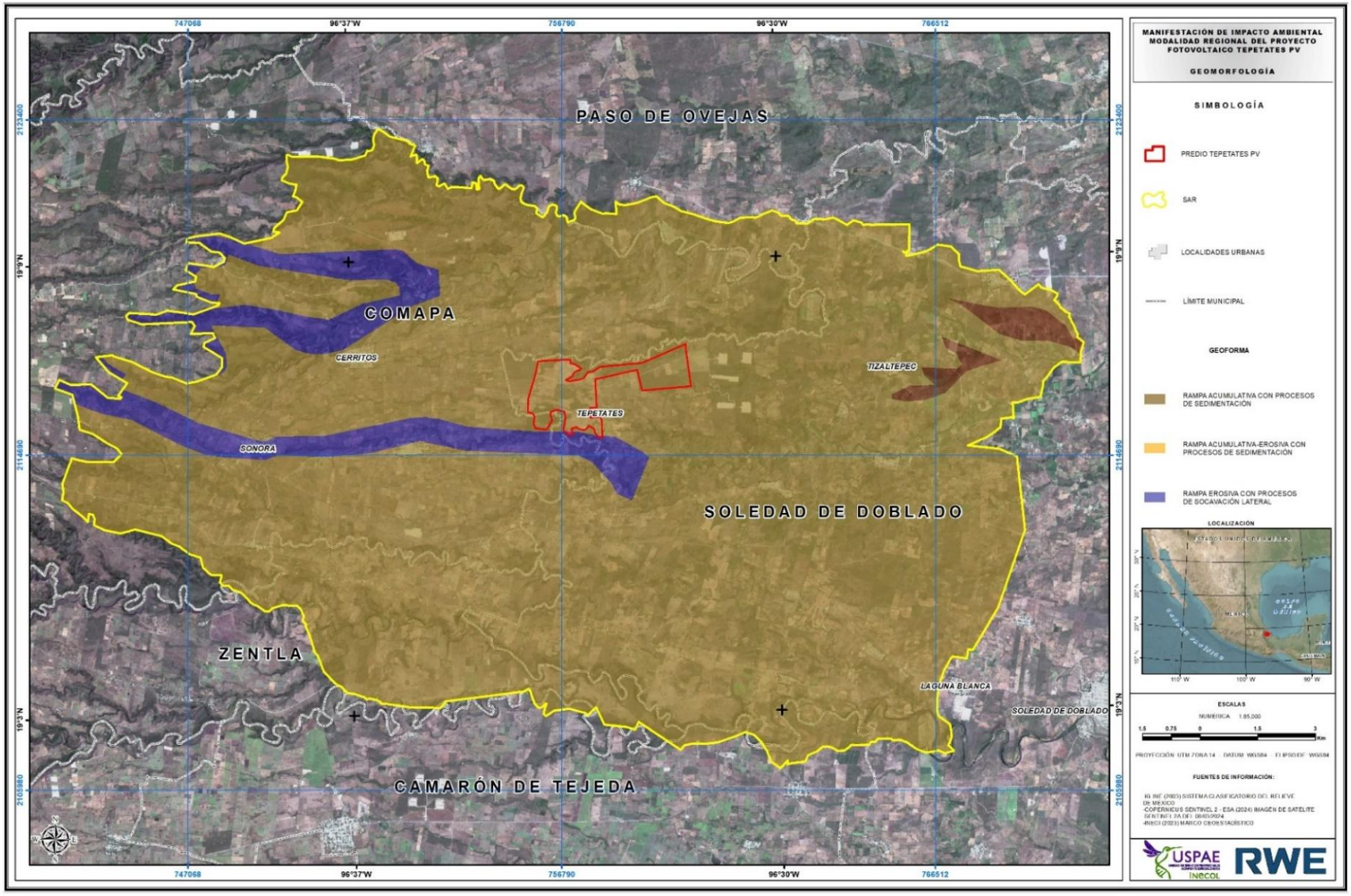


Figura 28. Geomorfología del SAR y predio del proyecto.

Cuadro 7. Geoformas dentro del SAR.

GEOFORMA	SAR AREA KM²	SAR %	PREDIO ÁREA HA	PREDIO %
Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación	228.39	79.97	435.996	99.26
Rampa acumulativa con procesos de sedimentación	57.21	20.03	-	-
Rampa erosiva con procesos de socavación lateral	19.3	6.75	3.240	0.74
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

Geología regional

A nivel región, la zona de SAR, se encuentra sobre la cuenca paleógena-neógena de Veracruz, sin embargo, también se encuentra influenciada por materiales provenientes del Eje Neovolcánico y Sierra de Juárez (Perteneciente a la Sierra Madre del Sur). La cuenca paleógena-neógena de Veracruz se caracteriza por la presencia depósitos de lutitas y areniscas con influencia calcárea desde el Paleoceno hasta el Oligoceno y por depósitos volcánicos durante todo el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno. Este es el sistema al que corresponden a los depósitos más importantes que se observan en la zona. Hacia el límite occidental de la Cuenca Cenozoica de Veracruz se desarrollan estructuras en rocas calizas, algunas de ellas con intenso desarrollo cárstico, en las estribaciones de las Sierra Madre Oriental; mientras que, en la porción de la Cuenca Terciaria de Veracruz, están cubiertas por unidades sedimentarias del Paleógeno-Neógeno.

De la Cuenca de Veracruz sólo aflora la Formación Velasco, constituida por lutitas y margas, y la Formación Concepción formada principalmente por areniscas mal cementadas y conglomerados constituidos por fragmentos calcáreos. En la región las rocas volcánicas pertenecen al Eje Neovolcánico y están representadas por cuatro campos volcánicos: Los Humeros-Acoculco, San Salvador El Seco, La Malinche y Palma Sola. Este último es el que se encuentra más cercano al SAR, en el que el magmatismo calcoalcalino basal del Eje Neovolcánico está representado por las andesitas Palma Sola del Mioceno Superior y por lavas alcalinas representadas por basalto, andesitas basálticas y brechas volcánicas basálticas.

En el Plioceno Superior-Pleistoceno se precipitaron depósitos de travertino; simultáneamente en la porción centro-oriental ocurrían erupciones basálticas calcoalcalinas denominadas Basaltos Xalapa, seguida de una actividad explosiva alcalina correspondiente a las tobas basálticas Chiconquiaco.

Geología dentro del SAR

Dentro del SAR afloran rocas sedimentarias, volcánicas y aluviales que corresponden al sistema Cuaternario del Cenozoico (*Figura 29*). Las principales unidades litológicas son cuatro y se describen a continuación, mientras que en el *Cuadro 8* se determinan las superficies para el predio del proyecto y el SAR:

Q(ar-cg) Arenisca-Conglomerado

Esta unidad es la mayor superficie dentro del SAR e incluye totalmente el área del proyecto. Corresponde a una secuencia continental de conglomerados polimícticos, el esqueleto lo forman clastos redondeados a subredondeados de basalto, andesita, caliza y travertino, en una matriz arenosa, escasamente cementada por carbonatos. Las areniscas son de grano medio a grueso con coloraciones que van de grises a pardo claro, con presencia de clastos de feldespato de plagioclasa y fragmentos de rocas redondeados y subredondeados. La morfología que presenta es de extensas terrazas disectadas y acantiladas.

Q (al) Aluvial

Esta unidad se presenta únicamente en el SAR en la zona noreste, sobre todo en partes bajas e influenciadas por corrientes de agua. Se agrupa con esta nomenclatura al conjunto de sedimentos clásticos que conforman las zonas de lomeríos y llanuras aluviales que fueron transportados por corrientes provenientes de las zonas de mayor elevación topográfica.

Q (cg) Conglomerado

Esta unidad se presenta en una pequeña fracción en el extremo sur de área de estudio y al igual que las unidades anteriores, los materiales continentales de esta unidad pertenecen al sistema Cuaternario que se depositaron en zonas topográficamente bajas, así como en laderas de los cerros.

Se encuentran constituidos por materiales volcánicos retrabajados y sedimentos fluviales y aluviales, de tal manera que manifiestan una gran variabilidad en su granulometría, que van desde arcillas, limos y arenas, hasta gravas, cantos y bloques, producto de rocas preexistentes de diferentes orígenes. Los fragmentos varían desde subangulosos hasta subredondeados, en una matriz arcillo-arenosa, poco consolidada.

Q (Tb) Toba básica

Esta unidad se presenta en una pequeña parte en la zona oeste del SAR. Corresponde a un paquete de material volcánico semiconsolidado, conformado por fragmentos de roca de granulometría variada y lapilli.

Cuadro 8. Litología del SAR y del predio del proyecto.

UNIDAD LITOLÓGICA	SAR AREA KM^2	SAR PORCENTAJE	PREDIO ÁREA HA	PREDIO PORCENTAJE
Arenisca-conglomerado	271.69	95.13	439.236	100
Aluvial	13.35	4.67	-	-
Conglomerado	0.25	0.09	-	-
Toba básica	0.31	0.11	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

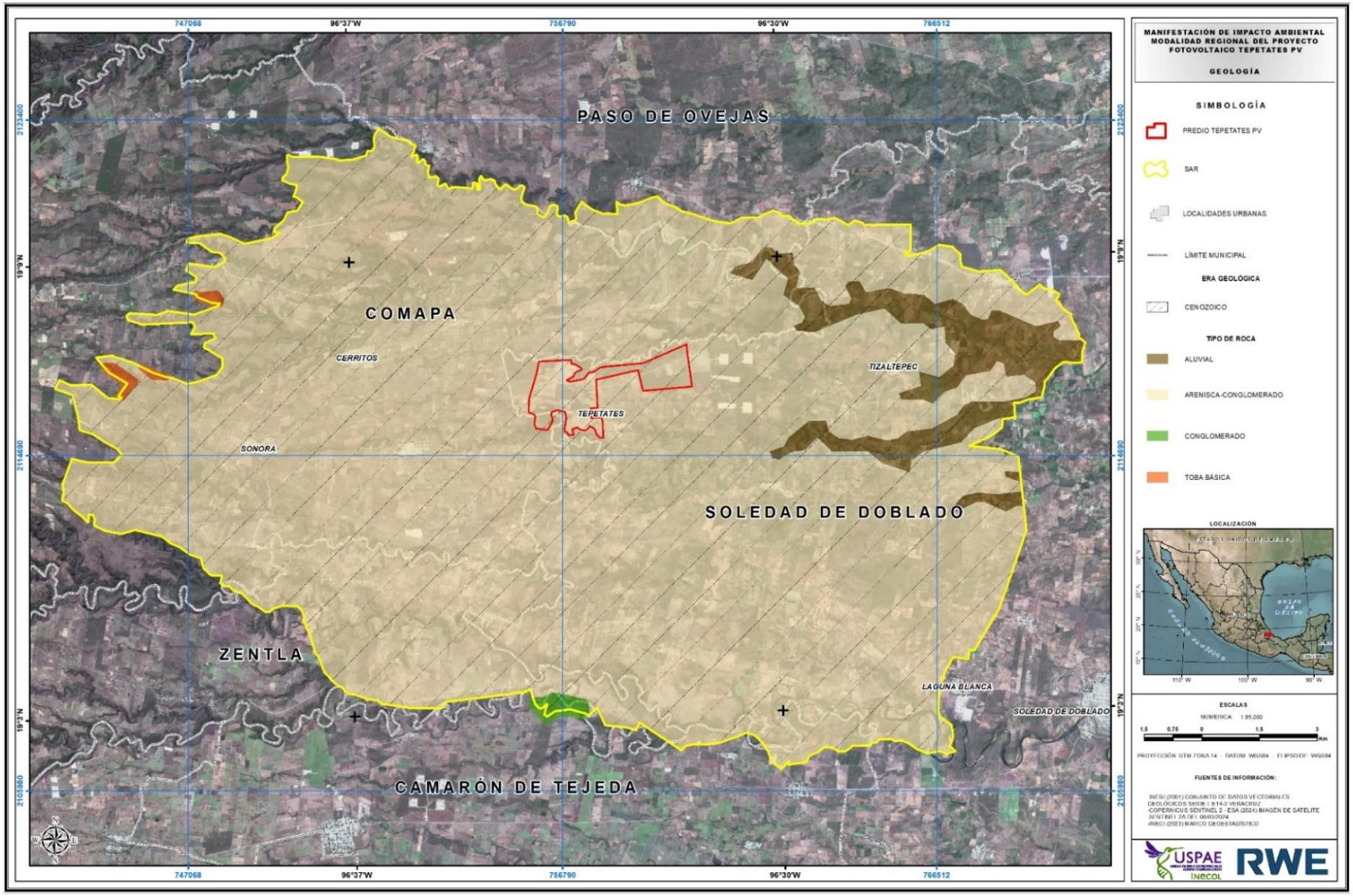


Figura 29. Geología del SAR y predio del proyecto.

Trabajo de campo

Para validar la información cartográfica se realizaron recorridos por carreteras, caminos y brechas dentro del predio del proyecto, así como en el SAR establecido como referencia, identificando y reconociendo las principales características del sustrato geológico y los afloramientos expuestos, evidenciándolos con la toma de fotografías georreferenciadas donde se pudieran apreciar sus características.

A continuación, se anexa el mapa de distribución (*Figura 30*) de las 9 ubicaciones de las fotografías georreferenciadas, así como parte de las características de las prospecciones geológicas, correspondiendo en su gran mayoría a rocas de tipo arenisca y conglomerados, así como a materiales aluviales del Cretácico Superior y del Cuaternario (*Figura 31*, *Figura 32*, *Figura 33*, *Figura 34*, *Figura 35*, *Figura 36*, *Figura 37*, *Figura 38*, *Figura 39*, *Figura 40*, *Figura 41* y *Figura 42*). Desde el punto de vista geológico, estos pisos geológicos y sus afloramientos visibles no representan ningún factor relevante para la ejecución del proyecto, y serán fácilmente removibles durante la instalación de la infraestructura.

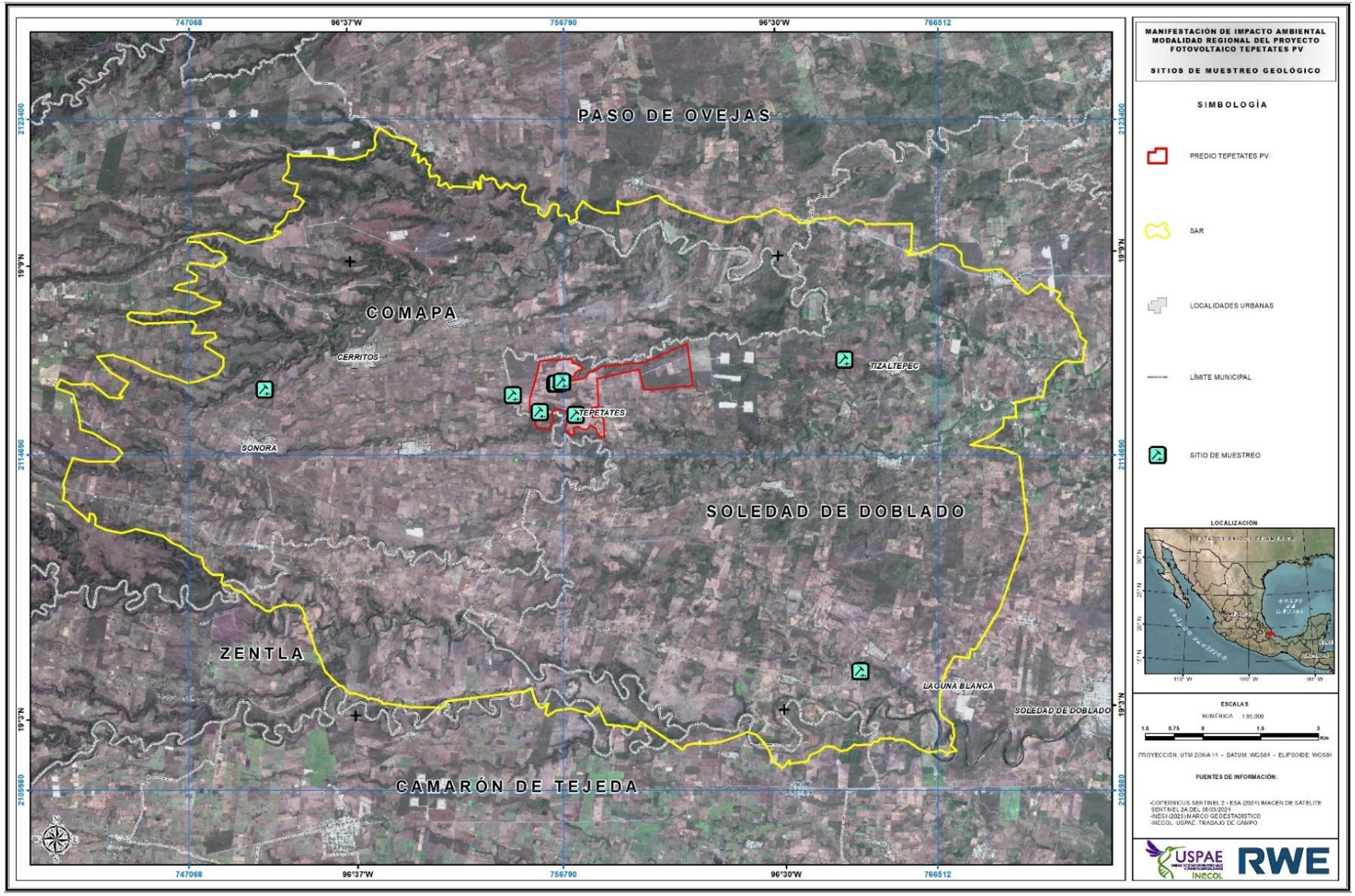


Figura 30. Sitios de muestreo geológico dentro de SAR.



Figura 31. Rocas areniscas de lahar (Cuaternario).



Figura 32. Afloramiento rocoso de areniscas de lahar (Cuaternario) en campo de cultivo.



Figura 33. Rocas de areniscas del Cuaternario.



Figura 34. Elevado volumen de rocas pertenecientes a unidades de conglomerados con matriz arenosa.



Figura 35. Afloramiento rocoso en corriente hidrología temporal.



Figura 36. Rocas areniscas.



Figura 37. Afloramiento rocoso en corriente hidrológica temporal (Puente de acceso a Tepetates, Ver).



Figura 38. Areniscas de textura gruesa en el SAR.



Figura 39. Rocas areniscas.



Figura 40. Afloramiento rocoso de areniscas del cuaternario.



Figura 41. Las rocas en los campos de cultivo son labradas, pero no se retiran de los terrenos.



Figura 42. Afloramiento de arenisca del cuaternario.

Vulcanismo activo

Ubicado en la zona oriental del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano se localiza el volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba). El volcán actualmente se encuentra activo, pero en estado de reposo, después de la última erupción histórica en 1687 (Carrasco-Núñez y Gómez-Tuena, 1997). Este aparato volcánico es el área de vulcanismo activo más próxima al proyecto, ya que el límite poniente del SAR se encuentra a una distancia aproximada de 62km con respecto al cráter.

La formación del Pico de Orizaba se caracteriza por presentar tres estados de formación. El primero ocurrió hace un millón de años y originó la base de este estratovolcán. La segunda etapa, de 100 mil a 33 mil años, formo la caldera y la generación de domos andesíticos y dacíticos, con numerosos bloques y flujos de ceniza. El tercer estado, de hace 19mil años, forma un nuevo cono que cubre la mayor parte de la caldera y los domos internos, con una alternancia de flujos de lava andesítica y erupciones piroclásticas. Hace 13 mil años ocurrió una avalancha de escombros. Entre 4 mil 600 y 4 mil 40 años ocurrieron una serie de flujos piroclásticos. Del año 700 a 1687 ocurrió la última fase eruptiva-efusiva de este volcán, con un evento pliniano y lavas que fluyeron del cráter superior hacia abajo y en todas direcciones, específicamente en 1537 ocurrieron flujos de la lava al norte y al noreste; en 1545, 1566 y 1613 los flujos fueron hacia el sur; en 1867 se registró una erupción explosiva; y de 1867 a la actualidad solo se ha presentado actividad fumarólica esporádica (Mooser, 1958).

En el Mapa de Peligros del Volcán Citlaltépetl (*Figura 43*), realizado a partir de información obtenida a través del Atlas Nacional de Riesgos (2001), se identifican tres áreas en la zonificación de la peligrosidad en caso de una eventual erupción. La primera área, en color rojo, es la de mayor peligrosidad por ser la más próxima al cráter del volcán. Puede ser afectada por erupciones de cualquier tipo, incluidas erupciones de pequeña magnitud, las cuales suelen ocurrir con mayor frecuencia. Esta zona podría ser afectada prácticamente por cualquier tipo de peligro volcánico, desde erupciones tranquilas de lava, caída de ceniza y bloques de roca incandescente, hasta explosiones violentas que generen flujos piroclásticos compuestos por mezclas de rocas, tierra, hielo y agua que desciendan a través de barrancas y cauces existentes. Esta zona ha sido afectada en el pasado por flujos de material volcánico incandescente con una recurrencia promedio de 2000 años. Sin embargo, erupciones de menor magnitud han ocurrido en el pasado cada 80 años en promedio.

La segunda zona en color naranja es de menor peligro que la zona roja, ya que estas zonas pueden ser solamente alcanzadas por erupciones de mayor intensidad que ocurren con menor frecuencia. Esta zona puede presentar los mismos peligros de la zona anterior a excepción de la caída de bloques incandescentes y flujos de lava, cuya probabilidad de ocurrencia es baja. Esta zona ha sido afectada por flujos de material incandescente en promedio cada 4000 años.

La zona amarilla, presente en un extremo del SAR del proyecto sobre la cañada del Río Jamapa, corresponde al área de menos peligro. Las erupciones de gran magnitud que podrían afectarla ocurren

con muy poca frecuencia. Por ello, esta zona puede ser afectada por el mismo tipo de peligros que podrían incidir en la zona naranja. Sin embargo, los flujos de material incandescente que han afectado a esta zona han ocurrido en periodos que fluctúan los 9000 años. Para el caso del SAR esta peligrosidad se podría presentar en eventualidades de flujos de lodos y flujos piroclásticos. Este tipo de riesgo no afecta al área del proyecto, ya que el polígono no se encuentra influenciado por algún escurrimiento directo que provenga de las partes altas del volcán.

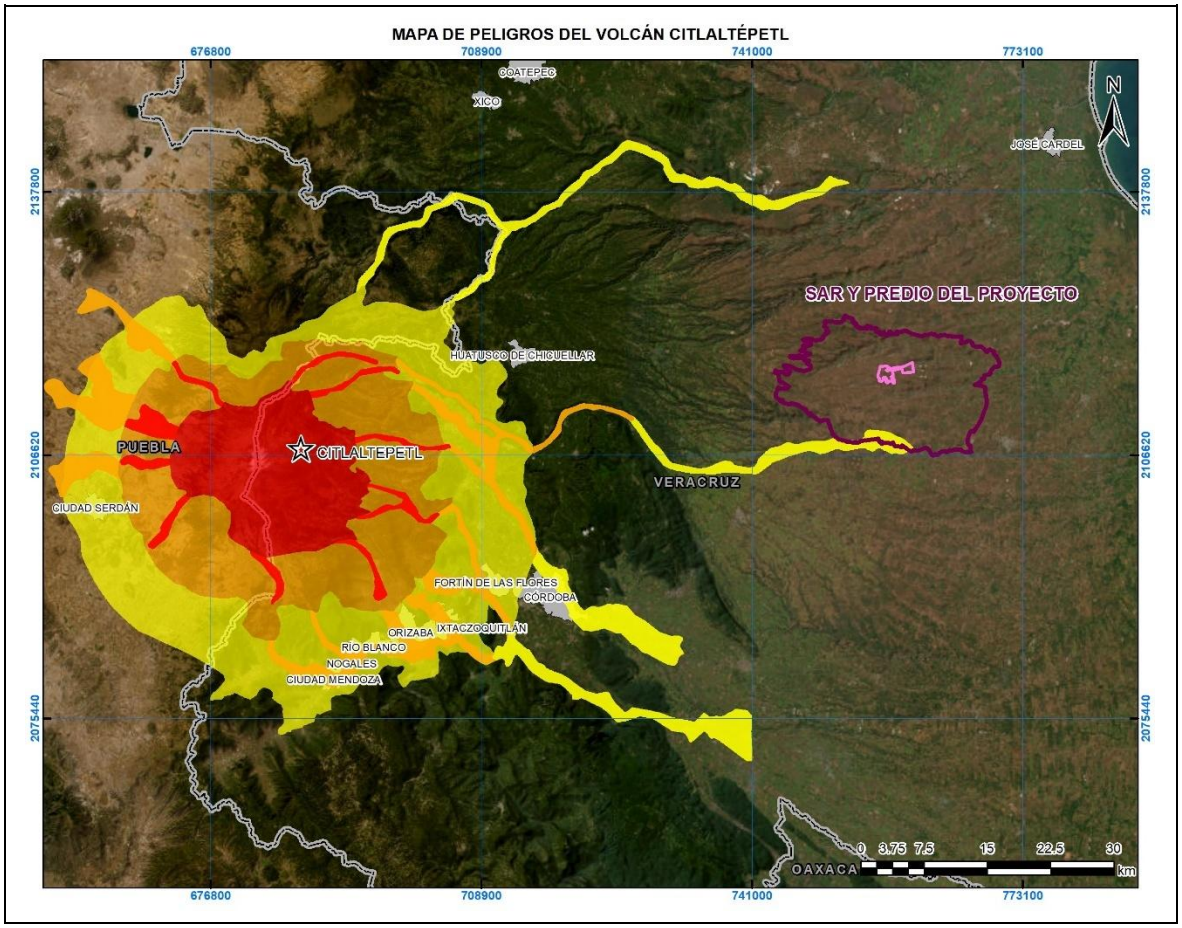


Figura 43. Vulcanismo en aledaño al SAR del proyecto según el Atlas Nacional de Riesgo (2001).

Sismicidad y fallamientos

A través de una consulta realizada a los registros del Servicio Sismológico Nacional para un cuadrante entre las latitudes Norte 19° 26' y 18° 44' y las longitudes Oeste 97° 00' a 96° 40' (correspondiente en una zona más extensa y donde se localiza el SAR del proyecto), para el periodo de los últimos 30 años, correspondiente a enero de 1995 a septiembre de 2024, con magnitud igual o superior a 4 grados Richter y tomando en cuenta todas las profundidades; se observó que las incidencias sísmicas registradas durante este periodo indican que ocurrieron únicamente 20 eventualidades en las proximidades del SAR, más no al interior del mismo (*Cuadro 9*). En contraste, consultando también la zonificación sísmica de México (INEGI,2005), se identificó que el SAR del proyecto se encuentra en su totalidad dentro de la zona B, lo que corresponde a una sismicidad intermedia donde se presentan sismos no tan frecuentes o pueden ser afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de aceleración del suelo (*Figura 44*).

Si bien, en México la sismicidad trasciende a una escala regional por la presencia del cinturón de fuego en la zona del pacífico, a nivel local también se puede presentar sismicidad a causa de fallamiento y actividad volcánica. Aunque dentro del SAR no existe el registro de fallas geológicas, en áreas aledañas se presenta una incidencia considerable de fracturamientos en la zona norte y oeste, desarrolladas por las superficies de contacto entre las Provincias Fisiográficas de la Llanura Costera del Golfo Sur y el Eje Neovolcánico.

Cuadro 9. Registros sísmicos en sitios en zonas aledañas al SAR en un periodo de 30 años (1994-2024).

FECHA	HORA	MAGNITUD	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD KM	REFERENCIA
05/06/2000	06:59:41 a. m.	4.4	18.77	-96.29	16	33 km al sureste de Soledad de Doblado, Ver
22/06/2007	08:36:52 a. m.	4.2	19.16	-96.96	25	1 km al norte de Huatusco, Ver
12/05/2011	07:33:43 p. m.	4	18.82	-96.42	31	25 km al sur de Soledad de Doblado, Ver
14/02/2012	12:52:35 a. m.	4.5	19.2733	-96.0913	16.1	10 km al noreste de Veracruz, Ver
06/01/2015	12:10:41 p. m.	4.4	19.2837	-96.2592	17.1	15 km al noroeste de Valente Díaz, Ver
28/02/2016	11:05:12 p. m.	4	19.2567	-96.2615	10	12 km al noroeste de Valente Díaz, Ver
14/10/2016	08:51:48 p. m.	4.1	18.8665	-96.9872	51.3	4 km al sureste de Fortín de las flores, Ver
15/02/2017	03:56:38 a. m.	4.8	19.3432	-96.2055	16.6	17 km al noroeste de Veracruz, Ver
15/02/2017	04:07:49 a. m.	4	19.356	-96.212	15.3	17 km al este de Jose Cardel, Ver
15/02/2017	11:24:53 a. m.	4	19.366	-96.1255	7.1	18 km al norte de Veracruz, Ver
09/09/2018	11:47:08 p. m.	4.3	19.2107	-96.2323	17	6 km al noroeste de Valente Díaz, Ver
06/12/2018	07:19:25 p. m.	4.4	19.3578	-96.2503	15.1	13 km al este de José Cardel, Ver
09/01/2019	05:51:41 p. m.	4	19.1093	-96.3257	18	12 km al noreste de Soledad de Doblado, Ver
07/03/2019	05:15:54 a. m.	4	19.397	-96.67	5	31 km al este de Coatepec, Ver
13/10/2019	08:04:41 p. m.	4.2	19.0608	-96.247	10	9 km al oeste de el Tejar, Ver
17/07/2021	11:03:26 a. m.	4.1	19.3755	-96.0613	10	21 km al noreste de Veracruz, Ver
23/10/2021	01:25:35 p. m.	4	19.2785	-96.2712	16.1	15 km al noroeste de Valente Díaz, Ver
22/07/2023	05:30:29 a. m.	4	19.4473	-96.8452	14.1	12 km al este de Coatepec, Ver
23/07/2023	02:57:37 p. m.	4	19.2823	-96.2938	15	13 km al sureste de José Cardel, Ver
22/06/2024	03:57:52 a. m.	4.1	19.359	-96.2165	16.1	17 km al este de José Cardel, Ver

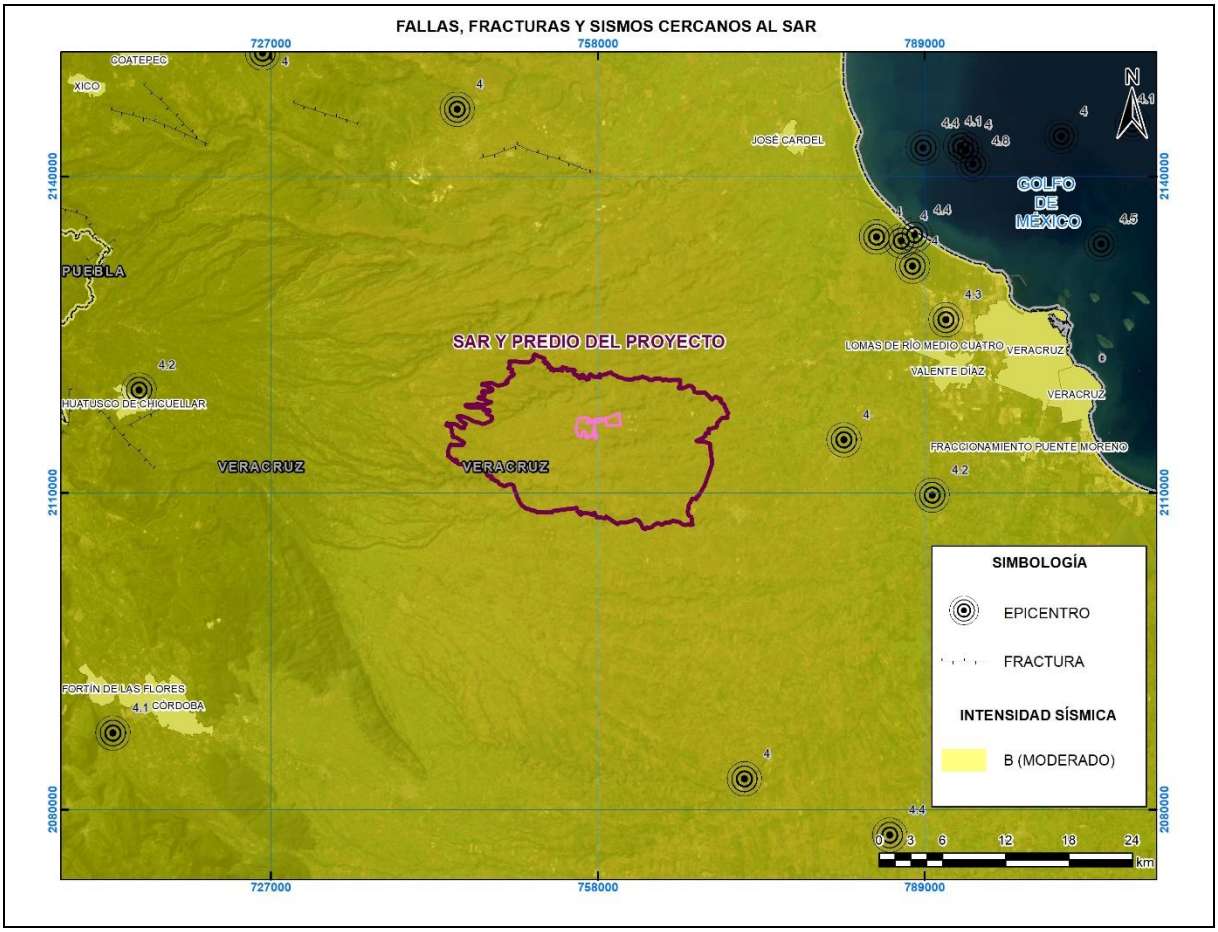


Figura 44. Zonificación sísmica, sismos y fallamientos en zonas aledañas al SAR.

IV.3.1.3 SUELOS

El suelo es el conjunto de partículas naturales sobre la corteza terrestre que sirve de soporte a las plantas, con un límite inferior que coincide con el de los minerales inconsolidados, o material orgánico que se encuentra en la zona de raíces de plantas perennes; o, donde se han desarrollado horizontes impenetrables a las raíces. Dicho de otra manera, es la capa superior de la corteza terrestre que posee propiedades diferentes de la roca infrayacente, como resultado de interacciones entre clima, organismos vivos, roca madre y relieve.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define el suelo forestal como el cuerpo natural que se encuentra sobre la superficie de la corteza terrestre, compuesto de material mineral orgánico, líquidos y gases que presentan horizontes o capas y que es capaz de soportar vida; que han evolucionado bajo una cubierta forestal y que presentan características que les confirió la vegetación forestal que en él se ha desarrollado (DOF 28/04/22).

Los suelos son un recurso clave que abre posibilidades, y son fundamentales para generar multitud de bienes y servicios esenciales para los ecosistemas y el bienestar humano. El mantenimiento o la mejora de los recursos mundiales de suelos son esenciales para satisfacer las necesidades globales de alimentos, agua y seguridad energética de la humanidad en consonancia con el derecho soberano de cada Estado sobre sus recursos naturales. En concreto, los aumentos previstos en la producción de alimentos, fibras y combustibles que se exigen para alcanzar la seguridad alimentaria y energética supondrán mayor presión sobre los suelos (FAO, 2015).

Los suelos son el resultado de las diferencias locales en la intensidad del efecto de los factores formadores como el material parental, clima, relieve, organismos, tiempo y actividades humanas, así como de los procesos pedogenéticos que prevalezcan (Bautista y Palacio, 2011).

Para González *et al.* (2002), los suelos se originan a partir de los macizos rocosos preexistentes que conforman la roca madre, que posteriormente es sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en tres fases:

1. Física: Se produce principalmente por cambios de temperatura, esta oscilación genera distenciones entre los minerales, lo que ocasiona que se desarrollen fisuras en las rocas. Otro proceso físico es la acción mecánica del agua, ya sea de; forma directa, como es el caso de la gelifracción y la termoclastia; o de forma indirecta como agente transportador de los fragmentos ya erosionados.
2. Biológica: Consiste principalmente en la acción mecánica de las raíces de las plantas en la búsqueda de mejores condiciones de nutrientes y humedad. Así mismo, se puede presentar la acción biológica por actividad bacteriana o de pequeños invertebrados por procesos de putrefacción de materiales orgánicos y mezclarlo con partículas de origen fisicoquímicos.

3. Química: Originada a través de disolución de sales, procesos de oxidación (minerales de hierro), reacción del agua con los minerales (hidrolisis), cementación (carbonatos previamente disueltos en agua), etc.

Para la descripción edafológica del Sistema Ambiental Regional (SAR), se consultó la clasificación de suelos del Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos 1:250,000 serie II del INEGI (2007). También se revisaron los Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos de la FAO, estableciéndose equivalencias entre FAO e INEGI con el fin de identificar unidades edáficas en el SAR. Para validar la información descrita en las cartas edáficas, se realizó una salida de trabajo de campo para la identificar y reconocer el tipo de suelos en dicha área.

De acuerdo con la cartografía (*Figura 45*), se estimó que, dentro del SAR, la unidad con mayor extensión es el suelo Leptosol con un 58.78% de la superficie, le sigue el suelo Phaeozem con un 36.45% y, por último, el Vertisol con el 4.67% (*Cuadro 10*). Del mismo modo que en SAR, en el predio del proyecto se encuentra una dominancia del suelo Leptosol en el 97.09% de la superficie, mientras que el suelo Phaeozem únicamente se presenta en el 2.91% restante.

Cuadro 10. Superficies por unidades edafológicas en el SAR y predio del proyecto.

SUELO	SAR		PREDIO	
	SUPERFICIE (KM^2)	PORCENTAJE	SUPERFICIE HA	PORCENTAJE
Leptosol	167.89	58.78	426.47	97.09
Phaeozem	104.11	36.45	12.77	2.91
Vertisol	13.33	4.67	-	-
Asentamientos humanos	0.27	0.09	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.24**	**100**

En la *Figura 46*, *Figura 47*, *Figura 48*, *Figura 49*, *Figura 50*, *Figura 51*, *Figura 52* y *Figura 53* se pueden apreciar los sitios que fueron muestreados durante los trabajos de campo realizados en el SAR y predio del proyecto.

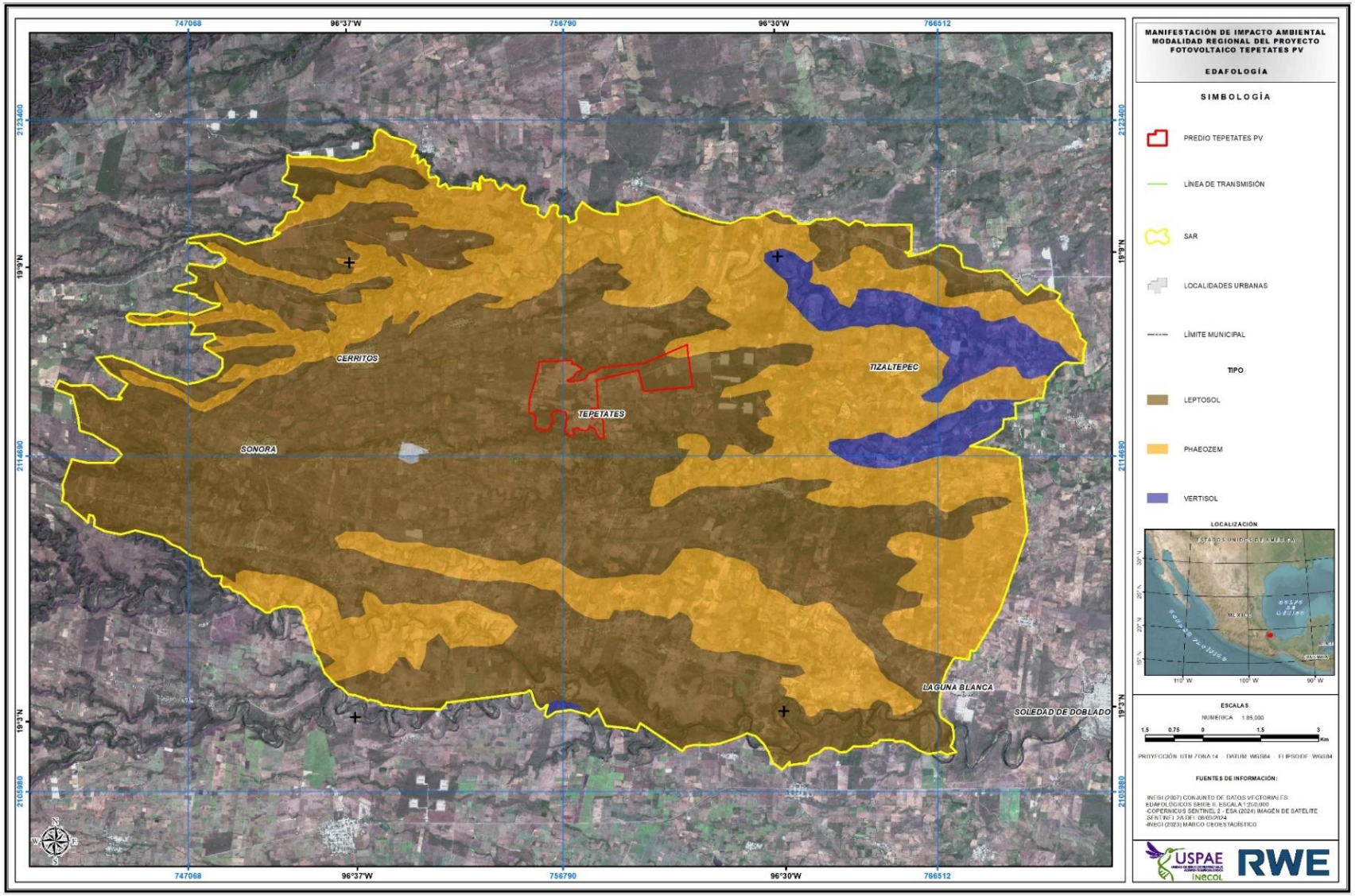


Figura 45. Tipos de suelos presentes en el SAR y predio del proyecto.



Figura 46. Potrero sin vegetación con sobrepastoreo.



Figura 47. Bovinos alimentados únicamente con el rastrojo anual de cosechas de maíz.



Figura 48. Principio de acarcavamiento por concentración de escurrimientos en la zona sur del predio.



Figura 49. Alta agresividad pluvial y la alta erodabilidad del suelo en el SAR del proyecto.



Figura 50. Grietas en el suelo por alto contenido de arcillas expansivas y condición prolongada de sequía.



Figura 51. Zonas de pastoreo y cultivo sobre suelos leptosoles.



Figura 52. Proceso de disolución de minerales por intemperismo de las rocas.



Figura 53. Erosión diferencial.

A continuación, se describen los tipos de suelos presentes en el SAR y predio del proyecto:

Leptosol

Los Leptosoles (del griego *leptos*, delgado), son suelos que están limitados en la profundidad por una roca dura y continua, o por material muy calcáreo. Estos suelos tienen menos de 25 cm de profundidad efectiva o bien presentan alta pedregosidad en el perfil que puede llegar hasta 75 cm de profundidad (modificador Esquelético). La mayor parte de los Leptosoles tienen una configuración de horizontes débilmente expresados A (B) R o A (B) C. Los Leptosoles Mólicos y Réndzicos tienen rasgos morfológicos más pronunciados. Por lo general son suelos de drenaje-libre con la excepción de ciertos Leptosoles Hiperesqueléticos que pueden tener un nivel freático a poca profundidad. Pueden tener propiedades estánnicas (hidromorfía por encharcamiento superficial) en pendientes poco pronunciadas o en "bolsas", pero éstas son excepcionales.

Las propiedades físicas químicas y biológicas de los Leptosoles no-calcáreos están grandemente condicionadas por las características del material parental y el clima. Los Leptosoles calcáreos tienen generalmente mejores propiedades físicas y químicas que los no-calcáreos y son también, menos diversos. Estos suelos están normalmente libres de niveles tóxicos de sales solubles. Sin embargo, su poco espesor y/o pedregosidad y su baja capacidad de retención de humedad implícita, son serias limitaciones. La vegetación natural sobre los Leptosoles varía con el clima, pero es generalmente más rico sobre Leptosoles calcáreos que sobre los ácidos. Lombrices, gusanos diminutos denominados enquitréidos y artrópodos suelen ser muy abundantes. La fauna del suelo puede llegar a ser prácticamente inactiva durante en los períodos de sequía.

Son los suelos de mayor distribución a nivel mundial con alrededor de 1 655 millones de hectáreas (IUSS, 2007). En México, los Leptosoles cubren 54.3 millones de hectáreas y son particularmente comunes en las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, las penínsulas de Yucatán y Baja California, y una vasta región del Desierto Chihuahuense.

Phaeozem

Los Phaeozemson (del griego phaios, oscuro y del ruso zemlja, tierra), son suelos porosos que presentan una capa superficial obscura, de textura suave con una riqueza considerable de materia orgánica y nutrientes (Horizonte A Mólico), pero carecen de horizontes cálcicos, gipsicos y de concentraciones de cal pulverizada dentro de los primeros 125 cm superficiales. A nivel mundial ocupan alrededor de 190 millones de hectáreas, de las cuales cerca de una cuarta parte se encuentra en las pampas argentinas y uruguayas (IUSS, 2007). En México, están en aproximadamente 22.5 millones de hectáreas que se distribuyen, en porciones del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Occidental, la Península de Yucatán, Guanajuato y Querétaro, principalmente.

Esta unidad edáfica no presenta problemas de sodicidad, aunque pueden ser poco salinos. Pueden contener casi cualquier tipo de vegetación de manera natural. Los phaeozem profundos se utilizan en

agricultura de temporal y riego con cultivos de maíz, frijol, cítricos, pastos y algunos frutales, con un rendimiento alto. Los suelos de este tipo, pero que presentan condiciones someras y de elevada pendiente, tienen rendimientos menores y se erosionan fácilmente, sin embargo, para el pastoreo si tienden a presentar resultados aceptables.

Vertisol

Los Vertisoles (del latín vertere, invertir) son suelos muy comunes de climas semiáridos a subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. La vegetación natural que se desarrolla en ellos incluye sabanas, pastizales y matorrales. Se pueden encontrar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas. Se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Esta propiedad hace que, aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias y con alto riesgo de salinización (IUSS, 2007).

Su uso agrícola, particularmente de riego, es muy extenso, variado y productivo. A nivel mundial ocupan alrededor de 335 millones de hectáreas, de las cuales cerca de la mitad se destinan al cultivo de maíz. En México cubren 16.5 millones de hectáreas y ocupan gran parte de los principales distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz.

En cuanto a características físicas, FAO-UNESCO (1974), clasificó los vertisoles como suelos que después de haber mezclado los 20 cm superiores tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad no menor a los 50 cm. Desarrollan grietas de la superficie hacia abajo, las cuales, en algún periodo, presentan al menos 1 cm de ancho y una profundidad de 50 cm. Otra de las características con las que cuentan son la presencia de micro relieves, caras de fricción y agregados en forma de cuña. Particularmente en la vertiente del Golfo de México se encuentran asociados a los suelos Phaeozem.

Resultados

El SAR del proyecto se ubica principalmente en una alternancia de suelos de tipo Leptosol y del tipo Phaeozem, estos últimos ligados en características a los Vertisoles. Para el caso de los Leptosoles se encuentran principalmente en las partes altas de los lomeríos y en zonas de mediana ondulación, principalmente en la porción centro y sur del SAR, así como también en el predio del proyecto. Su composición en el SAR es de origen azonal, ya que su desarrollo fue a partir de deposición de materiales piroclásticos provenientes de la actividad volcánica aledaña.

En el caso de los suelos Phaeozem, estos se encuentran en una zona de terrazas más bajas que los leptosoles, principalmente en la zona Este y Norte del SAR. Muchas veces emergen por patrones incisivos de erosión por lo que en la parte oeste del SAR se encuentran limitados a zonas de barrancas.

En general se podría considerar que los suelos del SAR son de origen residual, aunque con factores de transporte distintos (fluvial y geológico).

Adicionalmente, y con el objetivo de realizar una caracterización más detallada de los suelos que se encuentran dentro del SAR y predio del proyecto, se realizaron 7 perfiles de suelo (*Figura 54*). Para la definición de los sitios, se tomó en cuenta cubrir con al menos un perfil las unidades edáficas, así como la accesibilidad de los sitios. A continuación, se anexa el mapa de distribución de los sitios analizados, así como parte de las características analizadas de manera puntual para cada uno de los perfiles edáficos.

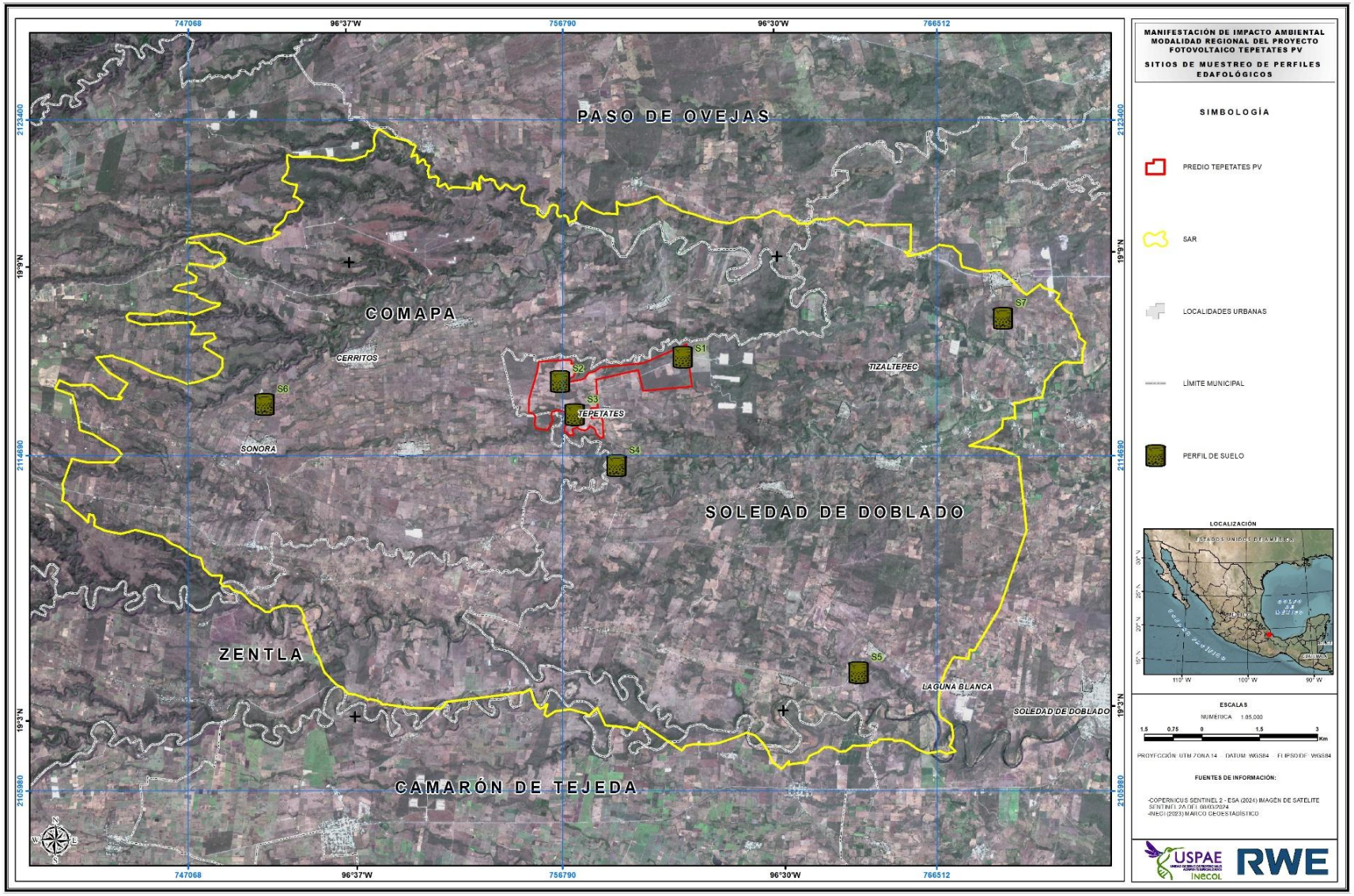


Figura 54. Mapa de perfiles de suelo.

Perfil edáfico 1

Uso de suelo: Pecuario.

Horizontes edáficos: A, B.

Drenaje Natural: Moderadamente drenado. Mediante la prueba de saturación se determinó que el suelo alcanza su capacidad de campo con poco líquido debido a una concentración superior de arcillas en comparación con las arenas y limos.

Morfología general: Relieve ondulado.

Pendiente: Entre 20 y 30%.

Condiciones de humedad: Extremadamente seco.

Presencia de rocas superficiales: 20% en sitio.

Evidencia de erosión: Arroyada laminar y surcos.

Influencia humana: Media.

Profundidad del suelo: 71 cm.

Tipo de suelo: Leptosol.

Tipo de suelo identificado: Phaeozem.



Figura 55. Perfil edáfico 1. Phaeozem.

Perfil edáfico 2

Uso de suelo: Agrícola-Pecuario.

Horizontes edáficos: A, B.

Drenaje Natural: Mal drenado, ligero cementación por compactación de suelo de actividad pecuaria, así como por actividades de quema controlada para siembra anual.

Morfología general: Ligeramente ondulado.

Pendiente: 0 a 10%.

Condiciones de humedad: Ligeramente húmedo por sitio de acumulación de agua intermitente cercano.

Presencia de rocas superficiales: 20 %.

Evidencia de erosión: Evidencia de erosión laminar y eólica.

Influencia humana: Alta.

Profundidad del suelo: 50 cm.

Tipo de suelo: Leptosol.

Tipo de suelo identificado: Vertisol.



Figura 56. Perfil edáfico 2. Vertisol.

Perfil edáfico 3

Uso de suelo: Agrícola-Pecuario.

Horizontes edáficos: B, sin presencia de humus.

Drenaje Natural: Medianamente drenado.

Morfología general: Fuertemente ondulado.

Pendiente: 10 a 20%.

Condiciones de humedad: Muy seco, fisuras de 270 mm de profundidad.

Presencia de rocas superficiales: 40%.

Evidencia de erosión: Erosión lineal. Surcos con principios de cárcavas en laderas.

Influencia humana: Alta.

Profundidad del suelo: 27 cm.

Tipo de suelo según INEGI: Leptosol.

Tipo de suelo identificado: Leptosol.



Figura 57. Perfil edáfico 3. Leptosol.

Perfil edáfico 4

Uso de suelo: VS Selva Baja Caducifolia.

Horizontes edáficos: A, B.

Drenaje Natural: Moderadamente drenado.

Morfología general: Abrupto.

Pendiente: >40%.

Condiciones de humedad: Moderadamente seco.

Presencia de rocas superficiales: Cantos rodados y escarpe.

Evidencia de erosión: Ligera, erosión por gravedad.

Influencia humana: Baja.

Profundidad del suelo: 64 cm

Tipo de suelo según INEGI: Leptosol.

Tipo de suelo identificado: Luvisol.



Figura 58. Perfil edáfico 4. Luvisol.

Perfil edáfico 5

Uso de suelo: VS SVC.

Horizontes edáficos: C1, B1, C2, B2.

Drenaje Natural: Bien drenado.

Morfología general: Abrupto.

Pendiente: 40%.

Condiciones de humedad: Ligeramente húmedo por cercanía de manto freático.

Presencia de rocas superficiales: sedimentarias.

Evidencia de erosión: Extracción de material uso no industrial.

Influencia humana: Media.

Profundidad del suelo: 69 cm.

Tipo de suelo según INEGI: Phaeozem.

Tipo de suelo identificado: Fluvisol.



Figura 59. Perfil edáfico 5. Fluvisol.

Perfil edáfico 6

Uso de suelo: VS SBC.

Horizontes edáficos: A, B.

Drenaje Natural: Mal drenado.

Morfología general: Fuertemente ondulado.

Pendiente: 20 a 30%.

Condiciones de humedad: Extremadamente seco.

Presencia de rocas superficiales: Abundantes >40%.

Evidencia de erosión: Alta, sitio con evidencia de erosión diferencial causada por lluvias.

Influencia humana: Media.

Profundidad del suelo: 42 cm.

Tipo de suelo según INEGI: Leptosol.

Tipo de suelo identificado: Regosol.



Figura 60. Perfil edáfico 6. Regosol.

Perfil edáfico 7

Uso de suelo: Pastizal cultivado (Ganadería extensiva).

Horizontes edáficos: A, B, C.

Drenaje Natural: Mal drenado.

Morfología general: Abrupto.

Pendiente: 30%.

Condiciones de humedad: Extremadamente seco.

Presencia de rocas superficiales: Abundantes >40%.

Evidencia de erosión: Alta, sitio con evidencia de erosión diferencial causada por lluvias, erosión por pastoreo bovino, erosión pluvial, erosión laminar.

Influencia humana: Media.

Profundidad del suelo: 42 cm.

Tipo de suelo según INEGI: Vertisol.

Tipo de suelo identificado: Vertisol.



Figura 61. Perfil edáfico 7. Vertisol.

IV.3.1.4 HIDROLOGÍA

Hidrología superficial

El agua es un recurso natural indispensable para todas las actividades humanas, sin embargo, su manejo inadecuado se manifiesta actualmente en escasez y contaminación, lo que desencadena desequilibrios ambientales y sociales que se manifiestan en la generación de conflictos entre los principales actores involucrados. Se realizó una revisión de diversas fuentes de información, incluyendo instrumentos de regionalización y planeación hidrológica, documentos de consejos de cuenca, bases de datos, sistemas de información geográfica, libros, artículos y otras publicaciones útiles para detallar las características de la hidrología en el SAR del Proyecto; esto, para describir los aspectos ambientales relevantes y las interacciones del proyecto con los recursos hídricos, lo que ayudará a prever los posibles impactos potenciales que podrían presentarse y así como determinar las medidas de mitigación a implementar para su desarrollo de manera sostenible.

Partiendo de lo general a lo local, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña funciones a través de 13 organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA), las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos. En este aspecto, el proyecto se encuentra en un 100% sobre la región X. Golfo Centro (*Figura 62*).

La RHA X Golfo Centro se ubica en la zona sureste del país, ocupando el 80.4% del estado de Veracruz, el 41.4% de Puebla, el 34.4% de Oaxaca y el 5.4% de Hidalgo. De forma geográfica, se encuentra presente en las coordenadas extremas 16°40'30'' y 21°14'21'' latitud norte, y 93°36'29'' y 98°35'49'' longitud oeste. Comprende una superficie continental de 105,080 km², lo que la lleva a ocupar el décimo lugar a nivel nacional con un 5.4% de la superficie.

Fisiográficamente la RHA X ocupa los flancos orientales de la Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo de México y el extremo oriental del Eje Neovolcánico, así como la porción norte del Istmo de Tehuantepec. Las partes más altas se encuentran en la zona norte del estado de Puebla y la zona sur del estado de Oaxaca, mientras que las zonas medias y bajas pertenecen al estado de Veracruz. A través de la superficie de la RHA X se presentan ocho corrientes superficiales de mayor importancia: Río Papaloapan, Coatzacoalcos, Tecolutla, Tonalá, Nautla, La Antigua, Jamapa, Tuxpan y Cazones, en las cuales para el 2018 se produjo un escurrimiento natural medio anual de 90, 424 hm³/año, lo que constituyó el 29.1% del total nacional (CONAGUA, 2023).



Figura 62. Regiones Hidrológico-Administrativas de México (CONAGUA, 2023).

Regiones Hidrológicas

Las cuencas son unidades naturales del terreno, definidas por la existencia de una división de las aguas superficiales debida a la conformación del relieve. Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (RH), las cuales se muestran en la *Figura 63*, que, a la vez, para efectos de administración se agrupan en las 13 regiones hidrológico-administrativas que se han mencionado anteriormente. De estas 37 RH, el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, se encuentra establecido sobre la Región Hidrológica 28. Papaloapan (RH28).

La RH28, pertenece a la vertiente del Golfo de México, tiene una extensión de 58,269.630 kilómetros cuadrados. La precipitación media anual en la Región es de 1,692.5 milímetros y en ella se produce un escurrimiento medio anual de 47,393.898 millones de metros cúbicos. La Región se divide en dos subregiones Hidrológicas: la subregión hidrológica Río Papaloapan y la subregión hidrológica Papaloapan A.

La subregión hidrológica Río Papaloapan, comprende toda la cuenca de aportación de este río como cauce principal y la de todos sus formadores y afluentes, entre los que destacan los ríos Santo Domingo, Tonto, Blanco, San Juan y Tesechoacán. El área de esta Subregión es de 47,600.510 kilómetros cuadrados, lo que representa más del 81% del área de la RH28. La precipitación media anual se estima

en 1,785 milímetros y el escurrimiento medio anual en 42,018.319 millones de metros cúbicos, es decir el 88.7% del escurrimiento de toda la Región Hidrológica.

La subregión hidrológica Papaloapan A, donde se localiza el 100% del SAR del proyecto, corresponde a la porción norte de la Región Hidrológica y comprende varias corrientes entre medianas y pequeñas que descargan al Golfo de México. Dentro de las corrientes medianas sobresalen los ríos Jamapa y Cotaxtla, que se unen antes de descargar al Golfo, así como los ríos Actopan y La Antigua; la cuenca hidrológica denominada Llanuras de Actopan agrupa pequeñas corrientes independientes.



Figura 63. Regiones hidrológicas de México (CONAGUA, 2023).

Cuenca

El Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, se encuentra en un 100% en la zona central de la cuenca R28B (*Cuadro 11*), denominada como Río Jamapa y otros (*Figura 64*), donde se integran las cuencas del Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y las corrientes de asociadas a la zona denominada Llanuras de Actopan. La disponibilidad media anual de los ríos Jamapa y Cotaxtla (área del proyecto), en su desembocadura, en la cuenca hidrológica Jamapa-Cotaxtla, al Golfo de México, es de 1,849.156 millones de metros cúbicos, mientras que la cuenca hidrológica Llanuras de Actopan tiene una disponibilidad media anual en su salida de 254.148 millones de metros cúbicos (DOF, 2016).

De acuerdo con el estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas Río Salado, Río Grande, Río Trinidad, Río Valle Nacional, Río Playa Vicente, Río Santo Domingo, Río Tonto, Río Blanco, Río San Juan, Río Tesechoacán, Río Papaloapan, Llanuras de Papaloapan, Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan (SEMARNAT, 2017), existe un problema de contaminación generalizado en todas las aguas de estas cuencas. Hay presencia de agroquímicos, metales pesados y coliformes. Hay pobreza de peces, explicada en parte por la sobrepesca, pero también por la falta de hábitats y buenas condiciones de calidad del agua para que produzcan poblaciones sanas y alta diversidad. Varias de las especies de insectos y de moluscos también indican condiciones pobres de calidad de este líquido. Es necesario profundizar en los estudios sobre la relación de la calidad del agua, la salud de los ecosistemas (visto a través de la composición de especies y estructura de sus poblaciones) y la salud de los pobladores, la cual depende de manera directa, entre otras cosas, del agua que usan para beber, bañarse y regar los cultivos.

Cuadro 11. Superficie del SAR del proyecto respecto a la cuenca hidrológica.

CUENCAS HIDROLÓGICA	SAR ÁREA KM²	PORCENTAJE	PREDIO ÁREA HA	PORCENTAJE
RH 28-Papaloapan	285.60	100	439.236	100
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

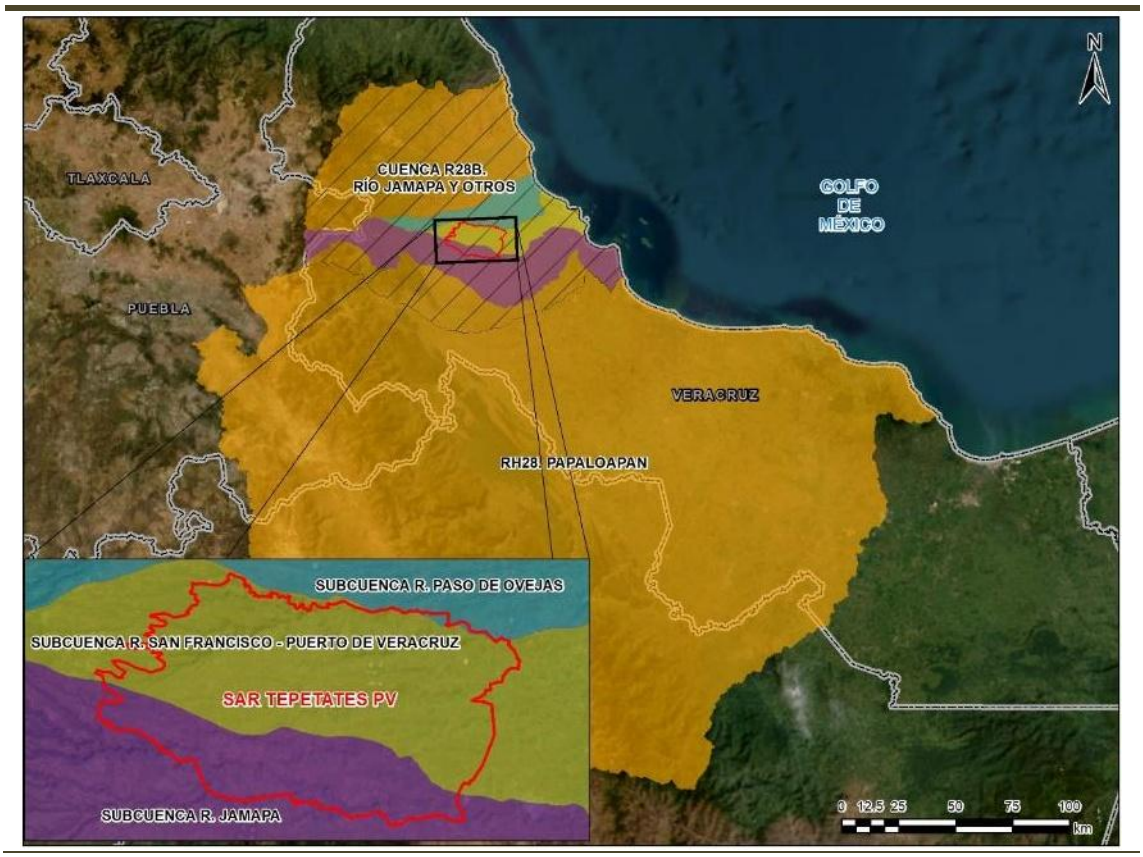


Figura 64. Contexto general del SAR, respecto a la región, cuenca y subcuenca en las que se encuentra inmerso.

- ***Subcuencas dentro del SAR***

Como ya se ha hecho mención, el SAR del proyecto se encuentra en términos hidrológicos configurado por tres subcuencas (*Cuadro 12*), sin embargo, la que mayor peso concentra en los patrones de escurrimientos es la subcuenca del R. Jamapa (30.47%), ya que concentra fuertes disecciones de valles profundos con áreas interfluviales con ondulamiento ligero. La subcuenca del R. San Francisco cuenta con la mayor extensión superficial dentro del SAR (68.91%), sin embargo, para esta subcuenca la disección es menor debido al corto recorrido de los escurrimientos, aunque también se llegan a presentar desniveles profundos por la alta erodabilidad de la parte media de la cuenca conformada principalmente por materiales clásticos no consolidados. Por último, la menor superficie de subcuenca que se presenta en el SAR pertenece al Río Paso de Ovejas con el 0.63%, morfológicamente corresponde a un parteaguas en la parte media de la unidad (*Figura 65*).

Cuadro 12. Superficies del SAR del proyecto respecto a las subcuencas.

SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS	SAR ÁREA KM²	PORCENTAJE	PREDIO ÁREA HA	PORCENTAJE
RH28Bb- R. Jamapa	87.02	30.47	-	-
RH28Bc- R. San Francisco - Puerto de Veracruz	196.80	68.91	439.236	-
RH28Bd- R. Paso de Ovejas	1.79	0.63	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

Escurrimientos y cuerpos de agua

En el SAR del proyecto todos los patrones de escurrimientos están orientados en dirección oeste-este (*Figura 66*). Existen dos corrientes principales de carácter perenne; en la zona norte se encuentra el Río Paso Limón el cual se origina al noroeste de la localidad de Cerritos con un patrón meándrico al cual se le unen múltiples corrientes intermitentes los cuales obtienen esa condición por la escasez de lluvias y la alta permeabilidad litológica.

En la zona sur del SAR se encuentra el Río Jamapa en donde en la zona suroeste se le une como tributario el Río Chiquito. El río Jamapa nace con el nombre de Barranca de Coscomatepec en el límite de los estados de Puebla y Veracruz, a una altitud de 4700 msnm. Su curso sigue en rumbo oriente sobre una superficie montañosa accidentada, en donde a la vez colecta corrientes que nacen en la Sierra Madre Oriental, en la zona comprendida entre las porciones norte del Pico de Orizaba y suroriente del cerro de La Cumbre. El Río Jamapa en la parte media y baja de la cuenca, cruza terrenos de cultivo en forma de meandros y terrazas aluviales hasta su afluencia en la laguna de Mandinga Grande, muy cerca de su desembocadura.

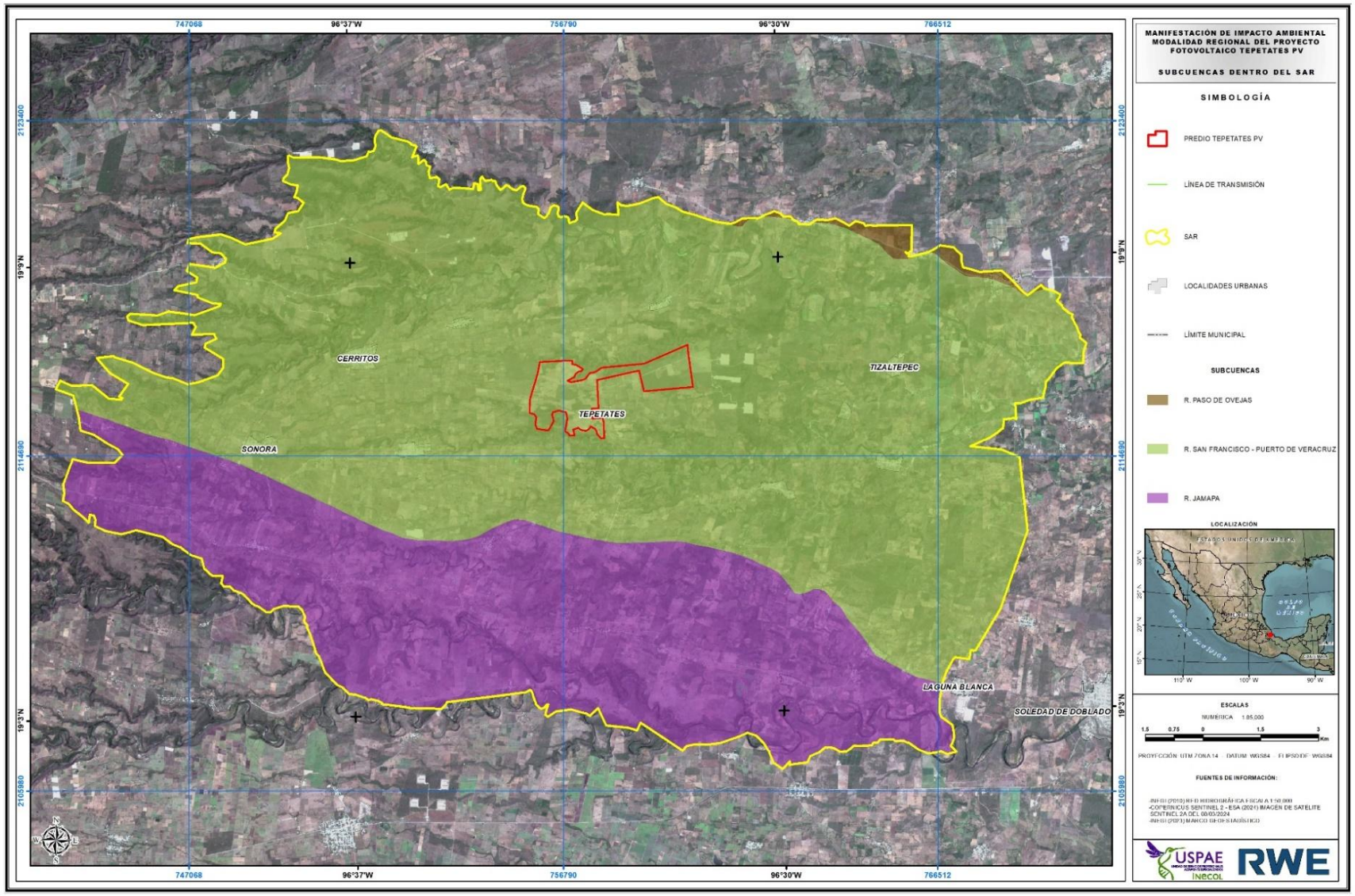


Figura 65. Mapa de subcuencas dentro del SAR.

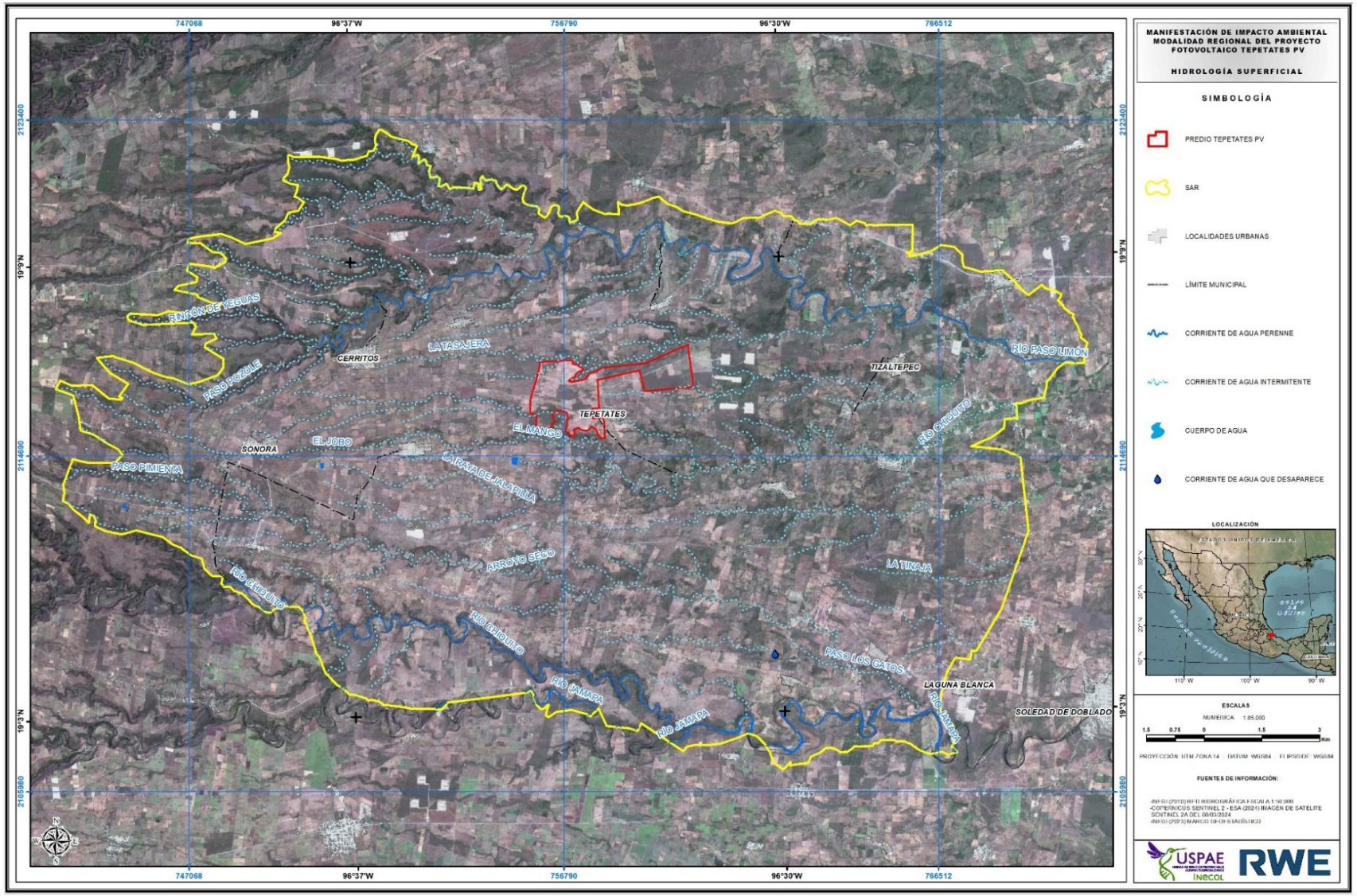


Figura 66. Hidrología superficial dentro del SAR.

Calidad de las aguas superficiales

En 2023 la red de agua superficial de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua estuvo constituida por 788 sitios. El análisis de la calidad del agua superficial consideró 8 indicadores: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes Fecales (CF), *Escherichia coli*, (E COLI), Enterococos, Porcentaje de Saturación de Oxigeno (OD%) y Toxicidad (TOX). Los resultados a nivel nacional para 2021, mostraron una calificación de excelente para 41.7% de los sitios considerando DBO5, 11.6% para DQO, 51.5% para SST, 29.8% para CF, 39.7% para E_COLI, 87.1% para ENTEROC, 36.4% para OD%.

El resto de los sitios obtuvieron una calificación que varió de buena calidad a fuertemente contaminada. En el caso de toxicidad 95.4% de los sitios no presentaron toxicidad. Asimismo, la calidad del agua en sitios superficiales también se determinó a través de un semáforo el cual considera 3 colores, verde, amarillo y rojo, y se obtiene integrando los resultados de los 8 indicadores antes mencionados.

El 39.6% de los sitios se catalogaron con color verde; es decir, los sitios cumplieron con los límites aceptables de calidad del agua para los 8 parámetros analizados, el 20.7% de los sitios se catalogaron con color amarillo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: E_COLI, CF, SST y OD%, el 39.7% de los sitios se catalogaron con color rojo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: DBO5, DQO, TOX y Enterococos.

Verificando la misma red de datos, se identificó que existe un solo sitio muestreado en la parte media baja de la cuenca (*Cuadro 13*), el cual se localiza en la parte oeste de la localidad de Soledad de Doblado, a tan solo dos kilómetros al este del SAR y sobre el cauce del Río Jamapa (*Figura 67*). Cabe resaltar que dicho cuerpo de agua no está ligado a las corrientes intermitentes que transitan sobre las zonas aledañas del AP.

Específicamente para el punto muestreado en semáforo amarillo, los análisis arrojan que los contaminantes principales de los escurrimientos son a causa de las bacterias asociadas a los desechos fisiológicos de la población en partes altas de la cuenca, ya que la presencia de las bacterias del grupo de los coliformes fecales fueron altas.

Cuadro 13. Datos de muestreo fisicoquímico del agua superficial en zonas aledañas al SAR y AP.

CLAVE	OCGCE3359
Sitio	PUENTE SOLEDAD DE DOBLADO
Cuerpo de agua	RÍO JAMAPA
Tipo	LÓTICO
Subtipo	RÍO
Longitud	-96.436

CLAVE	OCGCE3359
Latitud	19.0426
DBO MG/L	<3
Calidad DBO	Excelente
DQO MG/L	24.41
Calidad DQO	Aceptable
SST MG/L	<25
Calidad SST	Excelente
Coliformes fecales NMP 100ML	1065
Calidad coliformes fecales	Contaminada
E coli NMP 100ML	280
Calidad E coli	Buena calidad
Contaminante	CF
Semáforo	Amarillo

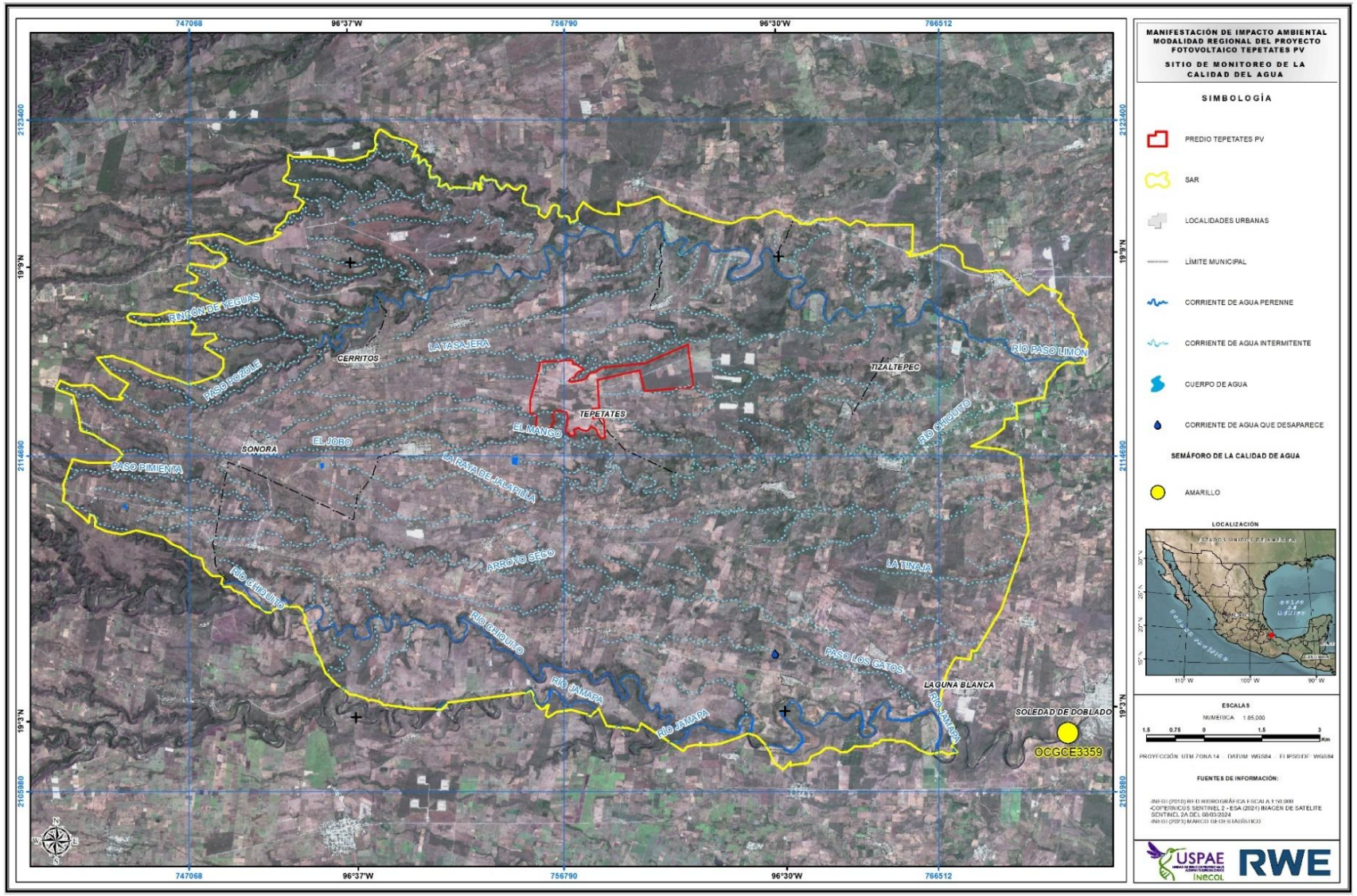


Figura 67. Ubicación de sitios de monitoreo de aguas superficiales respecto al SAR y AP.

Trabajo de campo

Para obtener la información se realizaron recorridos por carreteras, caminos y brechas dentro del SAR del proyecto, en donde se identificaron, capturaron coordenadas y se registró la evidencia de los principales puntos de escurrimientos con características particulares que sirvieran para contrastar las condiciones hidrológicas de los muestreos realizados en la época de lluvias. A continuación, se anexa mapa de distribución de los sitios inspeccionados (*Figura 68*), así como las imágenes con la descripción para cada sitio.

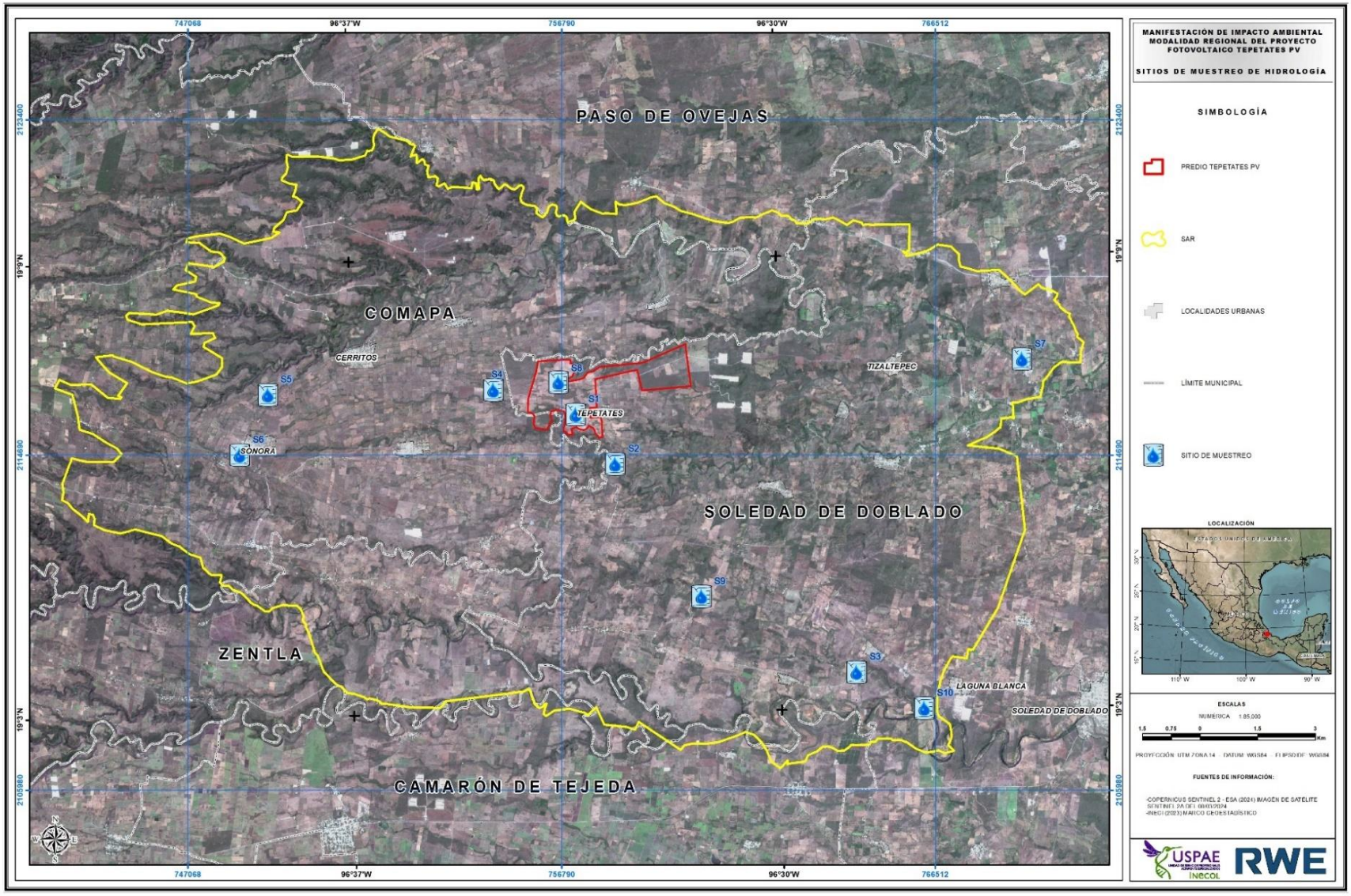


Figura 68. Sitios de hidrología.

Sitio 1 Temporada de estiaje



Figura 69. Escurrimiento concentrado con procesos iniciales de erosión lineal. El escurrimiento concentrado ha generado la erosión superficial de la capa de suelo y se ha contenido por la pedregosidad de la capa regolítica infrayacente al horizonte A. El grado de carcavamiento es 2.

Sitio 2 Temporada de estiaje



Figura 70. Sitio de efluencia del manto freático establecido a 152.3 msnm. El sitio se encuentra sobre el lecho de una corriente intermitente. El líquido es bombeado para uso agrícola-pecuario.

Temporada de lluvias



Figura 71. Contraste del sitio 8 en época de lluvias. Se observa acumulación de sedimentos producto de las crecientes generadas por las lluvias arrojadas por los ciclones tropicales que se presentaron en el Golfo de México.

Temporada de estiaje



Figura 72. Puente que conecta la localidad de Tepetates con la cabecera municipal Soledad de Doblado. El caudal en época de lluvias extraordinarias representa un peligro para la infraestructura, debido a que en hechos históricos se ha tenido que reconstruir.

Temporada de lluvias



Figura 73. Contraste de la Figura 10 con respecto a la temporada de lluvias.

Sitio 3 Temporada de estiaje



Figura 74. Infraestructura vial. En el sitio se encontró que el escurrimiento es de tipo intermitente, sin embargo, el sitio es un importante proveedor de humedad en el ecosistema local, ya que se encontró indicios de humedad alta.



Figura 75. Pozo de agua. Nivel freático a n aproximado de 6 m de profundidad.

Temporada de lluvias



Figura 76. El pozo de agua localizado en el periodo de secas es rebasado por el nivel por acumulación de agua en una terraza aluvial (salida de lluvias).

Sitio 4 Temporada de estiaje



Figura 77. Jagüey. Práctica común en la región para captar agua de lluvia y humedad. Los jagüeyes ya establecidos facilitan la recarga de acuíferos por infiltración lenta. Aunque su establecimiento causa controversia por las afectaciones al suelo, estos cumplen un papel importante en la zona, de manera tanto social como ambiental.

Temporada de lluvias



Figura 78. En época de lluvias es utilizado únicamente como abrevadero, sin embargo, también tienen una función ecosistémica importante, sobre todo en las comunidades locales de anfibios.

Sitio 5 Temporada de estiaje



Figura 79. Arroyo intermitente. No se notó gran capacidad de caudal, ya que la vegetación cumple un papel de ralentizador de cauce. Se encuentra medianamente perturbado por proximidad a asentamientos humanos y vías de comunicación.

Temporada de lluvias



Figura 80. Acumulación de agua en zonas con mayor depresión. No se encontró presencia de flujo continuo.

Sitio 6 Temporada de estiaje



Figura 81. Escurrimiento intermitente con incisión lineal media. Presenta un muro-dique para la retención de agua y también cumple la función de retenedor de corriente.

Temporada de lluvias

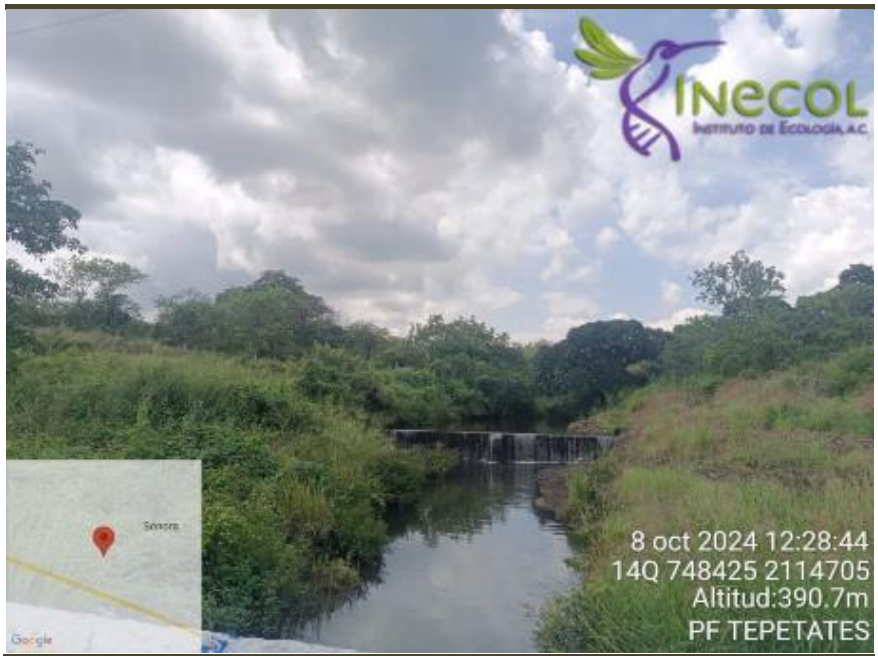


Figura 82. Foto desde la misma perspectiva tomada en temporada de lluvias.

Sitio 7 Temporada de secas



Figura 83. Corriente perenne correspondiente al Río Tenenexpan, con niveles de caudal por abajo de la normalidad según pobladores.

Sitio 8 Temporada de lluvias



Figura 84. Zona inundable en el AP localizado en temporada de lluvias.

Sitio 9 Temporada de lluvias



Figura 85. Nuevo sitio de prospección hidrológico descubierto en la temporada de lluvias.

Sitio 10



Figura 86. Río Jamapa con agua turbia por lluvias recientes en la parte alta de la cuenca.

Hidrología subterránea

Para fines de la administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el DOF el 5 de diciembre de 2001. A partir de ese momento se inició un proceso de delimitación, estudio y disponibilidad anual de los acuíferos. De acuerdo con esta demarcación, según datos de la última actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos en el país publicada en el DOF el 29 de febrero del año 2024, de los 18 acuíferos que se encuentran dentro del estado de Veracruz únicamente 4 presentan déficit en la disponibilidad del recurso, mientras que los 14 restantes se encuentran con una disponibilidad media anual positiva.

El SAR del proyecto se encuentra ubicado dentro de los acuíferos 3006 (Costera de Veracruz) y 3008 (Cotaxtla) (*Figura 87*). En cuanto a la localización y distribución, el acuífero Costera de Veracruz se encuentra en la totalidad del SAR con un porcentaje de distribución del 97.89%, mientras que el 2.11% restante corresponde al acuífero de Cotaxtla, el cual se distribuye en el extremo sur en una delgada franja que se extiende en dirección este-oeste (*Cuadro 14*).

Cuadro 14. Acuíferos de CONAGUA, respecto al SAR y AP.

ACUÍFERO	SAR ÁREA KM²	PORCENTAJE	PREDIO ÁREA HA	PORCENTAJE
3006-Costera de Veracruz	279.58	97.89	439.236	100
3008-Cotaxtla	6.02	2.11	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

Por otro lado, la composición geohidrológica dentro del SAR es conformada por dos unidades (*Figura 87*). La primera unidad consiste en Material no consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (68.90%) y la segunda se constituye por Material no consolidado con posibilidades bajas. Ambas están constituidas por una cuña de rocas sedimentarias que descansan sobre rocas del Mesozoico y tienen un espesor que varía de pocos metros, cerca de sus límites hacia tierra, a más de 6,000m bajo el Golfo de México.

Cuadro 15. Unidades geohidrológicas dentro del SAR y AP.

UNIDAD GEOHIDROLÓGICA	SAR ÁREA KM²	PORCENTAJE	PREDIO HA	PORCENTAJE
Material no consolidado con posibilidades altas	196.78	68.90	439.236	100
Material no consolidado con posibilidades bajas	88.82	31.10	-	-
Total	**285.60**	**100**	**439.236**	**100**

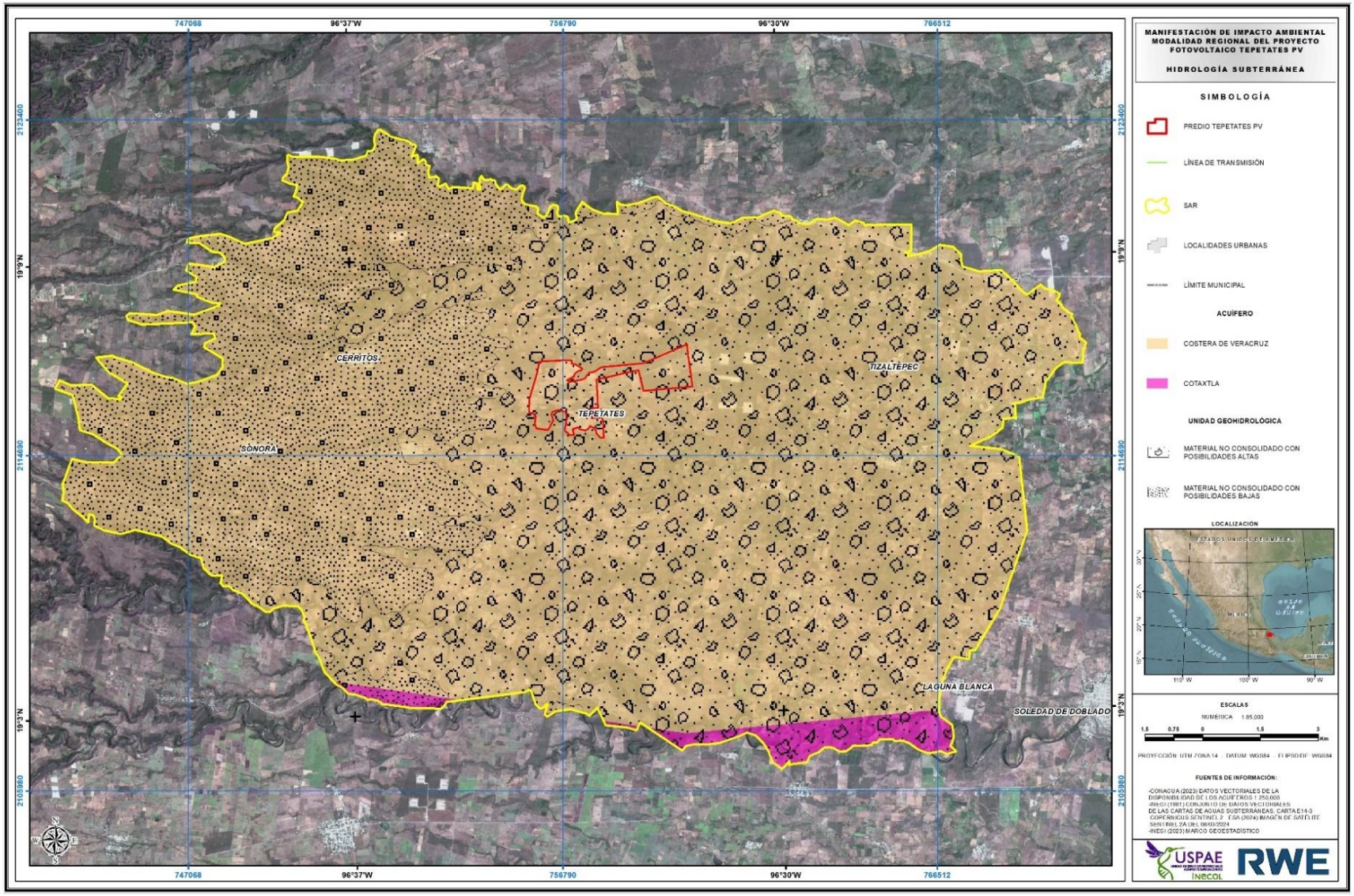


Figura 87. Hidrología subterránea del SAR del proyecto.

Acuífero 3006-COSTERA DE VERACRUZ

El acuífero Costera de Veracruz, definido con la clave 3006 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la zona central del estado de Veracruz. Entre los paralelos 19°03' y 19°29' de latitud norte y los meridianos 96°05' y 97°14' longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 3,059 km². Ocupa totalmente los municipios de Ixhuacán de Los Reyes, Cosautlán de Carbajal, Tlaltetela, Comapa, Tlacotepec de Mejía, Totutla, Suchiapa, Tenampa, Paso de Ovejas y Veracruz; casi la totalidad de Huatusco, Ayahualulco, Teocelo, Jalcomulco, Apazapan, Puente Nacional, La Antigua, Boca del Río, Manlio Fabio Altamirano y Soledad de Doblado; así como pequeñas superficies de los municipios de Xico, Medellín y Zentla.

El acuífero limita al norte con los acuíferos Jalapa-Coatepec y Valle de Actopan; a sur con el acuífero Cotaxtla; al noreste con Perote-Zalayeta y al oeste con Libres Oriental, los tres primeros pertenecientes al estado de Veracruz y el último al estado de Puebla. Su límite natural es el Golfo de México.

Con respecto a las características geohidrológicas, el acuífero recibe una recarga por flujo horizontal proveniente desde el oeste, a través de un medio granular que favorece un flujo regional al oriente y descarga hacia la zona costera. Entre las localidades Santa Rita y Vargas se presenta un parteaguas topográfico, definido por la curva de elevación 20 msnm, que provoca que una parte del flujo subterráneo se dirija a la zona costera y otra tierra adentro, hacia la localidad Puente Jula. La configuración de elevación del nivel estático en 2013 presenta valores varían entre 2 y 70 msnm, que se incrementan de la zona costera hacia el occidente, mostrando el reflejo de la topografía, al igual que los valores de profundidad, lo que indica que el flujo subterráneo no ha sufrido alteraciones causadas por la concentración de pozos o del bombeo.

La profundidad al nivel estático en 2013 (*Figura 88*), muestra que los valores varían desde algunos metros, en la zona costera y la porción ubicada entre el puerto de Veracruz y Boca del Río, y partir de aquí se incrementan al occidente por efecto de la topografía hacia las estribaciones de las sierras y los depósitos de pie de monte, hasta los 90 m que se registran en la región comprendida entre las localidades de Puente Nacional y Soledad de Doblado.

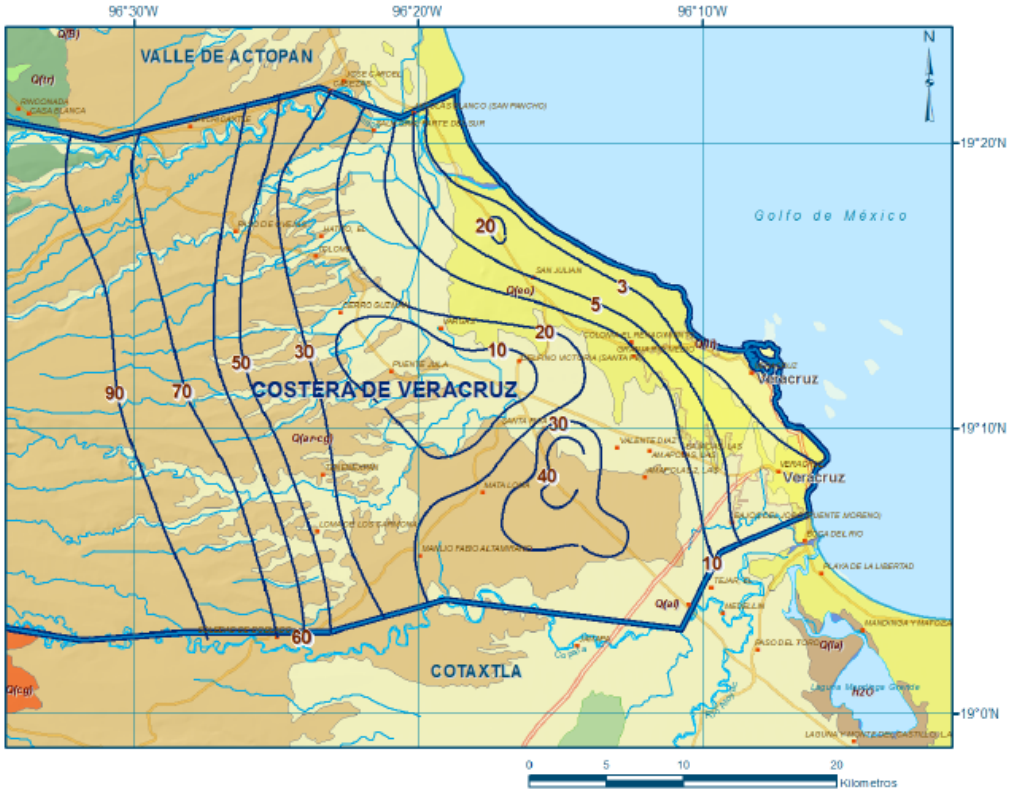


Figura 88. Profundidad del nivel estático en m (2013), en el acuífero 3006.

En el censo de aprovechamientos llevado a cabo como parte del estudio realizado en el año 2013, se registraron un total de 1875 obras que aprovechan el agua subterránea: 496 pozos y 1379 norias; del total de obras, 239 se utilizan en la agricultura, 1450 para uso público-urbano, 23 para uso doméstico-pecuario, 70 para servicios, 49 para uso industrial y 44 para otros usos menores. El volumen de extracción conjunta asciende a 154.1 hm^3 anuales, de los cuales 54.2 hm^3 (35.2%) se utilizan en la agricultura, 51.7 hm^3 (33.5 %) para uso público-urbano, 23.4 hm^3 (15.2%) para servicios, 17.0 hm^3 (11.0%) para uso industrial y 7.8 hm^3 (5.1%) para otros usos.

La principal forma de recarga dentro del acuífero se genera de por infiltración vertical a través de las precipitaciones y el agua infiltrada a lo largo de los escurrimientos de ríos, arroyos y cuerpos de agua, lo que corresponde a 115.4 hm^3/año. La segunda forma de recarga del acuífero se presenta por recarga inducida, lo que corresponde a agua infiltrada por actividades agrícolas o de fugas de la red de agua pública urbana, lo que equivale a 93.8 hm^3. Por último, la menor fuente de entrada al acuífero es generada a través del escurrimiento horizontal (84.3hm^3), es decir, que el agua escurre a través de fracturas de las rocas desde las zonas más altas y piedemontes u de otros acuíferos.

Según datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA, 2022), a la fecha de corte del 30 de diciembre de 2022, se estima que el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 206,617,630 m^3 anuales, mientras que el valor de recarga es de 293.5 hm^3año. El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 15,617,630 m^3 anuales debido a una descarga anual comprometida de 102.5 hm^3 anuales originadas por salidas subterráneas en el acuífero.

Acuífero 3008-COTAXTLA

El acuífero Cotaxtla, definido con la clave 3008 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción central del estado de Veracruz, entre los paralelos 18° 44' y 19° 10' de latitud norte y los meridianos 95° 56' y 97° 16' longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 3,247 km^2. Geopolíticamente la superficie del acuífero comprende totalmente los municipios: Jamapa, Cuitláhuac, Carrillo Puerto, Paso del Macho, Camarón de Tejada, Tepatlaxco, Atoyac, Ixhuatlán del Café, Tomatlán, Alpatláhuac y Calcahualco; y parcialmente Chomacán, Alvarado, Boca del Río, Medellín, Cotaxtla, Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado, Zentla, Yanga, Amatlán de los Reyes, Córdoba, Coscomatepec, Tlalixcoyan, Omealca, Huatusco y La Perla.

El acuífero 3008 limita al norte con el acuífero Costera de Veracruz, al sur con los acuíferos Omealca-Huixcolotla y Los Naranjos, al sureste con el acuífero Costera del Papaloapan, todos ellos pertenecientes al Estado de Veracruz; al oeste con los acuíferos Orizaba-Córdoba, del Estado Veracruz, y Libres Oriental del Estado de Puebla; al este su límite natural es el Golfo de México.

En términos geohidrológicos, el acuífero recibe una recarga por flujo horizontal proveniente desde el oeste, a través de un medio granular que favorece un flujo regional al oriente, que alimenta el caudal base del Río Cotaxtla y descarga hacia la zona costera y a la Laguna de Mandinga. En la zona de dunas costeras se presenta un parteaguas y un sistema de recarga por la infiltración de agua de lluvia que ocasiona un flujo subterráneo horizontal hacia el mar y hacia la Laguna de Mandinga.

La profundidad al nivel estático en 2013 muestra que los valores varían desde algunos metros, en la zona aledaña a la Laguna Mandinga y la porción ubicada en las márgenes del Río Cotaxtla entre los poblados La Capilla, Medellín, Paso del Toro y Boca del Río, desde donde se incrementan por efecto de la topografía hacia el occidente y hacia las estribaciones de las sierras y los depósitos de pie de monte, hasta los 180 m que se registran en las inmediaciones de Paso del Macho y Amatlán de Los Reyes (*Figura 89*).

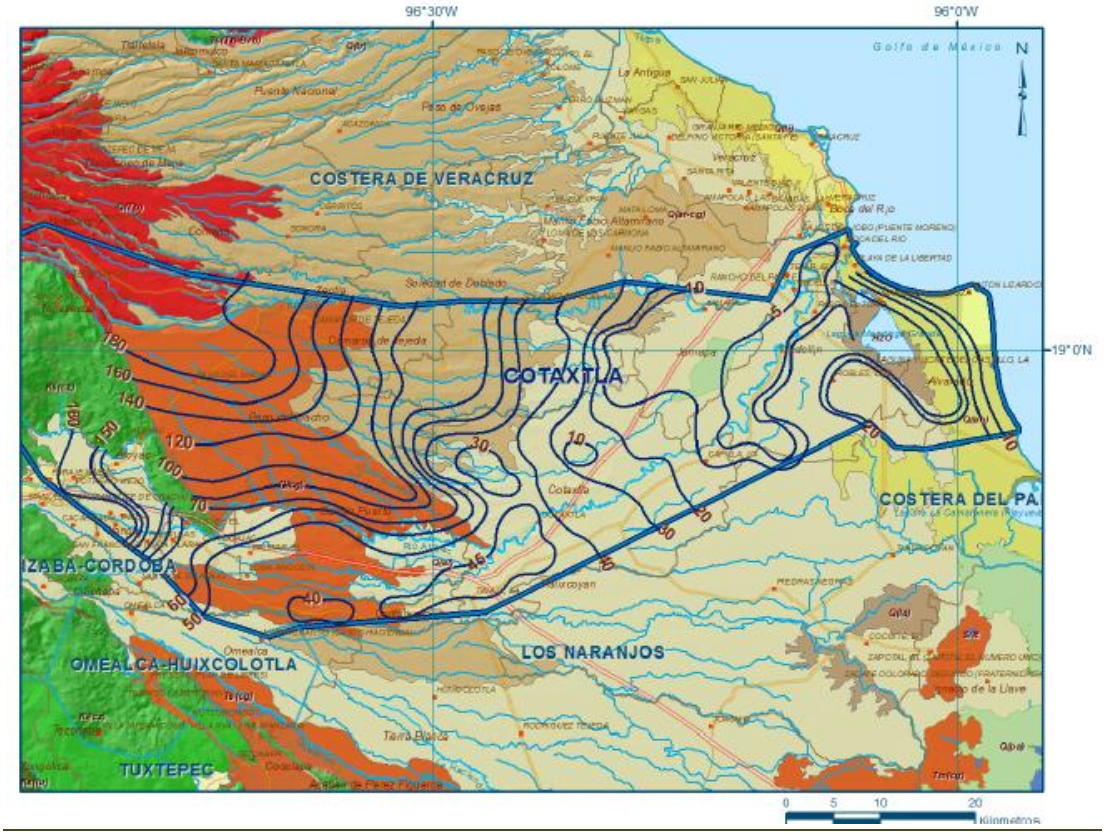


Figura 89. Profundidad del nivel estático en m (2013), en el acuífero 3008.

En el censo de aprovechamientos llevado a cabo como parte del estudio realizado en el año 2013 por CONAGUA, se registraron un total de 708 obras que aprovechan el agua subterránea: 507 pozos, 188 norias y 13 manantiales; 651 activos (465 pozos, 173 norias y los 13 manantiales) y 57 inactivos (42 pozos y 15 norias).

Adicionalmente, fueron estimadas en conjunto en un número de 3087 norias. De tal manera que en total los aprovechamientos suman 3795, de los cuales 507 son pozos, 3275 norias y 13 manantiales. Del total de obras, 309 (281 pozos y 28 norias) se destinan al uso agrícola, 3333 (3232 norias y 101 pozos) son para uso doméstico-pecuario, 120 (110 pozos y 10 norias) para abastecimiento de agua potable, 14 (9 pozos y 5 norias) para servicios y 6 (pozos) para uso industrial. Además, de los 13 manantiales, 6 son para uso doméstico y 7 para agua uso público-urbano.

De esta manera, el volumen de extracción total que se considera para el balance es de 130.1 hm^3 anuales, de los cuales 91.6 hm3 (70.4 %) se destinan al uso agrícola, 11.9 hm^3 (9.1%) para dotación de agua potable a las comunidades de la región; 14.2 hm^3 al uso doméstico-pecuario (10.9 %), 1.7 hm3 (1.3 %) para uso industrial, 1.0 hm^3 (0.8%) para servicios y 9.7 hm^3 (7.5%)

para usos múltiples. Adicionalmente, a través de los 13 manantiales se descarga un caudal de 612 lps, que representa un volumen anual de 19.3 hm^3, de los cuales 18.2 hm^3 (94.3%) se utilizan para abastecimiento de agua potable y 1.1 hm^3 (5.7%) para uso doméstico.

La principal forma de recarga dentro del acuífero se genera por infiltración vertical a través de las precipitaciones y el agua infiltrada a lo largo de los escurrimientos de ríos, arroyos y cuerpos de agua, lo que corresponde a 164.7 hm^3/anuales. La segunda forma de recarga del acuífero se presenta por entradas de flujo subterráneo horizontal, por escurrimiento a través de fracturas desde zonas más altas y piedemontes u otros acuíferos, el valor anual es de 136.1 hm^3. Por último, la menor fuente de entrada al acuífero es generada por recarga inducida, lo que corresponde a agua infiltrada por actividades agrícolas o de fugas de la red de agua pública urbana, este valor equivale a 55.8 hm^3.

Según datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA, 2022), a la fecha de corte del 30 de diciembre de 2022, se estima que el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 215,104,653 m^3 anuales, mientras que el valor de recarga es anual es de 356.5 hm^3. El resultado indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 29,204,653 m^3 anuales.

Calidad del agua subterránea

En 2023 la red de agua subterránea estuvo constituida por 606 sitios. El análisis de calidad del agua para estos sitios considera 14 parámetros indicadores fisicoquímicos y microbiológicos: Fluoruros, Coliformes fecales, Nitrógeno de Nitratos, Arsénico Total, Cadmio Total, Cromo Total, Mercurio Total, Plomo Total, Alcalinidad, Conductividad eléctrica, Dureza Total, Sólidos Disueltos Totales, Hierro Total y Manganeso Total. Con base en estos parámetros se califica el cumplimiento o el incumplimiento de la calidad del agua destinada para uso potable, de consumo o en riego agrícola.

Así mismo, se estableció un semáforo de calidad del agua subterránea: verde cuando hay cumplimiento de los 14 parámetros indicadores. Amarillo cuando se incumple en uno o más de los siguientes parámetros: Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, Dureza total, Sólidos Disueltos Totales, Hierro Total y Manganeso Total. Rojo cuando se incumple en uno o más de los siguientes parámetros: Fluoruros, Coliformes fecales, Nitrógeno de Nitratos, Arsénico Total, Cadmio Total, Cromo Total, Mercurio Total y Plomo Total. Con base en ello, en el año 2023, en el territorio nacional se calificaron en verde el 55.4% de los sitios, el 12.9% de los sitios en amarillo y el 31.7% de los sitios en rojo.

Para en el caso del SAR, los puntos de muestreo más cercanos se encuentran a 30 km hacia la zona este, sobre el área urbana del puerto de Veracruz (*Figura 90*). Se identificaron en 7 sitios en total, de los cuales 4 pertenecen al acuífero 3006-Costera de Veracruz (OCGCE3324, OCGCE3325, OCGCE3326, OCGCE5352) y 3 al acuífero 3008-Cotaxtla (OCGCE3341, OCGCE3344, OCGCE3344M1). Los resultados de las muestras se presentan a continuación en el *Cuadro 16*.

Cuadro 16. Datos de muestreo fisicoquímico del agua subterránea más próximos al SAR.

CLAVE	OCGCE3324	OCGCE3325	OCGCE3326	OCGCE3341	OCGCE3344	OCGCE3344M1	OCGCE5352
Sitio	Comisión Regional de Agua y Saneamiento Pozo 8	Comisión Regional de Agua y Saneamiento del Puerto de Veracruz (Beto Ávila pozo 16-A)	Hotel Jaragua S. A. DE C.V. (Pozo 1)	CMASA El Conchal	Javier Antonio Ruiz Anitua	O OP Paso del Toro	SAS (FERROSUR)
Municipio	Boca del Río	Boca del Río	Boca del Río	Alvarado	Boca del Río	Medellín	Veracruz
Acuífero	Costera de Veracruz	Costera de Veracruz	Costera de Veracruz	Cotaxtla	Cotaxtla	Cotaxtla	Costera de Veracruz
Subtipo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo
Longitud	-96.1283	-96.12286	-96.10501	-96.10287	-96.12438	-96.135	-96.151389
Latitud	19.15789	19.16367	19.15072	19.08284	19.06317	19.02361	19.208333
Periodo	2012-2023	2012-2023	2012-2023	2012-2023	2012-2023	2012-2023	2012-2023
CALIDAD_AL	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
CALIDAD_CO	Indeseable para riego	Permisible para riego	Buena para riego	Dudosa para riego	Buena para riego	Buena para riego	Permisible para riego
SDT_mg_L	2584.5	646	435.2	1804	382.67	377	604
CALIDAD_SD	Cultivos tolerantes	Cultivos sensibles	Excelente para riego	Cultivos con manejo especial	Excelente para riego	Excelente para riego	Cultivos sensibles
CALIDAD__1	Salobres	Potable - Dulce	Potable - Dulce	Ligeramente salobres	Potable - Dulce	Potable - Dulce	Potable - Dulce
CALIDAD_FL	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
DUR_mg_L	985.638375	295.804	289.404444	576.566	223.728	210.306667	289.6
CALIDAD_DU	Muy dura e indeseable usos industrial y domestico	Potable - Dura	Potable - Dura	Muy dura e indeseable usos industrial y domestico	Potable - Dura	Potable - Dura	Potable - Dura
CALIDAD__2	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Aceptable	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_N_	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_AS	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	No apta como FAAP

CLAVE	OCGCE3324	OCGCE3325	OCGCE3326	OCGCE3341	OCGCE3344	OCGCE3344M1	OCGCE5352
CALIDAD_CD	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_CR	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_HG	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
PB_TOT_mg_	<0.005	<0.005	<0.005	0.0124222	<0.005	<0.005	<0.005
CALIDAD_PB	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	No apta como FAAP	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_MN	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Puede afectar la salud	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CALIDAD_FE	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua	Potable - Excelente	Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua	Potable - Excelente	Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua
Semáforo	Amarillo	Verde	Amarillo	Rojo	Amarillo	Verde	Rojo
Contaminan	CONDUC,SDT_ra,SDT_salin ,DT,		FE,	CONDUC, DT, PB,	MN, FE,		AS, FE,

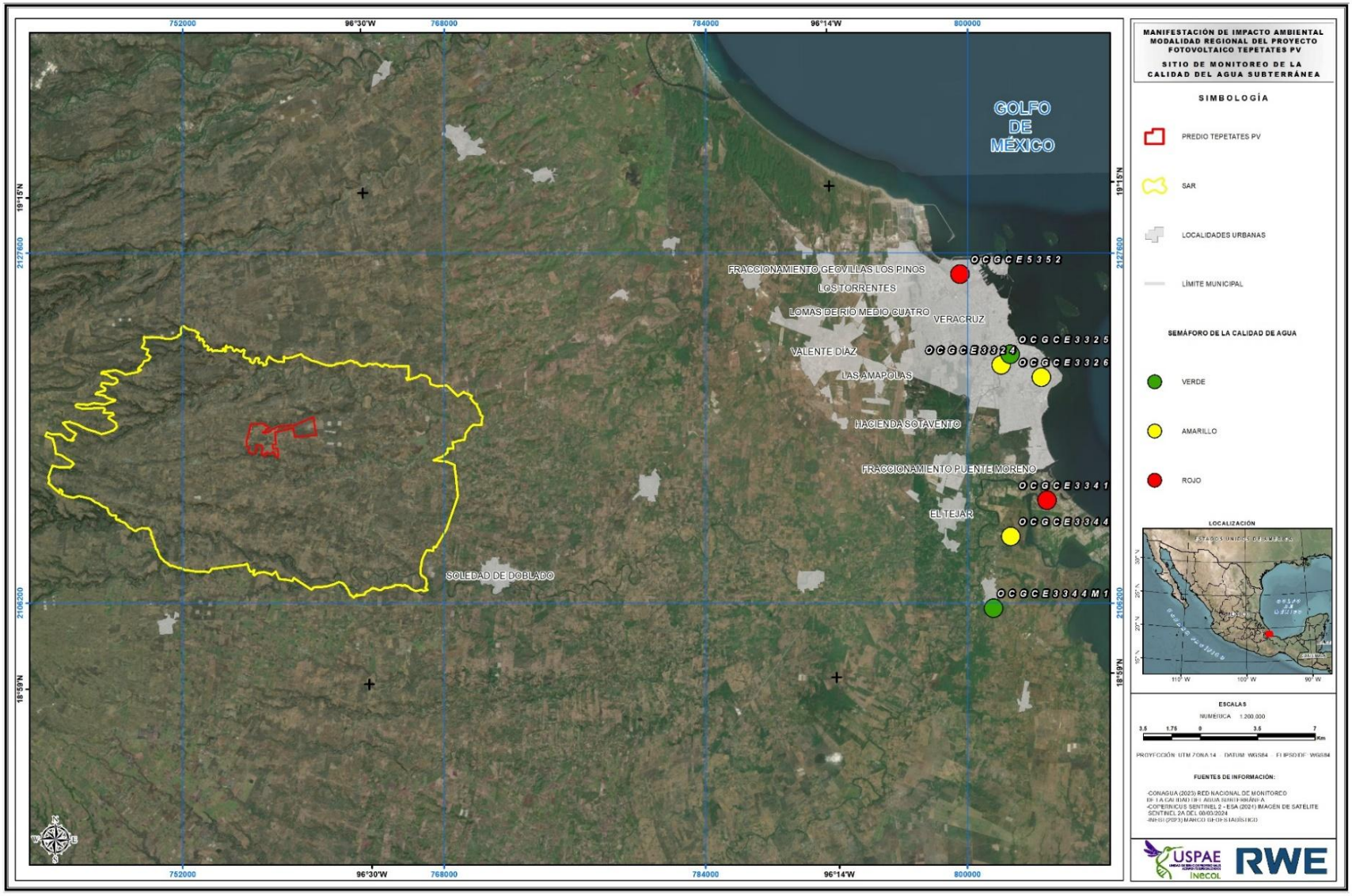


Figura 90. Sitios de monitoreo de hidrología subterránea en las inmediaciones del SAR del proyecto.

IV.3.2 MEDIO BIÓTICO

IV.3.2.1 VEGETACIÓN

Introducción

El estado de Veracruz, México, es reconocido como una de las regiones con mayor diversidad biológica debido a su posición geográfica estratégica, su heterogéneo relieve y su gradiente climático que abarca desde zonas costeras hasta montañosas. Entre sus ecosistemas emblemáticos destaca la selva baja caducifolia (SBC), un bosque tropical caracterizado por la pérdida estacional de hojas en respuesta a períodos de sequía. Este ecosistema alberga una riqueza única de especies endémicas y adaptadas a condiciones climáticas extremas, muchas de ellas con importancia ecológica, económica y cultural. Sin embargo, décadas de expansión agrícola, ganadera y urbana han transformado drásticamente estos paisajes, fragmentando la vegetación original y generando un mosaico de usos de suelo dominado por cultivos, pastizales y parches remanentes de vegetación secundaria.

En este contexto, los fragmentos de selva baja caducifolia en estado secundario (resultado de procesos de regeneración natural tras disturbios como incendios, tala o abandono de tierras) emergen como refugios críticos para la biodiversidad. A pesar de su aparente degradación, estos remanentes sostienen una notable diversidad de flora y fauna, funcionan como corredores biológicos entre áreas conservadas y proveen servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización, el control de plagas y la retención de suelos. Su importancia contrasta con la homogeneización biológica típica de los cultivos y pastizales, donde la biodiversidad suele reducirse a especies generalistas o asociadas a actividades humanas.

En Veracruz, donde la presión sobre los recursos naturales persiste, entender y valorar el papel ecológico de estos espacios intersticiales resulta clave para evaluar los posibles impactos de la instalación de un proyecto fotovoltaico. Así mismo permite plantear medidas de prevención, mitigación compensación para proteger a los ecosistemas en general y evitar la pérdida de biodiversidad en lo particular. En esta sección se caracteriza la vegetación presente en el Área del Proyecto y SAR; además de que se enlistan las especies registradas, destacando aquellas que presentan algún nivel de endemismo y/o amenaza.

Metodología

Para determinar el uso de suelo y vegetación actual del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates se utilizó una imagen de satélite SENTINEL-2A con fecha 08 de marzo del 2024, con una resolución espacial de 10 m, misma que sirvió para realizar una clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación.

Con el software ArcGIS 10.8 y con la ayuda de la herramienta Composite bands se unieron las bandas espectrales 2,3,4 y 8 de la imagen Sentinel, para posteriormente unificarlas y realizarle un corte a la escena para la zona del SAR, esto, con la finalidad de excluir áreas que no interesan en el análisis.

Clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación

Para llevar a cabo la clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación fue necesario realizar trabajo de campo (6 al 18 de mayo y del 30 de septiembre al 11 de octubre del 2024) para obtener mediante un GPS la localización geográfica de puntos de muestreo y verificación de los distintos tipos de uso de suelo y vegetación presentes dentro del SAR y del área del Proyecto. Fueron levantados un total de 29 puntos de verificación del uso de suelo y vegetación.

De vuelta en el trabajo de gabinete se cargaron en el software ArcMap 10.8 los puntos recolectados en campo con el GPS para visualizar en conjunto con la imagen de satélite los sitios en los que se tomó la coordenada. Mediante ello se pudieron apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó y en cual se identificó la vegetación y uso de suelo.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear más puntos en la computadora (sitios de entrenamiento), para realizar la clasificación supervisada. Se crearon un total de 50 sitios de entrenamiento, combinando entre sí los puntos de campo y los puntos realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

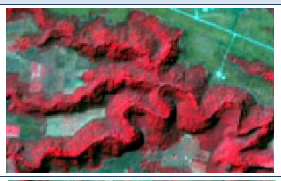
Posteriormente en el software ArcMap 10.8 se realizó la clasificación supervisada usando la combinación de bandas RGB 4-3-2 (infrarrojo). Se usó el algoritmo de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y se obtuvieron las firmas espectrales de cada sitio de entrenamiento, las cuales permiten diferenciar los objetos en la superficie terrestre (tipos de vegetación) ya que emiten distintos patrones de reflectancia característicos para cada uso del suelo y tipo de vegetación.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o tipos de vegetación. Inmediatamente de ello, la clasificación se convirtió en formato vectorial con la herramienta Raster to polygon, lo que permitió realizarle una minuciosa verificación visual en donde se hicieron correcciones manuales para asegurar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera error. Cabe mencionar que se eliminaron todas las superficies/polígonos menores a 1 hectárea, ello con la finalidad de aplicarle un refinamiento cartográfico a los datos (mínimo cartografiable). Adicionalmente, los asentamientos urbanos e infraestructura fueron digitalizados en pantalla sobre la imagen de satélite para posteriormente anexarlos a la clasificación previa.

Para obtener la clasificación supervisada algo que también fue de ayuda es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes (INEGI serie VII) o incluso una aplicación que vincula al SIG ArcMap 10.8 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

Como resultado, se detectaron cuatro categorías, las cuales reflejan los distintos tipos de uso de suelo y vegetación de la zona, mismas que fueron determinadas y sustentadas con trabajo de campo, trabajo de gabinete (Uso de suelo y Vegetación INEGI Serie VII), e interpretación visual sobre la imagen clasificada Los usos de suelo y vegetación registrados en el SAR son vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agropecuario (agricultura y pastizal), cuerpo de agua, urbano – infraestructura (*Cuadro 17*, *Figura 91*). En el *Cuadro 18* se indican las superficies por tipo de vegetación y uso de suelo del SAR y en el *Cuadro 19* se indica la superficie por tipo de vegetación del AP. Es importante resaltar que en el Área del Proyecto se registraron los usos de suelo y vegetación agropecuario y vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

Cuadro 17. Tipos de vegetación identificados en las imágenes se satélite y en los recorridos de campo.

TIPO DE VEGETACIÓN/USO DE SUELO	EJEMPLO
Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia	
Agropecuario a) Agricultura y b) Pastizal	a)  b) 
Cuerpo de agua	
Urbano - Infraestructura	

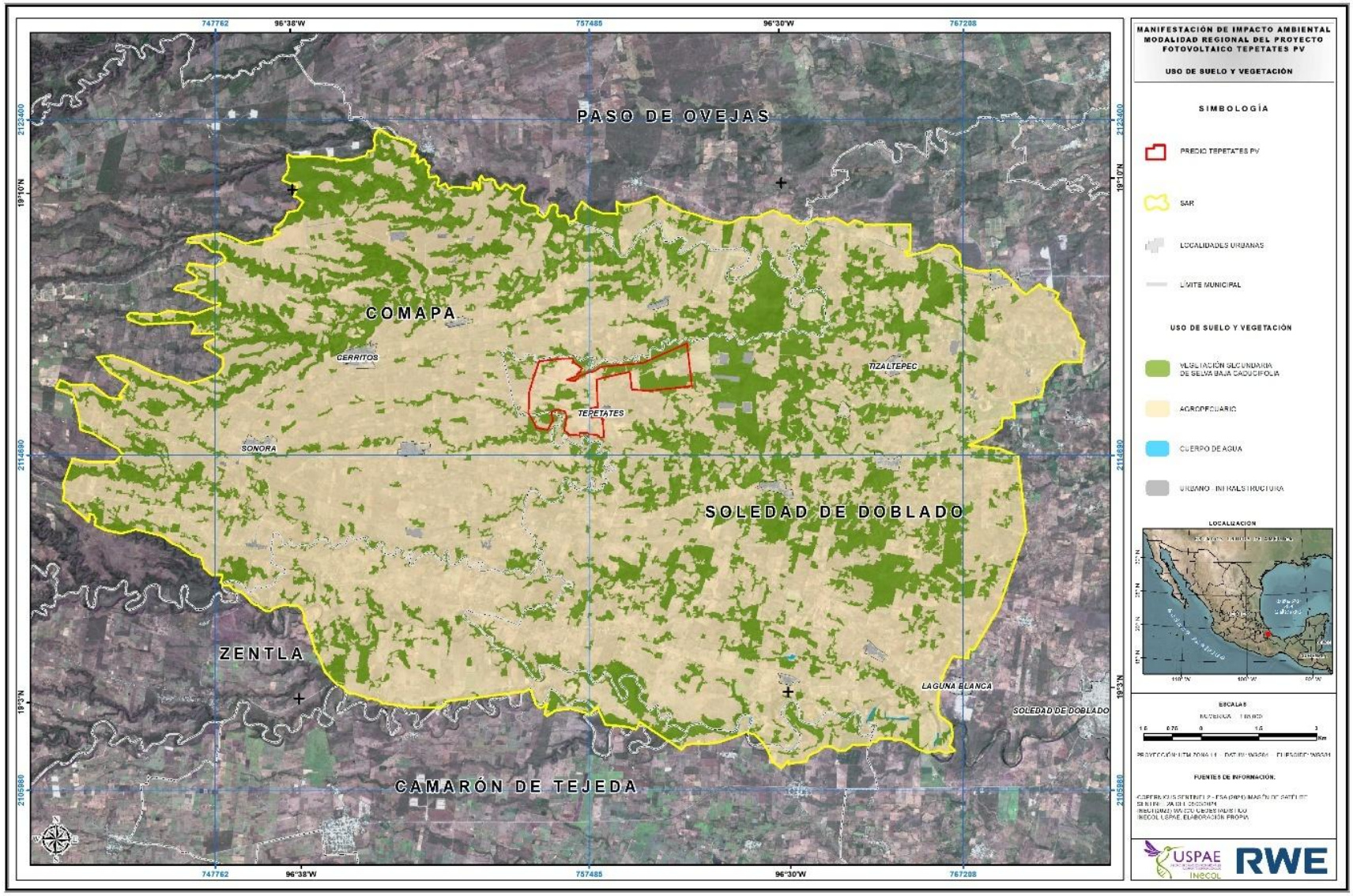


Figura 91. Mapa de uso de suelo y vegetación, clasificación supervisada.

Cuadro 18. Superficie por uso de suelo y vegetación en el SAR.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	KM²	HECTÁREAS	M²
Vs Selva baja caducifolia	81.410	8140.950	81409504.28
Agropecuario	201.418	20141.823	201418232.31
Cuerpo de agua	0.235	23.516	235156.59
Urbano-Infraestructura	2.536	253.564	2535636.84

Cuadro 19. Superficie por uso de suelo y vegetación en el AP.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	KM²	HECTÁREAS	M²
Vs Selva baja caducifolia	1.524	152.393	1523927.07
Agropecuario	2.868	286.843	2868432.95

Caracterización de la flora y vegetación

La vegetación es básica en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres para el desarrollo normal del resto de organismos del sitio ya que proporciona alimento, refugio y microambientes regulando la temperatura y la humedad de una forma muy fina. Así mismo, la cobertura de vegetación interviene en los procesos de erosión e intemperismo al formar una cubierta protectora. La vegetación da estructura al ecosistema y en los ecosistemas templados la diversidad y la estructura de la vegetación son indicadores indispensables que es posible evaluar con rapidez.

La vegetación se caracterizó por su composición florística y por su estructura vertical y horizontal. La identificación de las especies se realizó utilizando bases literatura especializada de la región. Esta información se complementó con bases de datos de la localidad como Naturalista (https://www.naturalista.mx/) y las bases de datos del Herbario MEXU de la UNAM (https://datosabiertos.unam.mx/). La caracterización vertical se hizo por estratos, señalando en cada estrato las especies que lo integran. La estructura horizontal se describió mediante la densidad de plantas leñosas y su cobertura. También se estimó el índice de valor de importancia (IVI) para las especies en cada tipo de vegetación. Los IVI's se generaron ponderando la densidad relativa, la cobertura y la frecuencia relativa de cada una de las especies (Matteucci y Colma 1982).

La densidad relativa (DR) resulta de dividir la densidad absoluta de cada especie, entre la densidad de todas las especies presentes, multiplicado este valor por cien.

La frecuencia relativa (FR%) resulta de dividir la frecuencia absoluta de cada especie entre la sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies, multiplicando el resultado por cien.

La cobertura relativa (Cr) resulta de dividir la cobertura de área basal absoluta de cada especie arbórea entre la cobertura de área basal de todas las especies, multiplicando el resultado por cien.

El Índice de Valor de importancia (IVI) es la sumatoria de la densidad relativa más la frecuencia relativa:

$$IVI = Dr + Fr + Cr$$

Para la caracterización de la vegetación del AP y del SAR, se realizaron dos campañas, una en la temporada de sequía y otra en la temporada de lluvias (6 al 18 de mayo y del 30 de septiembre al 11 de octubre del 2024, respectivamente). Las unidades de muestreo para la descripción de los parámetros comunitarios de la vegetación en el SAR y AP fueron cuadrantes rectangulares de 600 m^2 (20 x 30 m). En cada sitio se registraron las coordenadas del cuadrante. A cada cuadrante se le asignó un número para su identificación en la libreta de campo anotando sus coordenadas y el tipo de vegetación que representa. Se establecieron un total de 29 cuadrantes de muestreo, 10 en el AP correspondientes a agropecuario (6) y VS de selva baja caducifolia (4); en el SAR se establecieron 19 cuadrantes de muestreo, en uso de suelo agropecuario 13 y en VS SBC 6 (*Cuadro 20*, *Figura 92*).

Cuadro 20. Coordenadas de los sitios de muestreo de SAR y AP.

SITIO	SAR/AP	COORDENADAS UTM (WGS-84)		
		REGIÓN	X	Y
1 Agropecuario	AP	14Q	759987	2117144
2 VS SBC	AP	14Q	759015	2116783
3 Agropecuario	AP	14Q	756661	2116722
4 Agropecuario	AP	14Q	756711	2116515
5 Agropecuario	AP	14Q	757002	2115515
6 Agropecuario	SAR	14Q	758067	2115238
7 Agropecuario	SAR	14Q	764375	2109073
8 Agropecuario	SAR	14Q	763361	2108694
9 VS SBC	SAR	14Q	749268	2116370
10 Agropecuario	SAR	14Q	768257	2118257
11 Agropecuario	SAR	14Q	764122	2117140
12 VS SBC	SAR	14Q	763260	2117186
13 VS SBC	SAR	14Q	755379	2116333
14 Agropecuario	SAR	14Q	755539	2116119
15 Agropecuario	SAR	14Q	750894	2112550
16 VS SBC	SAR	14Q	757940	2112472
17 Agropecuario	AP	14Q	759743	2117039
18 Agropecuario	AP	14Q	756567	2116587
19 Agropecuario	AP	14Q	756739	2116428
20 VS SBC	SAR	14Q	763392	2117411
21 Agropecuario	SAR	14Q	763966	2117119
22 Agropecuario	SAR	14Q	755663	2116233
23 Agropecuario	AP	14Q	756239	2116155

SITIO	SAR/AP	COORDENADAS UTM (WGS-84)		
		REGIÓN	X	Y
24 VS SBC	SAR	14Q	760109	2110553
25 Agropecuario	SAR	14Q	763240	2114810
26 Agropecuario	SAR	14Q	766357	2108305
27 Agropecuario	SAR	14Q	764366	2109112
28 Agropecuario	SAR	14Q	748992	2116451
29 VS SBC	AP	14Q	758914	2116969

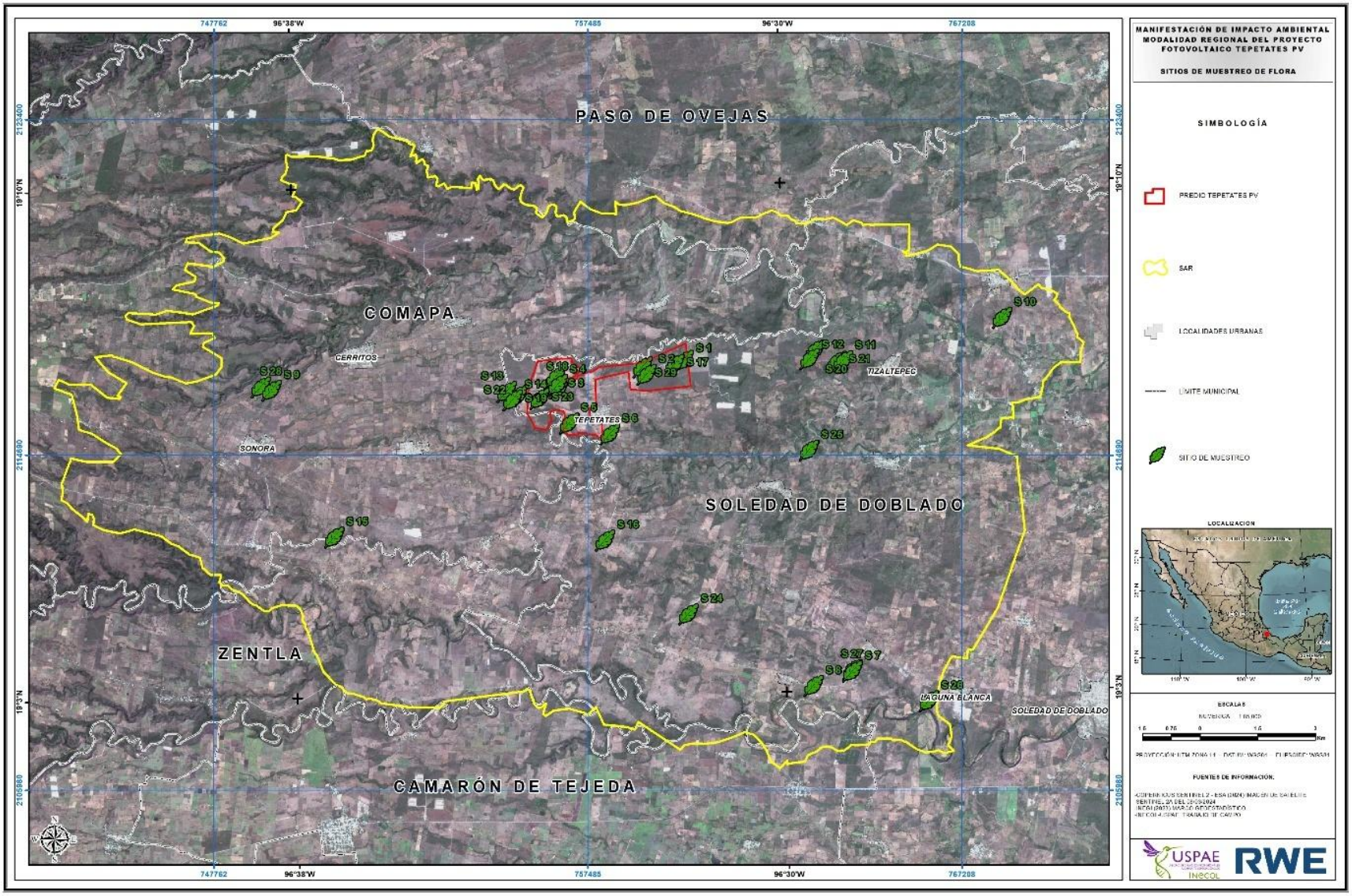


Figura 92. Sitios de colecta de datos.

En los cuadrantes del 600 m^2 se contabilizaron todas las plantas leñosas con diámetro normal mayor o igual a 2 cm (diámetro normal = diámetro a 1.3 m de alto), Se consideraron como parte del estrato arbóreo todos les ejemplares con diámetro normal (DN) mayor o igual a 5 cm y como arbustos todos ejemplares con DN mayor o igual a 2 cm, pero menores a 5 cm de DN. Es importante señalar que en el caso de los individuos que ramificaban por debajo de un metro de alto, cada rama fue medida por separado y evaluada como un ejemplar distinto para fines de abundancia y densidad. En el formato de campo se anotó la especie a la que correspondió cada planta, el diámetro normal y su altura. Para la evaluación del estrato herbáceo, al interior de cada cuadrante de 600 m^2 se trazaron tres subcuadrantes de 4 m^2 (2 x 2 m) en el que se contabilizaron los individuos de cada especie presente registrando, su altura promedio y su porcentaje de cobertura dentro del cuadrante.

Para determinar el grado de completitud de los inventarios y la representatividad del muestreo en el SAR y en el AP, se estimó la riqueza esperada, calculada con los estimadores no paramétricos de Chao 1 y ACE que utilizan los datos de abundancia de las especies (Moreno, 2001). El análisis se realizó con el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell *et al.* 2012).

Para la estimación de la diversidad alfa, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad considerando el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies con abundancias bajas, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla 2006). Este índice es fácil de interpretar y útil para hacer comparaciones ya que adquiere valores entre cero, cuando solo existe una especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Complementariamente, se calculó el índice de equidad de Pielou (J') que adquiere valores entre 0 cuando hay una gran disparidad entre las abundancias registradas, y 1 cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno 2001).

Para determinar la diversidad beta, es decir la diferencia en la composición de especies de un sitio a otro, se empleó el índice de similitud de Morisita utilizando el módulo "Clustering" del software Past v. 4.13 (Hammer, 2001).

Resultados

Descripción de los tipos de vegetación y uso de suelo

Agropecuario

El uso de suelo agropecuario se conforma por pastizales de uso ganadero y áreas de cultivos de temporal (maíz, frijol, papaya, calabaza pipiana, chile, tomate) y perennes (limón persa). En estas áreas no se conforma una estructura vertical estratificada. En el caso de cultivos de temporal se llega a formar un denso estrato herbáceo dominado por la especie cultivada, con presencia secundaria de otras plantas arvenses, nativas o exóticas. Durante la temporada secas crecen de manera natural hierbas de pastos, leguminosas, malvas, amarantáceas y compuestas principalmente (*Abutilon spp., Chamaesyce hyssopifolia, Chamaecrista nictitans, Cucurbita sororia, Centrosema virginianum, Diodia teres, Euphorbia hirta Malachra alceifolia, Paspalum virgatum, Megathyrsus maximus Parthenium hysterophorus, Sida acuta, Solanum tridynamum y Walteria indica*). Es frecuente que en las orillas de las parcelas de cultivo y en los potreros haya cercos vivos de árboles de *Bursera simaruba, Gliricidia sepium, Caesalpinia cacalaco* y *Chloroleucon manguense*, entre otros.

En los pastizales el estrato herbáceo es permanente y suele estar dominado por una o dos especies de pastos. También son comunes especies de otras familias en menor cantidad. Los arbustos son escasos y pueden registrarse arboles dispersos utilizados para brindar sombra al ganado (*Chloroleucon manguense, Chlorophora tinctoria, Guazuma ulmifolia, Diphysa carthagenensis, Lysiloma acapulcense y Vachellia spp*).



Figura 93. Uso de suelo de tipo agropecuario (secas).

VS SBC

Este tipo de vegetación presenta tres estratos bien definidos: arbóreo, arbustivo y herbáceo, El estrato arbóreo oscila entre los 5 a 9 metros de alto, con ejemplares de hasta 12 m. Las especies más comunes son *Bursera simaruba, B. graveolens, Caesalpinia cacalaco, Calliandra rubescens, Chlorophora tinctoria, Cordia alliodora, Guazuma ulmifolia, Gliricidia sepium,* Guazuma ulmifolia, *Handroanthus chrysanthus, Ipomoea wolcottiana, Leucaena lanceolata, Opuntia dejecta, Pilosocereus leucocephalus* y *Vachellia spp.*

El estrato arbustivo fluctúa entre los 2 y 4 m de alto. Las especies frecuentes son *Agonandra obtusifolia*, *Bauhinia pauletia*, *Croton reflexifolius*, *Croton niveus*, *Calliandra rubescens*, *Erythroxylum mexicanum*, *Karwinskia humboldtiana*, *Machaonia acuminata*, *Psidium sartorianum*, *Randia spp.*, *Senna atomaria*, *Vachellia cornígera* y *Xylosma velutina.*

El estrato herbáceo es escaso, alcanza los 1 a 1.5 m de alto. Las especies más abundantes son *Abutilon trisulcatum*, *Agave vivípara*, *Baltimora recta*, *Bromelia pinguin*, *Justicia sessilis*, *Lasiacis divaricata*, *Panicum zizanioides*, *Ruellia blechum* y *Wissadula amplissima.* Los bejucos y las epífitas son puntualmente abundantes.



Figura 94. Vegetación secundaria de selva baja caducifolia (secas).

Composición Florística

En los sitios de muestreo del SAR y AP se registraron en conjunto 152 especies, 122 géneros y 45 familias botánicas (*Cuadro 21*). Las familias botánicas con mayor frecuencia de especies en el AP son Fabaceae con 24 especies, Malvaceae 14, Euphorbiaceae 13, Poaceae 13, Asteraceae 8, Convolvulaceae 5, Rubiaceae 5, Solanaceae 5, Amaranthaceae 4, Cactaceae 4 (*Figura 95*). Las formas biológicas más abundantes son hierbas con 84 especies, árboles con 37 especies y arbustos con 18 especies. Los bejucos y las suculentas son las formas biológicas con menor registro de especies con 5 (*Figura 96*). Del total de plantas registradas 129 son nativas, 11 son nativas y endémicas y siete son exóticas. Las especies endémicas son *Acalypha vagans, Amyris purpusii, Bursera cinérea, Calliandra rubescens, Comocladia mollissima, Heliocarpus pallidus, Leucaena lanceolata, Lonchocarpus fuscopurpureus, Sida linearis, Solanum tridynamum y Tridax purpusii*. Dentro del AP fueron registradas cinco de las especies endémicas.

En el AP y SAR fueron identificadas especies con algún nivel de riesgo de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Las especies *Handroanthus chrysanthus* y *Pilosocereus leucocephalus* están incluidas en el anexo normativo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las categorías amenazada y sujeta a protección especial, respectivamente. Ambas fueron registradas tanto en SAR como en AP. En la lista roja de la UICN se encuentran 73 de las especies, 66 en la categoría de preocupación menor (LC), dos en la categoría de deficiente información, dos en peligro de extinción (DD), dos son consideradas vulnerables (VU) y una casi amenazada (NT). De estas, destacan *Bursera cinérea* (NT) y *Handroanthus chrysanthus* (VU), por su nivel de amenaza y por estar presentes en el AP. En el Apéndice II de la CITES se encuentran nueve especies de las registradas en los sitios de muestreo, siete en el SAR y seis en el AP. Estas especies pertenecen a la familia Cactaceae y al género Euphorbia (*Cuadro 21*).

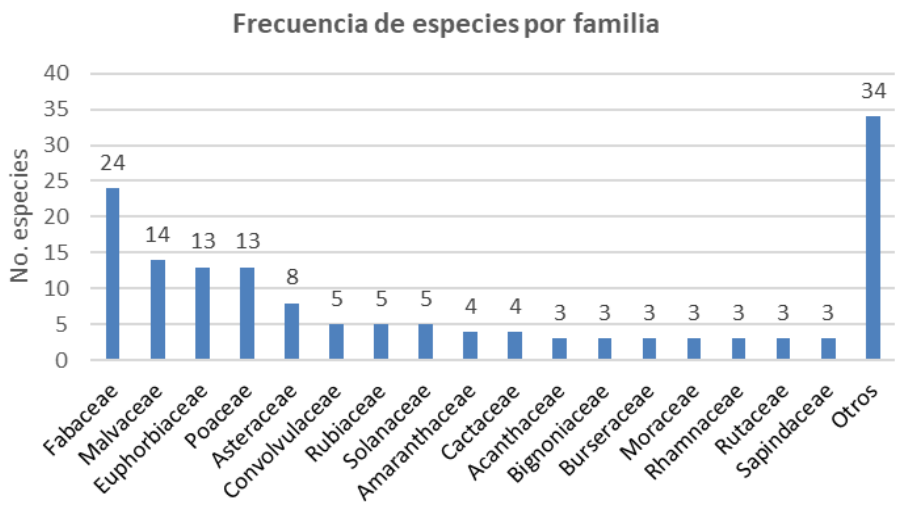


Figura 95. Frecuencia de especies por familia.

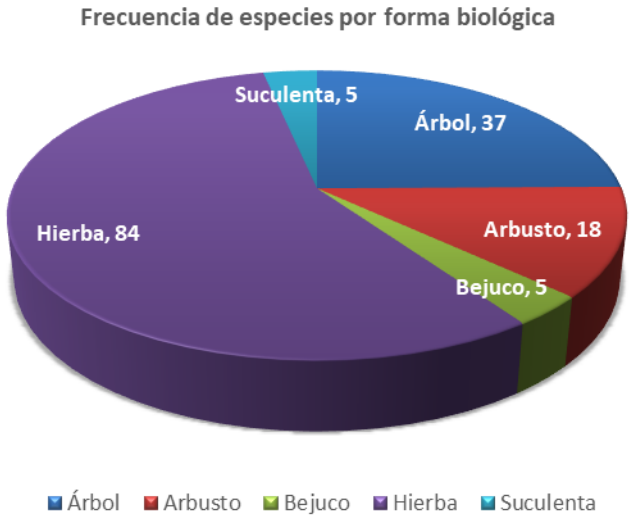


Figura 96. Frecuencia de especies por forma biológica.

Cuadro 21. Listado de plantas vasculares registradas en el SAR y AP.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Acanthaceae	*Elytraria imbricata*	Cordeoncillo	Hierba	Nativa	-	LC	-	X	X		X	X	
Acanthaceae	*Justicia sessilis*		Hierba	Nativa				X		X	X		X
Acanthaceae	*Ruellia blechum*	Camarón	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Amaranthaceae	*Amaranthus hybridus*	Quintonil verde	Hierba	Nativa					X	X		X	
Amaranthaceae	*Amaranthus spinosus*	Quintonil espinoso	Hierba	Nativa					X	X		X	
Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*	Amor seco	Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Amaranthaceae	*Iresine diffusa*	Pluma	Hierba	Nativa				X		X		X	
Anacardiaceae	*Comocladia mollissima*	Hincha huevos	Arbusto	Endémica		LC			X	X	X		X
Anacardiaceae	*Spondias purpurea*	Ciruela	Arbusto	Nativa		LC		X	X	X		X	X
Asparagaceae	*Agave vivipara*	Maguey espadin	Suculenta	Nativa	-	-	-	X	X		X		X
Asteraceae	*Baltimora recta*	Limoncillo	Hierba	Nativa				X	X	X			X
Asteraceae	*Bidens alba*	Acahual blanco	Hierba	Nativa					X	X		X	
Asteraceae	*Fleischmannia pycnocephala*	Cruz dulce chica	Hierba	Nativa					X	X		X	
Asteraceae	*Lagascea mollis*		Hierba	Nativa				X		X			X
Asteraceae	*Parthenium hysterophorus*	Hierba del golpe	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X	X	
Asteraceae	*Tridax procumbens*	Hierba del toro	Hierba	Nativa					X	X		X	
Asteraceae	*Tridax purpusii*	-	Hierba	Endémica	-	-	-		X		X	X	
Asteraceae	*Verbesina persicifolia*	Hierba del toro	Hierba	Nativa				X	X	X			X
Asteraceae	*Indeterminada 3*							X	X		X	X	
Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco de canoíta	Bejuco	Nativa	-	-	-		X		X	X	
Bignoniaceae	*Amphilophium paniculatum*	Bejuco prieto	Bejuco	Nativa					X	X			X
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Roble amarillo	Árbol	Nativa	-	VU	A	X	X	X	X		X
Bixaceae	*Cochlospermum vitifolium*	Carne de perro	Árbol	Nativa	-	LC	-		X		X		X

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Piñuela	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Burseraceae	*Bursera cinerea*	Camaroncillo	Árbol	Endémica		NT		X		X			X
Burseraceae	*Bursera graveolens*	Aceitillo	Árbol	Nativa		LC		X	X	X	X		X
Burseraceae	*Bursera simaruba*	Palo mulato	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta	Suculenta	Nativa	II	LC	-		X		X		X
Cactaceae	*Opuntia dejecta*	Nopal chumbera	Suculenta	Nativa	II	DD	-	X	X	X	X	X	X
Cactaceae	*Pilosocereus leucocephalus*	Cabeza de viejo	Suculenta	Nativa	II	LC	Pr	X	X	X	X	X	X
Cactaceae	*Selenicereus testudo*	Pitaya de tortuga	Suculenta	Nativa	II	LC	-	X			X		X
Celastraceae	*Wimmeria pubescens*	Camaroncillo	Hierba	Nativa		LC			X	X	X		X
Cleomaceae	*Cleome viscosa*	Cola de rata	Hierba	Nativa					X	X		X	
Commelinaceae	*Commelina erecta*	Cantillo	Hierba	Exótica					X	X		X	
Commelinaceae	*Gibasis schiedeana*	Velo de novia	Hierba	Nativa					X	X			X
Convolvulaceae	*Evolvulus alsinoides*	Pico de pájaro	Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Convolvulaceae	*Ipomoea batatas*	Camote morado	Hierba	Nativa		dd			X	X		X	
Convolvulaceae	*Ipomoea hederifolia*	Frijolillo	Hierba	Nativa				X	X	X			X
Convolvulaceae	*Ipomoea trifida*	Trompetilla rosa	Hierba	Nativa		LC		X	X	X		X	X
Convolvulaceae	*Ipomoea wolcottiana*	-	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Cordiaceae	*Cordia alliodora*	Laurelillo	Árbol	Nativa		LC		X		X			X
Cucurbitaceae	*Cucurbita sororia*	Chichicayoctli	Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Erythroxylaceae	*Erythroxylum mexicanum*	Mamoa	Árbol	Nativa	-	LC	-	X			X		X
Euphorbiaceae	*Acalypha vagans*		Hierba	Endémica					X	X			X
Euphorbiaceae	*Adelia barbinervis*	Espino blanco	Árbol	Nativa		LC			X	X			X
Euphorbiaceae	*Alchornea latifolia*	Achiotillo	Árbol	Nativa	-	LC	-		X		X		X
Euphorbiaceae	*Chamaesyce hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	Hierba	Nativa	ii			X			X	X	

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Euphorbiaceae	*Croton niveus*	Copalchi	Arbusto	Nativa		LC		X		X	X		X
Euphorbiaceae	*Croton reflexifolius*	Palo santo	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X	X	X
Euphorbiaceae	*Euphorbia aff. Pteroneura*	Akam-xiu	Hierba	Nativa	II	-	-		X		X	X	X
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla*		Hierba	Nativa	II				X	X		X	
Euphorbiaceae	*Euphorbia hirta*	Golondrina	Hierba	Nativa	II	-	-	X	X		X	X	X
Euphorbiaceae	*Euphorbia schlechtendalii*	Lechero	Hierba	Nativa	II	LC		X	X	X	X		X
Euphorbiaceae	*Jatropha curcas*	Piñón de tempate	Arbusto	Nativa		LC			X	X			X
Euphorbiaceae	*Sesbania herbacea*	Cáñamo de río	Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Euphorbiaceae	*Tragia nepetifolia*	Ortiguilla	Hierba	Nativa				X		X		X	
Fabaceae	*Bauhinia pauletia*	Pata de cabra	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X	X	X
Fabaceae	*Calliandra rubescens*	-	Árbol	Endémica	-	LC	-	X	X	X	X	X	X
Fabaceae	*Centrosema sagittatum*		Hierba	Nativa					X	X			X
Fabaceae	*Centrosema virginianum*	Granadillo	Hierba	Nativa				X		X		X	
Fabaceae	*Chamaecrista chamaecristoides*		Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Fabaceae	*Chamaecrista nictitans*	Guajito	Hierba	Nativa				X	X		X	X	
Fabaceae	*Chamaecrista sp.*		Hierba	-					X	X		X	
Fabaceae	*Chloroleucon mangense*	-	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Fabaceae	*Desmodium tortuosum*	Cadillo	Hierba	Nativa				X	X	X	X	X	X
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis*	Guachipilin	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X	X	X
Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Cocuite	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X	X	X
Fabaceae	*Haematoxylum campechianum*	Palo de Campeche	Árbol	Nativa		LC			X	X	X		X
Fabaceae	*Leucaena diversifolia*	-	Árbol	Nativa	-	vu	-		X		X		X
Fabaceae	*Leucaena lanceolata*	Tepeguaje	Árbol	Endémica	-	LC	-	X	X	X	X		X

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Fabaceae	*Lonchocarpus fuscopurpureus*		Hierba	Endémica		EN			X	X			X
Fabaceae	*Lysiloma acapulcense*	Tepeguaje	Árbol	Nativa		LC			X		X		X
Fabaceae	*Phaseolus vulgaris*	Frijol	Hierba	Nativa		LC		X	X	X		X	X
Fabaceae	*Rhynchosia minima*	Frijolillo	Hierba	Nativa		LC			X	X		X	
Fabaceae	*Senna atomaria*	Frijolillo	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Fabaceae	*Stylosanthes guienensis*		Hierba	Nativa					X	X		X	
Fabaceae	*Tamarindus indica*	Tamarindo	Árbol	Exótica	-	-	-		X	X	X	X	X
Fabaceae	*Vachellia cornigera*	Cornizuelo	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	Huizache	Árbol	Nativa	-	LC	-	X		X	X		X
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	Espino negro	Árbol	Nativa		LC		X	X	X		X	X
Lamiaceae	*Cornutia sp.*		Arbusto						X		X		X
Malpighiaceae	*Bunchosia lindeniana*	Nanche de perro	Arbusto	Nativa					X	X			X
Malvaceae	*Abutilon trisulcatum*	Pelotazo	Hierba	Nativa				X	X	X		X	X
Malvaceae	*Ceiba aesculifolia*	-	Árbol	Nativa	-	LC	-		X		X		X
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	Guacima	Árbol	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Malvaceae	*Heliocarpus pallidus*	Jonote	Árbol	Endémica	-	LC	-	X	X	X	X		X
Malvaceae	*Luehea candida*	Algodoncillo	Árbol	Nativa	-	LC	-		X	X	X		X
Malvaceae	*Malachra alceifolia*	Malva amarilla	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X	X	
Malvaceae	*Melochia pyramidata*	Escobilla	Hierba	Nativa		LC		X		X		X	
Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva de los cerros	Hierba	Nativa	-	-	-	X			X	X	
Malvaceae	*Sida acuta*	Escoba	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Malvaceae	*Sida alnifolia*	-	Hierba	Nativa	-	-	-		X	X	X	X	
Malvaceae	*Sida linearis*	Poleo chiquito	Hierba	Endémica					X	X		X	
Malvaceae	*Sida spinosa*	-	Hierba	Nativa	-	-	-	X			X	X	

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Malvaceae	*Walteria indica*	Tapacola	Hierba	Nativa		LC		X	X	X		X	
Malvaceae	*Wissadula amplissima*	Tronadora	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X		X	X	X
Marantaceae	*Maranta arundinacea*	Azafran	Hierba	Nativa					X	X			X
Martyniaceae	*Martynia annua*	Uña de gato	Hierba	Nativa					X	X			X
Meliaceae	*Trichilia trifolia*	Palo fierro	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Meliaceae	*Triquilia trifolia*	Palo fierro	Árbol	Nativa		LC			X	X			X
Moraceae	*Chlorophora tinctoria*	Moral	Hierba	Nativa		LC		X	X		X	X	X
Moraceae	*Ficus cotinifolia*	Amate negros	Árbol	Nativa		LC			X	X			X
Moraceae	*Maclura tinctoria*	Moral	Árbol	Nativa	-	LC	-		X	X			X
Myrtaceae	*Eugenia capuli*	Escobilla	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X			X		X
Myrtaceae	*Psidium sartorianum*	Arrayán	Árbol	Nativa	-	-	-	X	X	X	X		X
Nyctaginaceae	*Pisonia aculeata*	Coma de uña	Bejuco	Nativa	-	LC	-		X	X	X		X
Onagraceae	*Ludwigia octovalvis*	Camaronera	Hierba	Nativa		LC			X	X			X
Onagraceae	*Ludwigia peploides*	Duraznillo de agua	Hierba	Nativa					X	X			X
Opiliaceae	*Agonandra obtusifolia*	Granadillo	Árbol	Nativa		LC		X	X	X			X
Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo danto	Hierba	Nativa	-	-	-	X			X	X	
Passifloraceae	*Passiflora sp.*	-	Hierba	Nativa	-	-	-		X		X	X	
Petiveriaceae	*Rivina humilis*	Bajatripa	Hierba	Nativa					X	X			X
Poaceae	*Andropogon sp.*	-	Hierba	Nativa	-	-	-		X		X	X	
Poaceae	*Aristida ternipes*	Aceitilla	Hierba	Nativa	-	-	-		X		X	X	X
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	Hierba	Nativa		LC		X		X		X	
Poaceae	*Cynodon dactylon*	Pasto estrella	Hierba	Exótica	-	-	-	X	X		X	X	X
Poaceae	*Dactyloctenium aegyptium*	Pasto pata de pollo	Hierba	Exótica					X	X		X	
Poaceae	*Lasiacis divaricata*	Bambusillo	Hierba	Nativa		LC		X	X	X			X

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Poaceae	*Megathyrsus maximus*	Privilegio	Hierba	Exótica	-	-	-	X	X	X	X	X	
Poaceae	*Panicum zizanioides*		Hierba	Nativa		LC		X		X			X
Poaceae	*Paspalum virgatum*		Hierba	Nativa				X	X	X		X	
Poaceae	*Pennisetum purpureum*	Pasto taiwan	Hierba	Exótica	-	-	-	X			X		X
Poaceae	*Sporobolus sp.*	-	Hierba	-	-	-	-		X		X	X	
Poaceae	*Steinchisma laxum*	Zacate	Hierba	Nativa				X		X		X	
Poaceae	*Zea mays*	Maíz	Hierba	Nativa		LC		X	X	X		X	
Polygonaceae	*Polygonum punctatum*	Chilillo rojo	Hierba	Nativa		LC		X		X		X	
pontederiaceae	*Heteranthera rotundifolia*	Platanillo	Hierba	Nativa					X	X			X
Portulaceae	*Portulaca pilosa*	Amor de un rato	Hierba	Nativa					X	X		X	
Rhamnaceae	*Colubrina heteroneura*	Limoncillo	Arbusto	Nativa	-	LC	-		X	X	X	X	X
Rhamnaceae	*Colubrina triflora*	Algodoncillo	Arbusto	Nativa					X	X			X
Rhamnaceae	*Karwinskia humboldtiana*	Pimientilla	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X		X	X		X
Rubiaceae	*Diodia teres*		Hierba	Nativa				X	X	X		X	X
Rubiaceae	*Machaonia acuminata*	-	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X			X		X
Rubiaceae	*Randia aculeata*	Crucetillo	Arbusto	Nativa	-	LC	-	X	X	X	X		X
Rubiaceae	*Randia albonervia*	Papache peludo	Arbusto	Nativa	-	LC	-		X		X		X
Rubiaceae	*Randia monanta*	Papache peludo	Arbusto	Nativa		LC			X	X			X
Rutaceae	*Amyris purpusii*	-	Arbusto	Endémica	-	EN	-		X		X		X
Rutaceae	*Citrus latifolia*	Limón	Árbol	Exótica					X	X		X	
Rutaceae	*Zanthoxylum fagara*	Limoncillo	Árbol	Nativa		LC			X	X	X		X
Salicaceae	*Casearia laetioides*	Volador	Árbol	Nativa		LC			X	X			X
Salicaeae	*Xylosma velutina*	Palo de brujo	Arbusto	Nativa		LC		X	X	X	X		X
Sapindaceae	*Paullinia tomentosa*	Barbasquillo	Bejuco	Nativa	-	-	-		X		X	X	

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	ORIGEN	CITES	UICN	NOM-059-SEMARNAT-2010	AP	SAR	LLUVIAS	SECAS	AGRO	VS SBC
Sapindaceae	*Serjania racemosa*	Bejuco costillon	Hierba	Nativa	-	-	-	X	X	X	X		X
Sapindaceae	*Thouinidium decandrum*	Periquillo	Árbol	Nativa	-	LC	-		X	X	X		X
Smilacaceae	*Smilax lanceolata*	Huitztololo	Hierba	Nativa					X	X			X
Smilacaceae	*Smilax mollis*	Diente de perro	Bejuco	Nativa	-	-	-		X		X	X	X
Solanaceae	*Datura stramonium*	Toloache	Hierba	Nativa					X	X		X	
Solanaceae	*Solanum campechiense*	Tomatillo	Hierba	Nativa					X		X		X
Solanaceae	*Solanum rudepannum*	Berenjena silvestre	Hierba	Nativa	-	LC	-		X		X	X	
Solanaceae	*Solanum tampicense*		Hierba	Nativa		LC			X	X			X
Solanaceae	*Solanum tridynamum*	Berenjena espinosa	Hierba	Endémica	-	-	-	X	X		X	X	
Sin determinar	*Indeterminada 1*							X			X	X	

Densidad y Cobertura SAR

La densidad promedio de árboles en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia es de 1136.1 ind./ha, mientras que la densidad de arbustos es de 188.9 ind/ha. En el uso de suelo agropecuario la densidad promedio de árboles es de 6.4 ind./ha, en tanto que la densidad promedio de arbustos es de 28.2 ind./ha (*Cuadro 22*).

La cobertura de área basal promedio en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia es de 19.1931 m^2/ha para árboles y 0.1858 m^2/ha para arbustos. En el uso de suelo agropecuario la cobertura de árboles es de 0.6231 m^2/ha, mientras que en el caso de arbustos es de 0.0208 m^2/ha.

Cuadro 22. Densidad y cobertura de árboles y arbustos por tipo de vegetación en el SAR.

VEGETACIÓN	DENSIDAD IND./HA		COBERTURA M²/HA	
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	ARBÓREO	ARBUSTIVO
Agropecuario	6.4	28.2	0.6231	0.0208
VS Selva baja caducifolia	1136.1	188.9	19.1931	0.1858

Riqueza y Diversidad alfa

La mayor riqueza de especies fue registrada en la VS SBC en la temporada de lluvias, mientras que la menor riqueza de especies se observó en el uso de suelo agropecuario en la temporada de secas. La mayor abundancia se observó en el uso de suelo agropecuario en la temporada de lluvias, mientras que la menor abundancia se encontró en el uso de suelo agropecuario en la temporada de secas (*Cuadro 23*).

En términos generales la diversidad alfa estimada con el índice de Shannon-Wiener resultó intermedia para los dos tipos de vegetación en ambas temporadas de lluvias, con valores que van des de 2.035 en agropecuario (lluvias) hasta 3.481 para la VS SBC en la temporada de lluvias. Valores por arriba de 3.5 son considerados de diversidad alta y menores a 1.5 son considerados de diversidad baja.

Cuadro 23. Riqueza, abundancia y diversidad por tipo de vegetación en cada temporada (SAR).

PARÁMETRO	SECAS		LLUVIAS	
	AGROPECUARIO	VS SBC	AGROPECUARIO	VS SBC
Riqueza	33	49	36	59
Abundancia	387	421	983	475
Shannon_H	2.628	3.216	2.035	3.481
Equidad_J	0.7398	0.8118	0.563	0.8388

Diversidad beta

El índice de Similitud de Morisita entre la vegetación secundaria de selva baja caducifolia y el uso de suelo agropecuario es de 0.2361 (23.61%). Este bajo valor de similitud es indicativo una diversidad Beta alta.

Cuadro 24. Matriz del índice de similitud de Morisita.

	AGROPECUARIO	VS SELVA BAJA CADUCIFOLIA
Agropecuario	1	0.2361
VS Selva baja caducifolia	0.2361	1

Curva de acumulación de especies SAR

Para determinar el grado de completitud del inventario del SAR se estimó la riqueza esperada, calculada con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE (Moreno, 2001), basados en datos de abundancia. Empleando el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013) se generó una curva de acumulación de especies con los datos generados (*Figura 97*). Se registró un total de 127 especies y 2,266 individuos. La riqueza esperada según el estimador Chao 1 es de 141 especies y de 137 según el estimador ACE. Por lo que el nivel del inventario se encuentra entre el 92.7% y 90.1%, respectivamente.

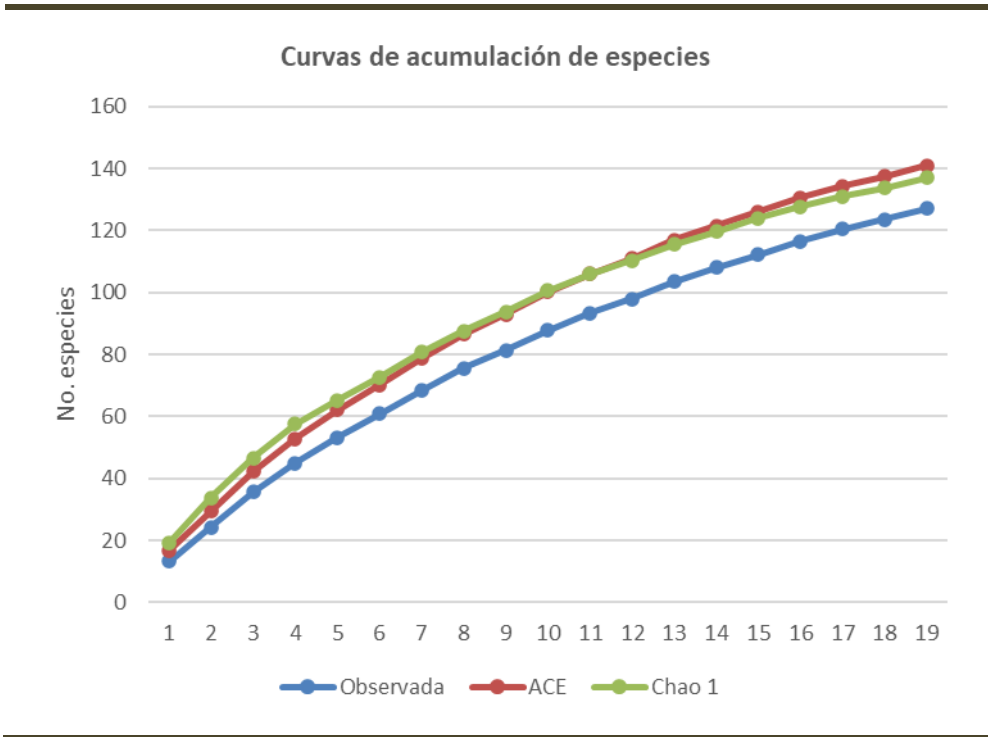


Figura 97. Curvas de acumulación de especies en el SAR.

Densidad y Cobertura AP

La densidad promedio de árboles en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia es de 1,066.62 ind./ha (*Cuadro 25*), mientras que la densidad de arbustos es de 375 ind/ha. En los sitios de muestreo del uso de suelo agropecuario no se registraron árboles y arbustos.

La cobertura de área basal promedio en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia es de 12.3481 m^2/ha para árboles y 0.3511 m^2/ha para arbustos. En el uso de suelo agropecuario no se registraron árboles ni arbustos dentro de los sitios de muestreo.

Cuadro 25. Densidad y cobertura de área basal de árboles y arbustos por tipo de vegetación en AP.

VEGETACIÓN	DENSIDAD IND./HA		COBERTURA M2/HA	
	ARBÓREO	ARBUSTIVO	ARBÓREO	ARBUSTIVO
Agropecuario	0	0	0	0
VS SBC	1066.6	375	12.3481	0.3511

Riqueza y Diversidad alfa (AP)

La mayor riqueza de especies se registró en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia durante la temporada de lluvias con 44 especies, mientras que la menor riqueza se observó en el uso de suelo agropecuario durante la temporada de secas. La mayor abundancia de individuos se encontró en la VS SBC en la temporada de lluvias, en tanto que la menor abundancia fue registrada en la VS SBC en la temporada de secas (*Cuadro 26*). La diversidad alfa estimada con el índice de Shannon Wiener resultó intermedia en los dos tipos de vegetación y uso de suelo analizados para las dos temporadas de muestreo. Los valores del índice de Shannon Wiener oscilaron entre 1.907 y 3.258. La Equidad fue moderada en agropecuario para la temporada de lluvias y alta para el resto con valores de 0.775 a 0.848.

Cuadro 26. Riqueza, abundancia y diversidad por tipo de vegetación en cada temporada de muestreo en AP.

VEGETACIÓN	AGROPECUARIO	VS SBC	AGROPECUARIO	VS SBC
	SECAS	SECAS	LLUVIAS	LLUVIAS
Riqueza_S	15	26	21	44
Abundancia	262	261	367	464
Shannon_H	2.196	2.573	1.907	3.258
Equidad_J	0.801	0.775	0.617	0.848

Índice de Valor de Importancia (AP)

Las especies herbáceas con mayor Índice de Valor de importancia son *Zea mays* con 93.28, *Chamaesyce hyssopifolia* con 19.78, *Parthenium hysterophorus* con 19, *Malachra alceifolia* con 15.72, *Diodia teres* con 13.84, *Walteria indica* con 13.01 y *Chamaecrista nictitans* 12.88. En el *Cuadro 27* se indican los valores absolutos de abundancia, cobertura y frecuencia; además de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia. En los sitios de muestreo de agropecuario no fueron registrados árboles ni arbustos.

Cuadro 27. Índice de Valor de Importancia de hierbas, Agropecuario.

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Zea mays	85.422	193	593	0.50	30.68	56.48	6.12	93.28
Chamaesyce hyssopifolia	5.6	84	46	0.17	13.35	4.38	2.04	19.78
Parthenium hysterophorus	25.33	43	42	0.67	6.84	4.00	8.16	19.00
Malachra alceifolia	26.11	20	46	0.67	3.18	4.38	8.16	15.72
Diodia teres	53.75	35	44	0.33	5.56	4.19	4.08	13.84
Walteria indica	86.33	37	32	0.33	5.88	3.05	4.08	13.01
Chamaecrista nictitans	3.75	35	34	0.33	5.56	3.24	4.08	12.88
Cynodon dactylon	7.33	35	30	0.33	5.56	2.86	4.08	12.50
Cucurbita sororia	35	9	36	0.17	1.43	3.43	2.04	6.90
Centrosema virginianum	42.5	6	19	0.33	0.95	1.81	4.08	6.85
Euphorbia hirta	10	10	10	0.33	1.59	0.95	4.08	6.62
Solanum tridynamum	21.5	4	9	0.33	0.64	0.86	4.08	5.57
Indeterminada 1	5.5	11	11	0.17	1.75	1.05	2.04	4.84
Steinchisma laxum	22	13	6	0.17	2.07	0.57	2.04	4.68
Argemone ochroleuca	45	7	16	0.17	1.11	1.52	2.04	4.68
Desmodium tortuosum	7	12	6	0.17	1.91	0.57	2.04	4.52
Asteraceae crema	5	10	7	0.17	1.59	0.67	2.04	4.30
Iresine diffusa	50	10	5	0.17	1.59	20.48	2.04	4.11
Megathyrsus maximus	80	10	5	0.17	1.59	0.48	2.04	4.11
Chamaecrista chamaecristoides	25	8	8	0.17	1.27	0.76	2.04	4.07
Melochia tomentosa	3	6	4	0.17	0.95	0.38	2.04	3.38
Cenchrus echinatus	30	5	5	0.17	0.79	0.48	2.04	3.31
Sesbania herbacea	94	4	6	0.17	0.64	0.57	2.04	3.25
Melochia pyramidata	45	3	7	0.17	0.48	0.67	2.04	3.18
Sida acuta	35	4	3	0.17	0.64	0.29	2.04	2.96
Gomphrena serrata	30	3	3	0.17	0.48	0.29	2.04	2.80
Sida spinosa	10	3	3	0.17	0.48	0.29	2.04	2.80
Evolvulus alsinoides	20	1	4	0.17	0.16	0.38	2.04	2.58
Ipomoea trifida	15	2	2	0.17	0.32	20.19	2.04	2.55
Tragia nepetifolia	30	2	2	0.17	0.32	0.19	2.04	2.55
Paspalum virgatum	100	1	3	0.17	0.16	0.29	2.04	2.49

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Croton reflexifolius	10	1	1	0.17	0.16	0.10	2.04	22.30
Elytraria imbricata	5	1	1	0.17	0.16	0.10	2.04	2.30
Polygonum punctatum	100	1	1	0.17	0.16	0.10	2.04	2.30
Total		**629**	**1050**	**8.17**	**100**	**100**	**100**	**300**

VS SBC

Las especies arbóreas con mayor Índice de Valor de importancia son *Ipomoea wolcottiana* con 95.97, *Calliandra rubescens* con 23.95 *Guazuma ulmifolia* con 22.78, *Gliricidia sepium* con 21.39 *Bursera simaruba* con 20.55, *Bauhinia pauletia* con 15.01, *Pilosocereus leucocephalus* con 13.50 *Vachellia farnesiana* con 10.44 y *Leucaena lanceolata* con 10.08. En el *Cuadro 28* se indican los valores absolutos de abundancia, cobertura y frecuencia; además de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia.

Cuadro 28. Índice de Valor de Importancia de árboles, VS selva baja caducifolia.

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Ipomoea wolcottiana	578.5	91	15212.71	1.00	35.55	51.33	9.09	95.97
Calliandra rubescens	129	32	1373.84	0.75	12.50	42.64	6.82	23.95
Guazuma ulmifolia	132	27	1604.68	0.75	10.55	5.41	6.82	22.78
Gliricidia sepium	152.5	24	2887.46	0.25	9.38	9.74	2.27	21.39
Bursera simaruba	88.5	14	2449.23	0.75	5.47	8.26	6.82	20.55
Bauhinia pauletia	51	12	364.38	1.00	4.69	1.23	9.09	15.01
Pilosocereus leucocephalus	38	11	1379.39	0.50	4.30	4.65	4.55	13.50
Vachellia farnesiana	34.5	7	263.08	0.75	2.73	0.89	6.82	10.44
Leucaena lanceolata	36	6	273.05	0.75	2.34	0.92	6.82	10.08
Opuntia dejecta	17	5	351.33	0.75	1.95	1.19	6.82	9.96
Chlorophora tinctoria	14	2	1993.33	0.25	0.78	6.73	2.27	9.78
Croton reflexifolius	11	3	116.02	0.50	1.17	0.39	4.55	6.11
Vachellia pennatula	14.5	3	467.68	0.25	1.17	1.58	2.27	5.02
Croton niveus	14	3	96.13	0.25	1.17	0.32	2.27	3.77
Diphysa carthagenensis	6	2	143.24	0.25	0.78	0.48	2.27	3.54

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Psidium sartorianum	10	2	117.46	0.25	0.78	0.40	2.27	3.45
Chloroleucon mangense	9	2	88.25	0.25	0.78	0.30	2.27	3.35
Bursera cinerea	10	2	84.35	0.25	0.78	0.28	2.27	3.34
Randia aculeata	8	2	84.19	0.25	0.78	0.28	2.27	3.34
Heliocarpus pallidus	12	2	71.62	0.25	0.78	0.24	2.27	3.30
Euphorbia schlechtendalii	7.5	1	103.13	0.25	0.39	0.35	2.27	3.01
Cordia alliodora	5	1	45.84	0.25	0.39	0.15	2.27	2.82
Senna atomaria	5	1	42.10	0.25	0.39	0.14	2.27	2.81
Eugenia capuli	5	1	23.00	0.25	0.39	0.08	2.27	2.74
Total		**256**	**29635.50**	**11**	**100**	**100**	**100**	**300.00**

Las especies arbustivas con mayor Índice de Valor de importancia son *Croton reflexifolius* con 50.17, *Bauhinia pauletia* con 42.42, *Croton niveus* con 24.46, *Randia aculeata* con 16.84, *Guazuma ulmifolia* con 15.88, *Vachellia cornigera* con 12.93, *Calliandra rubescens* con 12.56 y *Senna atomaria* con 12.03. En el *Cuadro 29*, se indican los valores absolutos de abundancia, cobertura y frecuencia; además de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia.

Cuadro 29. Índice de Valor de Importancia de arbustos, VS selva baja caducifolia.

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Croton reflexifolius	2.7	26	126.71	0.50	28.89	15.03	6.25	50.17
Bauhinia pauletia	3.3	14	2147.37	0.75	15.56	17.49	9.38	42.42
Croton niveus	3.8	7	87.91	0.50	7.78	10.43	6.25	24.46
Randia aculeata	2.25	6	33.03	0.50	6.67	3.92	6.25	16.84
Guazuma ulmifolia	3.6	5	60.72	0.25	5.56	7.20	3.13	15.88
Vachellia cornigera	4.6	3	28.17	0.50	3.33	3.34	6.25	12.93
Calliandra rubescens	4	3	51.41	0.25	3.33	6.10	3.13	12.56
Senna atomaria	4.3	3	46.95	0.25	3.33	5.57	3.13	12.03
Machaonia acuminata	3	4	34.56	0.25	4.44	4.10	3.13	11.67
Agonandra obtusifolia	3.5	2	25.86	0.50	2.22	3.07	6.25	11.54
Karwinskia humboldtiana	2.5	2	10.34	0.50	2.22	1.23	6.25	9.70

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Xylosma velutina	3	2	229.05	0.25	2.22	3.45	3.13	8.79
Psidium sartorianum	3.5	2	21.16	0.25	2.22	2.51	3.13	7.86
Erythroxylum mexicanum	7	1	19.37	0.25	1.11	2.30	3.13	6.53
Leucaena lanceolata	5	1	17.90	0.25	1.11	2.12	3.13	6.36
Spondias purpurea	4	1	17.90	0.25	1.11	2.12	3.13	6.36
Diphysa carthagenensis	3.5	1	15.60	0.25	1.11	1.85	3.13	6.09
Ipomoea wolcottiana	3	1	15.60	0.25	1.11	1.85	3.13	6.09
Vachellia farnesiana	4	1	12.63	0.25	1.11	1.50	3.13	5.74
Chloroleucon mangense	2	1	11.46	0.25	1.11	1.36	3.13	5.60
Handroanthus chrysanthus	22	1	11.46	0.25	1.11	1.36	3.13	5.60
Bursera graveolens	3	1	7.96	0.25	1.11	0.94	3.13	5.18
Eugenia capuli	3	1	26.45	0.25	1.11	0.76	3.13	5.00
Trichilia trifolia	2	1	3.26	0.25	1.11	0.39	3.13	4.62
Total general		**90**	**842.82**	**8**	**100**	**100**	**100**	**300**

Las especies herbáceas con mayor Índice de Valor de importancia son *Ruellia blechum* con 32.89, *Wissadula amplissima* con 28.98, *Baltimora recta* con 23.39, *Bromelia pinguin* con 23.21, *Justicia sessilis* con 21.85, *Panicum zizanioides* con 19.39, *Abutilon trisulcatum* con 19.16 y *Lasiacis divaricata* con19.07. En el *Cuadro 30* se indican los valores absolutos de abundancia, cobertura y frecuencia; además de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia.

Cuadro 30. Índice de Valor de Importancia de hierbas, VS selva baja caducifolia.

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Ruellia blechum	21	57	42	0.75	15.04	6.74	11.11	32.89
Wissadula amplissima	83.5	41	67	0.5	10.82	10.75	7.41	28.98
Baltimora recta	55	32	47	0.5	8.44	7.54	7.41	23.39
Bromelia pinguin	55.75	7	110	0.25	1.85	17.66	3.70	23.21
Justicia sessilis	80	31	39	0.5	8.18	6.26	7.41	21.85
Panicum zizanioides	45	40	32	0.25	10.55	5.14	3.70	19.39
Abutilon trisulcatum	65	19	42	0.5	5.01	6.74	7.41	19.16

ESPECIE	ALTURA PROMEDIO	ABUNDANCIA	COBERTURA	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
Lasiacis divaricata	35	40	30	0.25	10.55	4.82	3.70	19.07
Phaseolus vulgaris	15	36	25	0.25	9.50	4.01	3.70	17.22
Verbesina persicifolia	30	25	30	0.25	6.60	4.82	3.70	15.12
Pennisetum purpureum	130	6	36	0.5	1.58	5.78	7.41	14.77
Lagascea mollis	35	20	30	0.25	5.28	4.82	3.70	13.80
Agave vivipara	130	1	50	0.25	0.26	8.03	3.70	11.99
Ipomoea hederifolia	40.65	4	16	0.25	1.06	2.57	3.70	7.33
Selenicereus testudo	20	8	21	0.25	2.11	0.16	3.70	5.98
Randia aculeata	200	2	10	0.25	0.53	1.61	3.70	5.84
Serjania racemosa	10	5	5	0.25	1.32	0.80	3.70	5.83
Sida acuta	30	3	4	0.25	0.79	0.64	3.70	5.14
Ipomoea trifida	30	1	5	0.25	0.26	0.80	3.70	4.77
Diodia teres	30	1	2	0.25	0.26	0.32	3.70	4.29
Total general		**379**	**623**	**6.75**	**100**	**100**	**100**	**300**

Curva de acumulación de especies AP

Para determinar el grado de completitud del inventario del SAR se estimó la riqueza esperada, calculada con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE (Moreno, 2001), basados en datos de abundancia. Empleando el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013) se generó una curva de acumulación de especies con los datos generados (*Figura 98*). Se registró un total de 83 especies y 1354 individuos. La riqueza esperada según el estimador Chao 1 es de 92 especies y de 90 según el estimador ACE. Por lo que el nivel del inventario se encuentra entre el 92% y 90%, respectivamente.

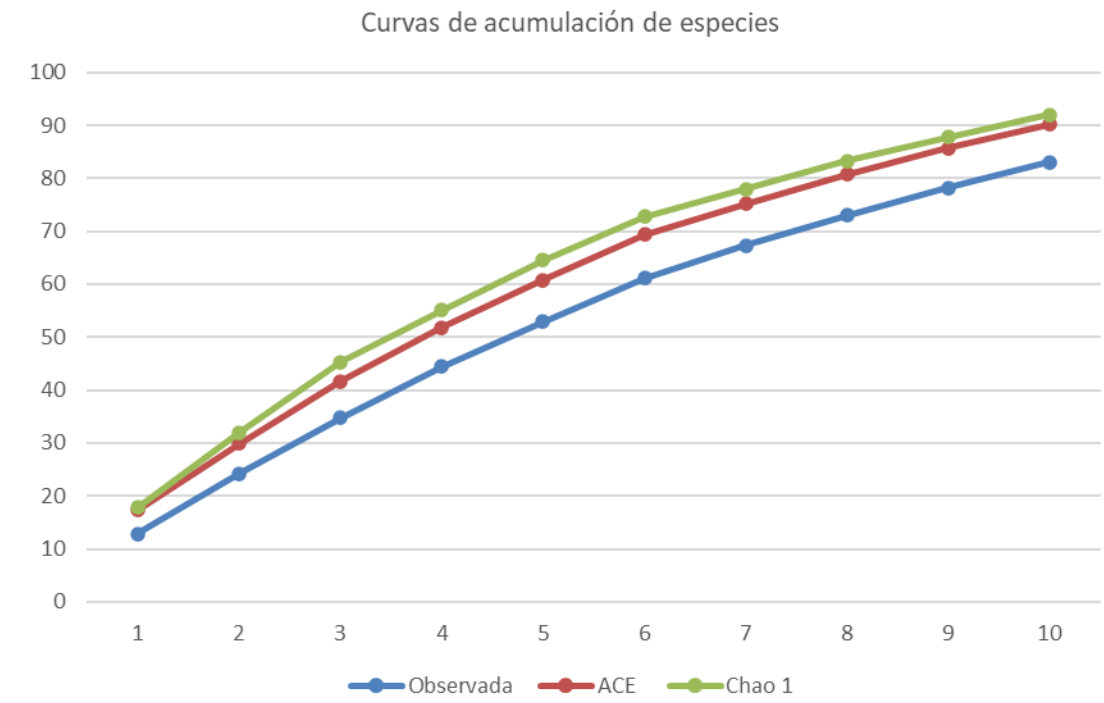


Figura 98. Curvas de acumulación de especies en AP.

Discusión y conclusión

Tanto en el SAR como en el AP se observa un deterioro en la calidad del habitad debido la transformación del ambiente natural en zonas de cultivos y pastizales agrícolas. No obstante, se registró una importante diversidad de especies vegetales: 46 en Agropecuario y 56 VS en SBC para el AP; 66 en Agropecuario y 87 VS en SBC para el SAR. También se identificaron especies en endémicas y especies protegidas por encontrarse en riesgo de extinción, entre las que destacan *Handroanthus chrysanthus* (A, VU), *Bursera cinérea* (endémica, NT), *Pilosocereus leucocephalus* (Pr), *Calliandra rubescens* (endémica), *Heliocarpus pallidus* (endémica) por encontrase dentro del AP. Es de destacar que solo se registraron siete especies exóticas registradas en los sitios de muestreo (SAR y AP).

La cobertura de área basal de la VS SBC en el SAR moderada a alta, mientras que en el AP es moderada (19.1931 m^2/ha y 12.3481 m^2/ha, respectivamente), comparada con lo reportado para selva baja caducifolia en otros estados. Silva-Aparicio *et al.* (2018), reportan coberturas de área basal de 19.7 m^2/ha y 22.1 m^2/ha para dos fragmentos de SBC en el Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca. Dzib-Castillo *et al.* (2014), reportan una cobertura 10.48 m^2/ha para SBC en el estado de Campeche. Gallardo-Cruz *et al.* (2005), reportan para una selva baja caducifolia en Nizanda Oaxaca una cobertura de área basal promedio de 53 m^2 /ha (± 9.7). Los valores de cobertura de área basal registrados en

SAR y AP se explican por la elevada densidad de individuos presentes, que, a su vez, es producto de fertilidad del suelo.

Entre las principales amenazas a la vegetación en el SAR y AP se encuentra la transformación de los ecosistemas naturales en zonas de cultivo y pastizales de uso ganadero. La presencia de granjas avícolas también supone afectaciones a la vegetación, pero de menor intensidad. Es importante resaltar que, a pesar de la fuerte transformación de paisaje natural para actividades agropecuarias, en el SAR y AP se pudieron apreciar diversas especies primarias dentro de las áreas de cultivo y pastizales que tienen un manejo de semi domesticación. Ya que los agricultores y ganaderos permiten su desarrollo para ser utilizados posteriormente como postes, madera para construcción rural, construcción de corrales, o bien porque proveen algún alimento o son medicinales.

IV.3.2.2 FAUNA

Herpetofauna

Veracruz se destaca por su excepcional diversidad de herpetofauna. La compleja geografía y variedad de ecosistemas del estado han favorecido la evolución y coexistencia de un gran número de especies de anfibios y reptiles. Según estudios como el de Vogt *et al.* (2000), Veracruz alberga una de las mayores riquezas de anfibios en México, con más de 103 especies registradas. Esta diversidad se debe en gran medida a la presencia de regiones como Los Tuxtlas, que han sido identificadas como centros de endemismo. Asimismo, la herpetofauna de reptiles en Veracruz es igualmente notable, con una amplia representación de familias y géneros. Diversos trabajos de investigación, como el de Pineda y Halffter (2004) y Urbina-Cardona y Reynoso (2005), han documentado la riqueza y endemismo de los reptiles veracruzanos, destacando la importancia de conservar estos ecosistemas únicos

La relevancia ecológica de estos organismos es innegable. Los anfibios, por ejemplo, son considerados excelentes bioindicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos (Pounds *et al.*, 2006). Su sensibilidad a los cambios ambientales los convierte en indicadores de la degradación ambiental. Por otro lado, los reptiles desempeñan roles cruciales en el control de poblaciones de insectos y pequeños vertebrados, contribuyendo al equilibrio de los ecosistemas.

La disminución de las poblaciones de reptiles y anfibios tiene consecuencias graves para los ecosistemas y para el bienestar humano. La pérdida de especies puede desencadenar efectos en cascada en las redes tróficas, afectando a otras especies y a los servicios ecosistémicos que proporcionan, como la polinización y el control de plagas (Pounds *et al.*, 2006). Además, muchas especies de anfibios y reptiles son utilizadas en la medicina tradicional y el comercio de mascotas, lo que ejerce una presión adicional sobre sus poblaciones.

Metodología

Listado potencial de especies del Sistema Ambiental Regional (SAR)

Se generaron los listados de especies potenciales de anfibios y reptiles que pueden ocurrir en el área del SAR. Los listados generaron después de consultar plataformas electrónicas especializadas como Global Biodiversity Information Facility (GBIF; https://www.gbif.org/) y EncicloVida (https://enciclovida.mx/), así como literatura especializada y enfocada en la herpetofauna del estado de Nuevo León. El estado de protección nacional de las especies listadas se revisó a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Para saber el estado de conservación a nivel internacional se consultó la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List; www.iucnredlist.org), así como los apéndices I, II y II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Anexo IV.3).

Trabajo de campo

- ***Transectos***

Se realizaron dos visitas de campo, en dos temporadas: secas y lluvias. Las fechas de muestreo durante la temporada de secas fue del 7 al 14 de mayo y durante la temporada de lluvias que fue del 1 al 11 de octubre. Se realizaron estos muestreos para describir la comunidad de anfibios y reptiles dentro del SAR y AP. La metodología utilizada en la colecta de datos para la herpetofauna de las áreas antes mencionadas consistió en la observación, conteo y captura de individuos en los posibles diferentes tipos de hábitats y micro hábitats (bajo rocas, troncos, hojarasca, grietas, etc.) a lo largo de transectos de distancia variable, recorriendo generalmente 500 m de longitud (Aguirre-León, 2011). En el SAR y AP se realizaron transectos de distancia variable los cuales se establecieron en las diferentes zonas a las cuales se tuvo acceso.

La captura de animales que podrían ocasionar algún tipo de daño al personal (principalmente serpientes), se realizó con la ayuda de ganchos herpetológicos, guantes, y sacos de manta para su contención. Se realizó búsqueda de herpetozoos bajo piedras, ya que son lugares que sirven de microhábitats para diversas especies (*Figura 99*). Todos los individuos observados y/o colectados fueron fotografiados, georreferenciados y liberados en sitios aledaños a donde se habían recolectado. La identificación de las especies se realizó con guías de campo y claves taxonómicas de especies de la región.



Figura 99. Búsqueda de herpetozoos. Se buscaron organismos bajo piedras, ya que son micro hábitats para que los organismos habiten.

Estado de conservación de las especies según normas nacionales e internacionales

NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010) se diferencian tres categorías de riesgo para especies o poblaciones de aves en México: 1) Sujeta a protección especial (Pr): son aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. 2) Amenazada (A): aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. 3) en Peligro de extinción (P): aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

IUCN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), clasifica en la "Lista Roja" a aquellas especies que enfrentan un alto riesgo de extinción global (IUCN, 2013). De acuerdo con la lista propuesta, las especies se agrupan en: 1) Extinto (EX) cuando todos los individuos han desaparecido, 2) Extinto en estado silvestre (EW) cuando sobrevive únicamente en cautiverio o como naturalizada fuera de su área de distribución original, 3) En peligro crítico (CR) cuando enfrenta un riesgo de extinción extremadamente alto en vida silvestre, 4) En peligro (EN) cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre, 5) Vulnerable (VU) cuando enfrenta un riesgo de extinción alto en vida silvestre, 6) Casi amenazado (NT) cuando no se cumple con los criterios para considerarla "En peligro crítico", "En peligro" o "Vulnerable", pero podría llegar a estarlo en un futuro cercano, 7) Preocupación menor (LC) cuando la especie evaluada es abundante y de amplia distribución, 8) Datos insuficientes (DD) cuando no existe información adecuada sobre la abundancia y distribución para realizar una evaluación del riesgo de extinción del taxón, y 9) No evaluado (NE) cuando la especie no ha sido analizada y clasificada con base en los criterios de valoración antes mencionados.

CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional que involucra a todos los gobiernos. Tiene como objetivo regular el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres, minimizando las amenazas para la supervivencia de las especies. Los Apéndices I, II y III de la Convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva: Apéndice I se incluyen

las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

Análisis de datos

Riqueza y abundancia relativa de especies

Se estimó la riqueza y abundancia de la herpetofauna presente en el SAR y AP. La riqueza de especies es el número de especies que ocurren en una determinada zona al mismo tiempo (Melic, 1993), en este estudio se emplearon los transectos que corresponden al SAR y AP. Mientras que, la abundancia relativa de las especies se obtuvo como resultado de la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{(Ai * 100)}{At}$$

Dónde
Ai= abundancia de una especie o grupo específico
At= abundancia total, que es el sumatorio total de las frecuencias de las especies o grupos.

Curvas de rango-abundancia

Con base en las curvas de rango-abundancia (o curvas de Whittaker) se compararon la estructura (dominancia) de la comunidad de anfibios y reptiles en el SAR y AP. Para ello, las abundancias de las especies fueron transformadas a su logaritmo (log), para linearizar los datos (Magurran, 1998). Entre mayor riqueza y equitatividad se presente en una comunidad, la pendiente adopta una inclinación poco pronunciada. Pendientes muy pronunciadas sugieren que la comunidad en cuestión no es equitativa y se encuentra dominada por pocas especies (Carmona-Galindo y Carmona, 2013).

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies (o curvas de colecta de especies) se utiliza para conocer si el esfuerzo de muestreo durante la estancia en campo fue satisfactorio. En los primeros muestreos se registran con mayor frecuencia las especies comunes y conforme se incrementan los muestreos se anexan las especies menos comunes. La estabilización de la curva en forma horizontal sugiere que el muestreo es satisfactorio y representativo. Por el contrario, si la pendiente de la curva se mantiene inclinada es prueba de que el inventario es insuficiente y se recomiendan más número de muestreos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). La curva de acumulación se generó empleando los datos de

abundancia para cada especie en todo el estudio y fueron realizadas en el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013) y se consideraron los estimadores de riqueza Chao 1 y ACE para estimar la completitud del inventario.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Para medir la riqueza de especies en cada transecto se utilizó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera las abundancias relativas para estimar la diversidad. El valor de H' se ha utilizado en diferentes estudios ecológicos (Magurran, 1998) y se expresa con un número positivo que, en la mayoría de los ecosistemas naturales, varía entre 1 y 5. Aunque su valor habitual oscila entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se consideran relativamente bajos y superiores a 3 relativamente altos.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\cdot ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right)$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie

Para estimar el índice de Shannon se utilizó en el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013).

Índice de Simpson

El índice de Simpson (D) es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad (Moreno, 2001). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Los valores menores a 0.1 son de una diversidad baja, de 0.3 a 0.5 media y valores cercanos a 1 indican una alta diversidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S}\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie i

Resultados

Trabajo de gabinete

- ***Distribución potencial de especies***

Se obtuvo un listado con total de 48 especies de herpetozoos, correspondiente a 15 especies de anfibios y 33 especies de reptiles, distribuidos en nueve y 14 familias respectivamente (*Cuadro 31*).

El estatus de conservación de las especies revisado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, nos muestra que, de las 48 especies con distribución potencial en el área, 12 especies se encuentran dentro de alguna categoría de protección, siendo ubicadas de la siguiente manera: una especie se encuentra amenazada (A) y 11 especies más bajo protección especial (Pr).

Solo una especie se encuentran en alguna categoría de riesgo en la lista roja de la IUCN (UICN, 2013), catalogada como casi amenazada. En lo referente a los Apéndices del CITES (CITES, 2014), cinco especies aparecen en el apéndice II y una en el apéndice III de este tratado.

Cuadro 31. Listado de especies potenciales de anfibios y pretiles del proyecto PF Tepetates.

CLASE	ORDEN	FAMMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	IUCN	NOM 059	CITES	ENDEMISMO
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapo del Golfo	*Incilius valliceps*	LC	-	-	-
			Sapo jaspeado	*Incilius marmoreus*	LC	-	-	Endémico
			Sapo gigante	*Rhinella horribilis*	LC	-	-	-
		Craugastoridae	Rana ladradora pigmea	*Craugastor pygmaeus*	LC	-	-	-
		Hylidae	Rana Arborícola Vermiculada	*Trachycephalus vermiculatus*	LC	-	-	-
			Rana arborícola trompuda	*Scinax staufferi*	LC	-	-	-
			Rana arborícola mexicana	*Smilisca baudinii*	LC	-	-	-
		Leptodactylidae	Rana de bigotes	*Leptodactylus fragilis*	LC	-	-	-
			Ranita de hojarasca	*Leptodactylus melanonotus*	LC	-	-	-
		Microhylidae	Ranita Termitera	*Hypopachus variolosus*	LC	-	-	-
		Ranidae	Rana leopardo	*Lithobates berlandieri*	LC	Pr	-	-
			Rana de Vaillant	*Lithobates vaillanti*	LC	-	-	-
		Rhinophrynidae	Sapo excavador mexicano	*Rhinophrynus dorsalis*	LC	Pr	-	-
		Scaphiopodidae	Sapo excacavdor	*Scaphiopus couchii*	LC	-	-	-
	Caudata	Plethodontidae	Salamandra lengua de hongo	*Bolitoglossa platydactyla*	LC	Pr	-	Endémico
Reptilia	Squamata	Anguidae	Lagartija caimán de la Sierra Madre Oriental	*Gerrhonotus ophiurus*	LC	-	-	Endémico
		Boidae	Boa	*Boa imperator*	LC	A	II	-
		Colubridae	Culebra rayada	*Coniophanes piceivittis*	LC	-	-	-
			Serpiente tigre	*Spilotes pullatus*	LC	-	-	-
			Culebra cabeza negra	*Tantilla rubra*	LC	Pr	-	-
			Culebrilla naricilla huasteca	*Ficimia olivacea*	LC	-	-	Endémico
			Chirrionera	*Masticophis schotti*	LC	-	-	-
			Falso coralillo occidental real	*Lampropeltis polyzona*	LC	-	-	-
			Culebra guarda caminos lineada	*Conophis lineatus*	LC	-	-	-
			Culebra arroyera cola negra	*Drymarchon melanurus*	LC	-	-	-

CLASE	ORDEN	FAMMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	IUCN	NOM 059	CITES	ENDEMISMO
			Bejuquillo café	*Oxybelis potosiensis*	LC	-	-	-
			Corredora panza rosa	*Mastigodryas melanomus*	LC	-	-	-
			Culebra dos puntos	*Coniophanes bipunctatus*	LC	-	-	-
			Culebra de petatillos	*Drymobius margaritiferus*	LC	-	-	-
			culebra corredora verdosa	*Drymobius chloroticus*	LC	-	-	-
		Corytophanidae	Toloque coranado	*Laemanctus serratus*	LC	Pr	-	-
			Toloque rayado	*Basiliscus vittatus*	LC	-	-	-
		Dactyloidae	Abaniquillo escamoso mayor	*Anolis tropidonotus*	LC	-	-	-
			Abaniquillo sedoso	*Anolis sericeus*	LC	-	-	-
		Elapidae	Serpiente coralillo del sureste	*Micrurus diastema*	LC	Pr	III	-
			Serpiente coralillo elegante	*Micrurus elegans*	LC	Pr	-	-
		Gekkonidae	Besucona asiática	*Hemidactylus frenatus*	LC	-	-	Introducida
		Iguanidae	Iguana de cola espinosa del noreste	*Ctenosaura acanthura*	LC	Pr	II	-
			Iguana verde	*Iguana iguana*	LC	Pr	II	-
			iguana verde	*Iguana rhinolopha*	LC	Pr	II	-
		Leptotyphlopidae	Culebra ciega	*Epictia resetari*	-	-	-	Endémico
		Natricidae	Culebra de agua de espalda de diamantes	*Nerodia rhombifer*	LC	-	-	-
		Phrynosomatidae	Lagartija escamosa panza rosada	*Sceloporus variabilis*	LC	-	-	-
		Teiidae	Ticuiliche mexicano	*Aspidoscelis guttatus*	LC	-	-	Endémico
			Lagartija Arcoiris	*Holcosus undulatus*	LC	-	-	Endémico
		Viperidae	Cascabel neotropical de Veracruz	*Crotalus mictlantecuhtli*	-	-	-	Endémico
	Testudines	Emydidae	Tortuga gravada	*Trachemys scripta*	LC	-	-	-
		Kinosternidae	Tortuga pecha quebrado escorpión	*Kinosternon scorpioides*	NT	Pr	II	-

El estatus de conservación de las especies revisado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, nos muestra que, de las 12 especies con distribución potencial en el área, cuatro especies se encuentran dentro de alguna categoría de protección, siendo ubicadas de la siguiente manera: una especie se encuentra amenazada (A) y cuatro especies más bajo protección especial (Pr).

Según la IUCN, todas las especies del listado potencial se catalogan como Preocupación Menor (LC). Ninguna de las especies del listado se encuentra en algún apéndice del CITES.

Trabajo de campo

- ***Transectos***
- ***Inventario de especies***

Para la corroboración en campo de las especies de herpetofauna listadas en la revisión bibliográfica, se empleó la técnica de transectos de observación y captura de ejemplares, lo que permite estimar la riqueza de especies del sitio y en la medida de lo posible su abundancia relativa.

Durante la temporada de secas 2024, en los transectos de distancia variable (*Figura 100*), se registraron cuatro especies de herpetozoos (*Cuadro 32*). A cada transecto se le asignó una clave para su identificación en la libreta de campo, tomando coordenadas de inicio y de fin con un GPS (*Cuadro 33*). En la temporada de secas se establecieron un total de 10 transectos, tres en el predio del proyecto, y siete el SAR. Durante la temporada de lluvias 2024, en los transectos (*Figura 100*) se registraron cuatro especies de herpetozoos (*Cuadro 32*) y se establecieron 13 transectos, 10 en el SAR y tres en predio del proyecto (*Cuadro 34*).

Cuadro 32. Herpetofauna registrada durante la temporada de secas y lluvias 2024 del proyecto PF Tepetates.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	SECAS		LLUVIAS	
				TRANSECTO		TRANSECTO	
				SAR	AP	SAR	AP
Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija espinosa de vientre rosado	X	X	X	X
	Teiidae	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	X	X	X	X
		Aspidoscelis deppii	Huico siete líneas	X	X	X	-
		Holcosus undulatus	Lagartija arcoiris	X	X	X	-

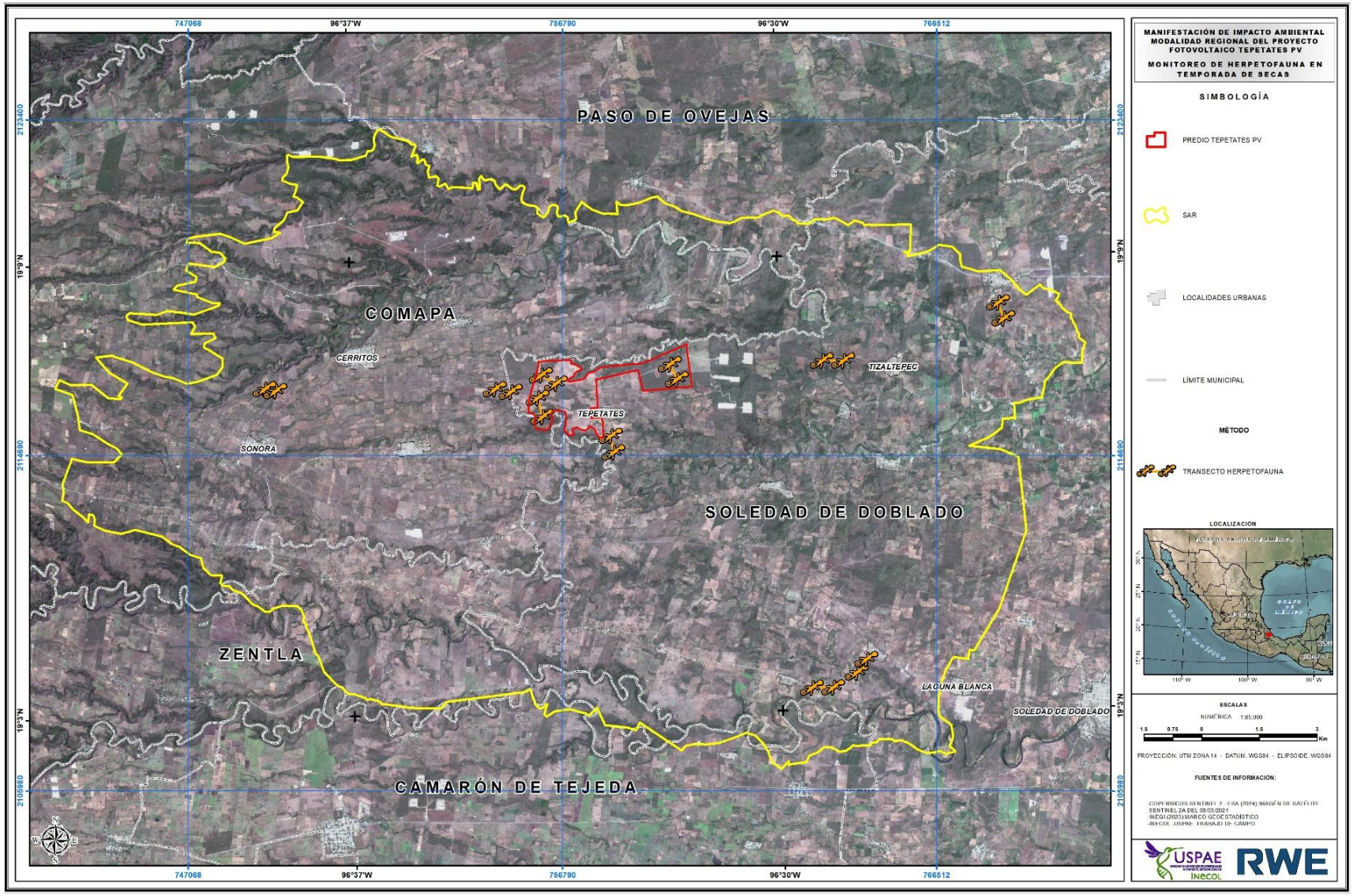


Figura 100. Ubicación de los transectos de observación de herpetofauna en el SAR y el predio del proyecto durante la temporada de secas.

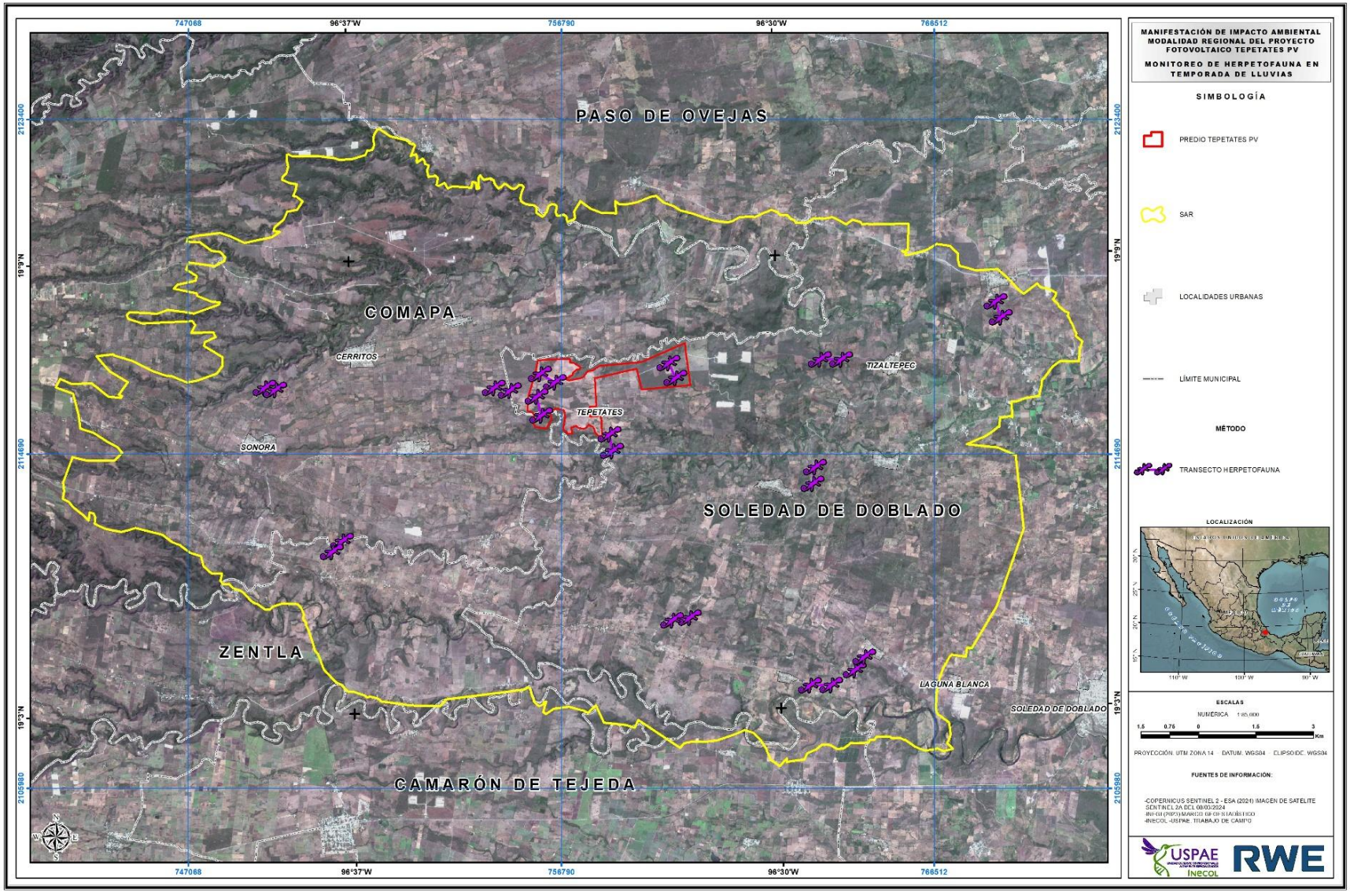


Figura 101. Ubicación de los transectos de observación de herpetofauna en el SAR y el predio del proyecto durante la temporada lluvias 2024.

Cuadro 33. Coordenadas de los transectos de observación de herpetofauna durante la temporada de secas 2024.

UBICACIÓN	ID	SITIO	COORDENADAS UTM (WGS-84)				
			REGION	INICIO		FIN	
				X	Y	X	Y
Predio	T1TEPPR	1	14 Q	759772	2116676	759589	2117071
Predio	T2TEPPR	2		756621	2116569	756233	2116784
Predio	T3TEPPR	3		756153	2116196	756268	2115706
SAR	T1TEPSAR	4		758046	2115208	758121	2114779
SAR	T2TEPSAR	5		764440	2109070	764692	2109414
SAR	T3TEPSAR	6		763823	2108685	763275	2108675
SAR	T4TEPSAR	7		768245	2118255	768107	2118677
SAR	T5TEPSAR	8		764086	2117166	763533	2117163
SAR	T5TEPSAR	9		755447	2116347	755033	2116417
SAR	T7TEPSAR	10		749057	2116419	749338	2116369

Cuadro 34. Coordenadas de los transectos de observación de herpetofauna durante la temporada de lluvias 2024.

UBICACIÓN	ID	SITIO	COORDENADAS UTM (WGS-84)				
			REGIÓN	INICIO		FINAL	
				X	Y	X	Y
SAR	T1TEPSAR	1	14Q	758046	2115208	758121	2114779
SAR	T2TEPSAR	2		764440	2109070	764692	2109414
SAR	T3TEPSAR	3		763823	2108685	763275	2108675
SAR	T4TEPSAR	4		760141	2110431	759680	2110364
SAR	T5TEPSAR	5		768245	2118255	768107	2118677
SAR	T6TEPSAR	6		764086	2117166	763533	2117163
SAR	T7TEPSAR	7		755447	2116347	755033	2116417
SAR	T8TEPSAR	8		749057	2116419	749338	2116369
SAR	T9TEPSAR	9		763343	2113924	763405	2114354
SAR	T10TEPSAR	10		751082	2112425	750811	2112146
PREDIO	T1TEPPR	11		759772	2116676	759589	2117071
PREDIO	T2TEPPR	12		756621	2116569	756233	2116784
PREDIO	T3TEPPR	13		756153	2116196	756268	2115706



Figura 102. Especies de anfibios y reptiles registradas en los transectos de observación. Esquina superior izquierda *Holcosus undulatus* (Lagartija arcoíris), esquina superior derecha izquierda *Sceloporus variabilis* (Lagartija espinosa de panza rosada), esquina inferior izquierda *Aspidoscelis guttatus* (Ticuiliche mexicano) y esquina inferior derecha *Aspidoscelis deppi* (Huico siete líneas).

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

- ***Riqueza y abundancia***

En la temporada de secas y durante los recorridos en los transectos en el SAR y AP se registraron un total de 207 individuos de reptiles, siendo las especies más abundantes *A. guttatus* (Ticuiliche mexicano) y *S. variabilis* (Lagartija espinosa de panza rosada) con 105 y 79 individuos respectivamente. Las especies menos abundantes fueron *H. undulatus* (Lagartija arcoíris) y *A. deppi* (Huico siete líneas) con 18 y 5 individuos respectivamente (*Cuadro 35*, *Figura 103*). La riqueza de especies encontrada durante el monitoreo de herpetofauna representa el 8.3% del total de especies con distribución potencial.

Cuadro 35. Abundancia y abundancia relativa de herpetofauna registrada durante la temporada de secas y lluvias 2024 en el SAR y AP del proyecto PF Tepetates.

ESPECIE	SECAS				LLUVIAS			
	SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)		ÁREA DEL PROYECTO (AP)		SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)		ÁREA DEL PROYECTO (AP)	
	NO. REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	NO. REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	NO. REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	NO. REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA
Sceloporus variabilis	57	35.85	22	45.83	1	33.33	12	31.58
Aspidoscelis guttatus	84	52.83	21	43.75	2	66.67	6	15.79
Aspidoscelis deppii	3	1.89	2	4.17	0	0	17	44.74
Holcosus undulatus	15	9.43	3	6.25	0	0	3	7.89

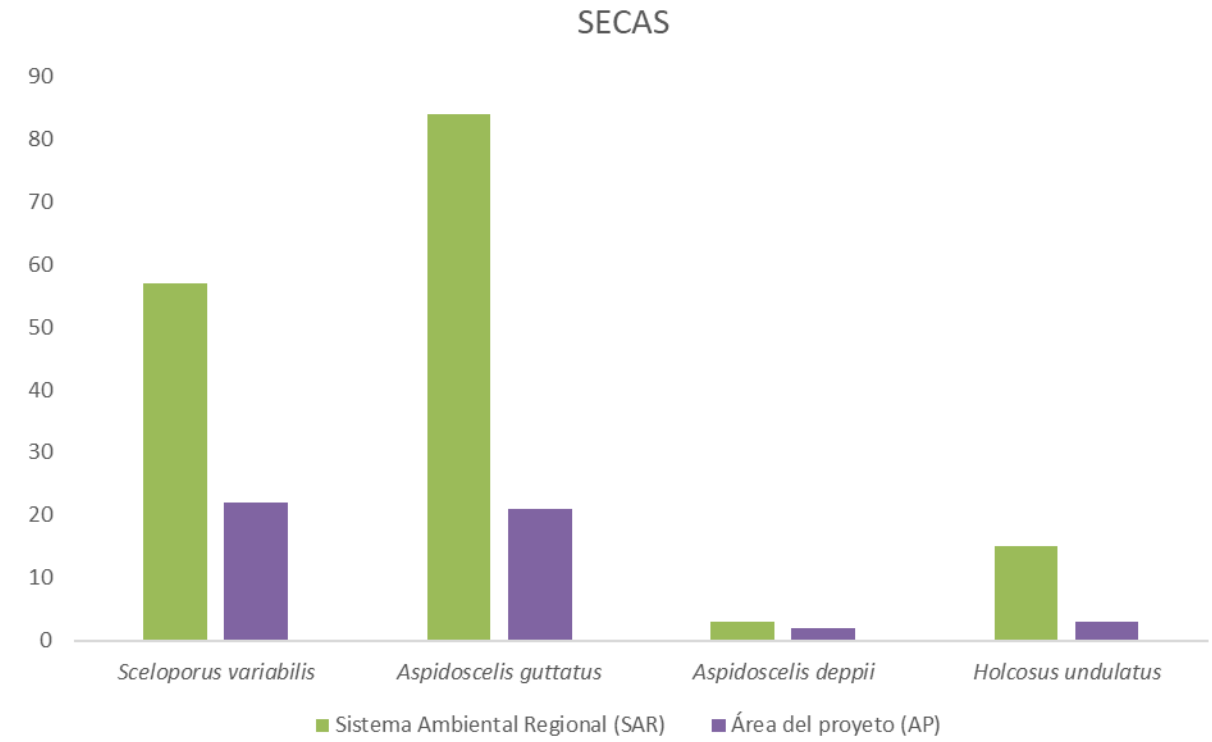


Figura 103. Número de individuos por especies de herpetozoos registradas durante la temporada de secas 2024, en el SAR y AP, del proyecto PF Tepetates.

En la temporada de lluvias se registraron un total de 41 individuos de reptiles, siendo las especies más abundantes *A. deppi* (Huico siete líneas) y *S. variabilis* (Lagartija espinosa de panza rosada) con 17 y 13 individuos respectivamente. Las especies menos abundantes fueron *A. guttatus* (Ticuiliche mexicano) y *H. undulatus* (Lagartija arcoíris) con ocho y tres individuos respectivamente (*Cuadro 35*, *Figura 104*).

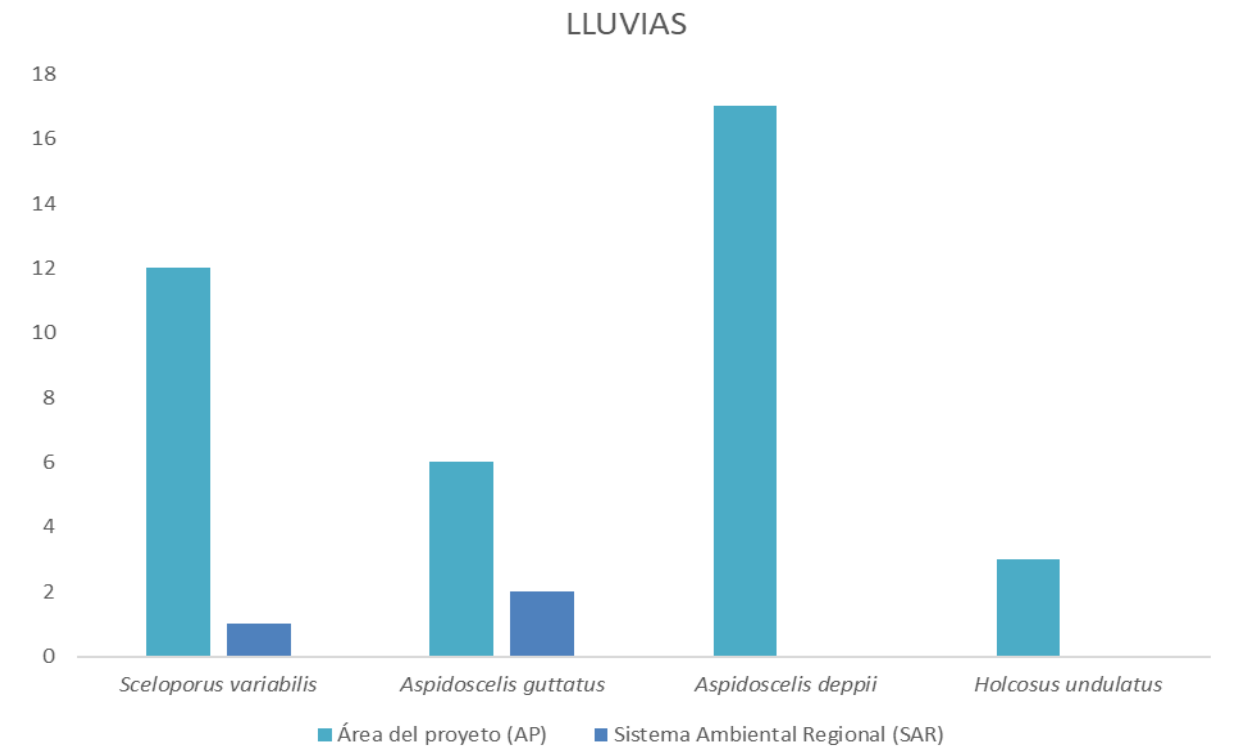


Figura 104. Número de individuos por especies de herpetozoos registradas durante la temporada de lluvias 2024, en el SAR y AP, del proyecto PF Tepetates.

Durante la temporada de secas, el valor de diversidad calculada con el índice de Shannon-Wiener fue similar tanto en el AP (1.056) como en el SAR (1.012), lo cual indica que tanto el AP y el SAR tienen una riqueza similar de especies, mientras que el índice de Simpson obtenido para el AP y SAR, con valores de 0.605 y 0.586 respectivamente, indica que tanto el AP como el SAR tienen una dominancia similar de especie.

En la temporada de lluvias el valor de diversidad calculada con el índice de Shannon-Wiener fue mayor en el AP (1.255) y menor en el SAR (0.803), lo cual indica que el AP tuvo mayor riqueza de especies durante esta temporada, mientras que el índice de Simpson obtenido para el AP y SAR, indica valores de 0.687 y 0.666 respectivamente, lo cual indica que tanto el AP como el SAR se presenta una dominancia de especies similar (*Cuadro 36*).

Cuadro 36. Índices de riqueza y diversidad obtenidos en los muestreos de herpetofauna del proyecto PF Huerta comparando la temporada de secas y lluvias.

ÍNDICE DE DIVERSIDAD	SECAS		LLUVIAS	
	AP	SAR	AP	SAR
Índice de Shannon-Wiener (H')	1.056	1.012	1.255	0.8032
índice de Simpson (λ)	0.605	0.586	0.6871	0.6667

- ***Curvas de rango-abundancia***

En la curva de rango - abundancia, uno de los métodos más conocidos e informativos de la riqueza y equitatividad de especies (Feinsinger 2003; McGill *et al.*, 2007), se aprecia la tendencia de los registros de las especies de reptiles registradas en el proyecto PF Tepetates, durante la colecta de datos, con cuatro especies en total (*Figura 105*). *A. guttatus* y *S. variabilis* fueron las especies más abundantes.

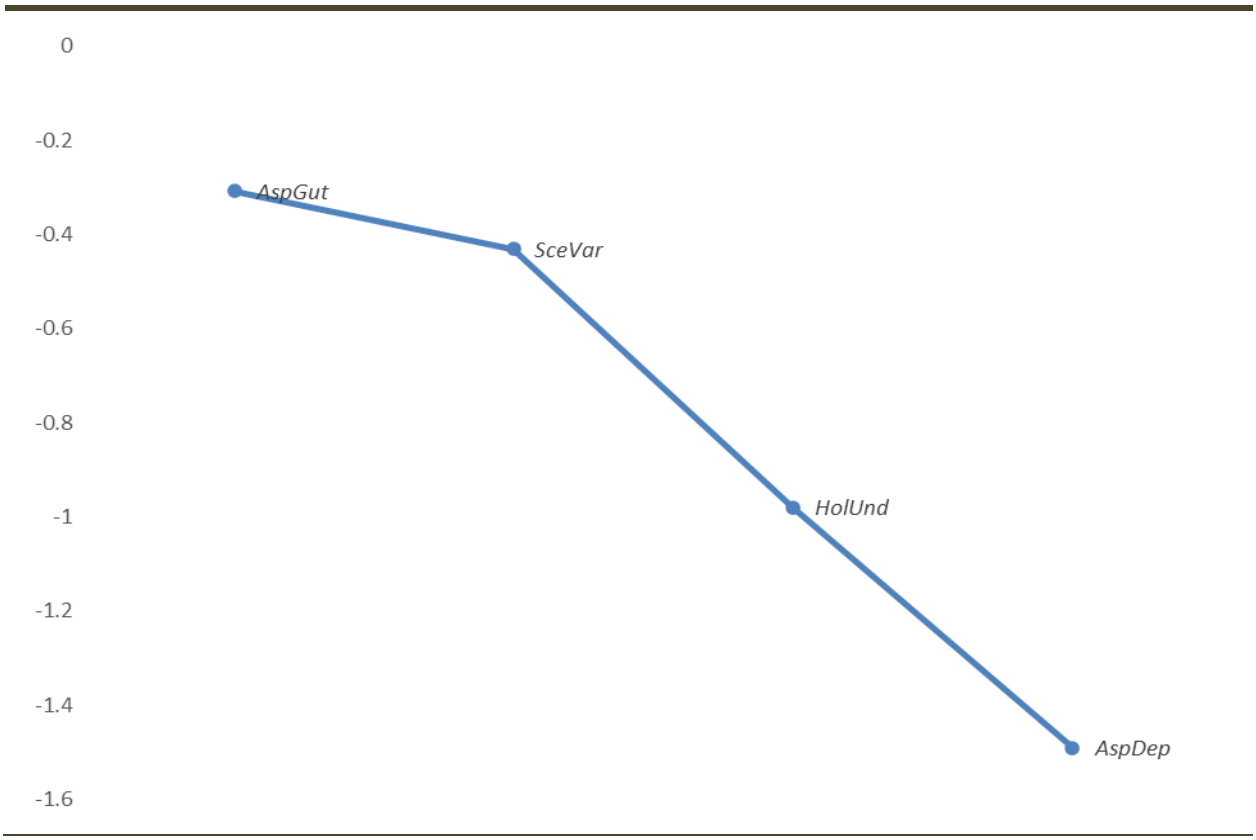


Figura 105. Curva de rango – abundancia de las especies de reptiles registradas durante el monitoreo de herpetofauna del proyecto PF Tepetates. Las abreviaciones corresponden a: **AspGut**: *Aspidoscelis guttatus,* **SceVar:** *Sceloporus variabilis,* **HolUnd**: *Holcosus undulatus* y **AspDep:** *Aspidoscelis deppi.*

Es importante mencionar que entre más elevado la riqueza y/o la equitatividad de especies sea, más se aproxima la curva de rango-abundancia a una pendiente plana. Entre más pobre la riqueza y/o equitatividad de especies, es decir, entre más dominancia por pocas especies existe en un hábitat, más empinada se vuelve la pendiente de la curva de rango-abundancia (Carmona-Galindo & Carmona, 2013).

- ***Estado de conservación y endemismo de las especies presentes***

En los transectos realizados en el SAR y AP no se registraron especies de reptiles o anfibios con estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010. En cuanto a los endemismos, se registraron dos especies endémicas para la zona (*Cuadro 37*).

Cuadro 37. Especies de herpetozoos registradas en la temporada de secas y lluvias 2024. Se muestra el estatus según la IUCN, NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES y su endemismo.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IUCN	NOM 059	CITES	ENDEMISMO
Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija espinosa de vientre rosado	LC	-	-	-
	Teiidae	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche mexicano	LC	-	-	Endémica
		Aspidoscelis deppii	Huico siete líneas	LC	-	-	-
		Holcosus undulatus	Lagartija arcoiris	LC	-	-	Endémica

- ***Curva de acumulación de especies***

Para la construcción de la curva de acumulación de especies se calculó el estimador Chao 1, el cual se utiliza cuando se tiene la abundancia de individuos.

El valor de estimador Chao 1 es 4, indicando el número de especies esperadas en función del esfuerzo de muestreo (*Figura 106*), que es igual a las especies observadas. Esto también indica que es necesario un esfuerzo de muestreo más intenso es posible completar el registro de especies potenciales. Las especies registradas representan el 8.3% de representatividad del total de especies potenciales.

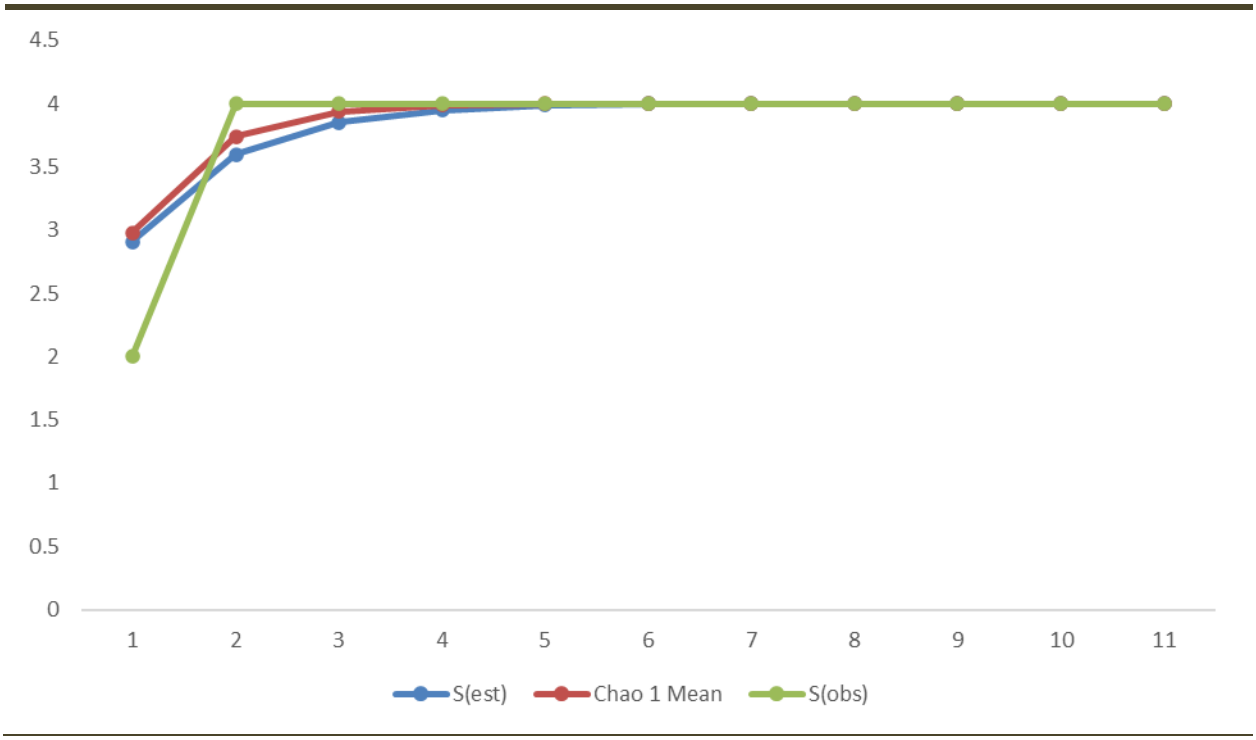


Figura 106. Curva de acumulación de herpetozoos registrados en el proyecto PF Huerta.

Uno de los principales factores de la disminución de la biodiversidad es la pérdida y fragmentación de hábitat, resultados de la presión antropogénica sobres los ecosistemas, siendo la urbanización la presión que causa más daño, ya que es persistente y se expande rápidamente a regiones urbanas que conservan algún tipo de ecosistema (Miller & Hobbs, 2002; Dearborn & Kark, 2010). Los anfibios y reptiles son grupos sensibles a la pérdida y transformación del hábitat, lo cual conlleva a un cambio en el ensamble, presencia y diversidad de especies, especialmente en las áreas urbanas (Souza *et al.*, 2024).

Discusión y conclusiones

Uno de los principales factores de la disminución de la biodiversidad es la pérdida y fragmentación de hábitat, resultados de la presión antropogénica sobres los ecosistemas, siendo la urbanización la presión que causa más daño, ya que es persistente y se expande rápidamente a regiones urbanas que conservan algún tipo de ecosistema (Miller & Hobbs, 2002; Dearborn & Kark, 2010). Los anfibios y reptiles son grupos sensibles a la pérdida y transformación del hábitat, lo cual conlleva a un cambio en el ensamble, presencia y diversidad de especies, especialmente en las áreas urbanas (Souza *et al.*, 2024).

El registro de la riqueza de especies durante la temporada de secas y lluvias en el AP y SAR del proyecto PF Tepetates, presenta diferencias. Durante la temporada de secas se registraron más individuos en comparación a la temporada de lluvias, debido a que en la temporada de secas los reptiles, principalmente, se encontraban en época de reproducción. No se registraron especies de anfibios, pero no significa que no estén presentes, ya que, durante la temporada de lluvias, en las zonas de ríos, se incrementa la corriente por lo que es más difícil que los anfibios utilicen estos ecosistemas como zonas de reproducción.

Debido a las especies con un estatus de protección según la NOM-059-SEMANRNAT-2010, será necesario aplicar medidas de mitigación y conservación para el cuidado de las especies de herpetozoos y así evitar un descenso poblacional (Jochimsen *et al.*, 2004).

Avifauna

Introducción

El estado de Veracruz junto con Chiapas y Oaxaca es una de las entidades con mayor diversidad biológica del país (Silva-López, 1998). El estado de Veracruz alberga 717 especies de aves (Fuentes-Moreno *et al.* 2020). De estas especies, 440 especies (62 %) son residentes permanentes, 131 (18 %) visitantes de invierno, 42 (6 %) transitorias, 24 (3 %) con estatus indeterminado, 38 (5 %) residentes reproductivas o visitantes de invierno, 24 (3 %) visitantes de invierno o transitorias; 11 (2 %) aves que no se reproducen en la región y nueve (1 %) residentes de verano (Gallardo y Aguilar-Rodríguez 2011).

Para la región donde se tiene planeado desarrollar el proyecto se considera la presencia de 324 especies, siendo 134 residentes y 126 migratorias, el resto se consideran transitorias, migratorias con poblaciones residentes o residentes con poblaciones migratorias. Es importante resaltar que la región se encuentra relativamente cerca de la costa por donde en otoño se observa el desplazamiento de un gran número de individuos de especies migratorias siguiendo su ruta la cual se ha denominado Río de Rapaces. Por lo que es de esperarse que en la región del proyecto se observen algunas especies migratorias tanto en primavera como en otoño.

Métodos

Listado potencial

Previo a la descripción de la comunidad de aves dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del Área del Proyecto (AP), se elaboró una lista de la posible diversidad en la zona. Esta permitió obtener una primera aproximación teórica de la estructura de la comunidad y, además, facilitó la identificación de aves en campo. Para realizar este listado se revisó bibliografía especializada como las guías de identificación de aves Howell y Webb (1995) y Sibley (2014), así como medios digitales como las plataformas Naturalista y enciclovida de CONABIO.

Para la clasificación taxonómica se tomó en cuenta el orden propuesto por la American Ornithological Society y sus suplementos adicionales (Chesser *et al.*, 2023). Los nombres comunes en español se asignaron con base en lo propuesto por Berlanga *et al.*, (2019). La distribución y estacionalidad propuestas tomaron como primera base a Howell y Webb (1995) y la actualización de La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2023); de esta forma a cada especie se le asignó alguna de las siguientes categorías: 1) Residente, especie que se reproduce en la región y se puede observar todo el año, 2) Migratoria de invierno, especie que se reproduce en al extremo de Norteamérica y pasa el invierno en México o más al sur, 3) Migratoria de verano, se encuentra en México durante la temporada de reproducción entre los meses de marzo y septiembre, 4) Transitoria, especie que usa el área como zona de paso durante la migración al sur en el otoño, o al norte durante la primavera, y, 5) exótica, aquella fuera de su área natural y de dispersión potencial, es decir, que puede sobrevivir

hasta lograr reproducirse en dicha nueva área (CONABIO, 2023; Larios-Lozano *et al.*, 2017). La categoría de vulnerabilidad de las especies en México se asignó con base en lo establecido por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019). La categoría de vulnerabilidad a nivel internacional se estableció siguiendo lo indicado por la Lista Roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022) y los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (UNEP-WCMC, 2022).

Registro mediante transectos

El método seleccionado para la toma de datos de avifauna fue el de transectos o trayectos en línea de 1 km de distancia. En esta actividad el observador registra las aves detectadas, de manera visual y auditiva, mientras camina a través de un área en línea recta, lo cual permite aumentar el número de especies registradas y sus abundancias a lo largo de todo un trayecto (Bibby *et al.*, 1992; Ralph *et al.*, 1996; González-García, 2011). Los individuos observados son contados y registrados en una libreta de campo de acuerdo con la nomenclatura propuesta por Chesser *et al.*, (2023). La clasificación, a nivel de epíteto específico, se llevó a cabo con ayuda de cámara fotográfica réflex marca Canon y lente de 75-300 mm (*Figura 107*), binoculares Vortex Crossfire 8x42. Para la correcta identificación se utilizaron las guías de identificación de aves Howell y Webb (1995), Sibley (2014) y los recursos digitales del Cornell Lab of Ornithology (2019).



Figura 107. Transecto para registro de aves y toma de evidencia fotográfica.

Los muestreos se realizaron durante las semanas del 06 al 18 de mayo de 2024 para la temporada de secas y durante las semanas del 30 de septiembre al 11 de octubre de 2024 para la temporada de lluvias. Los transectos se distribuyeron tanto en el área del proyecto (AP), como en el área delimitada como sistema ambiental regional (SAR), esto con la finalidad de tener un panorama más completo de las especies presentes en la zona (*Figura 108*).

Para determinar el estatus de protección a nivel nacional de las especies registradas se consultó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Para saber el estado de conservación a nivel internacional se consultó la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List; www.iucnredlist.org), así como los apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

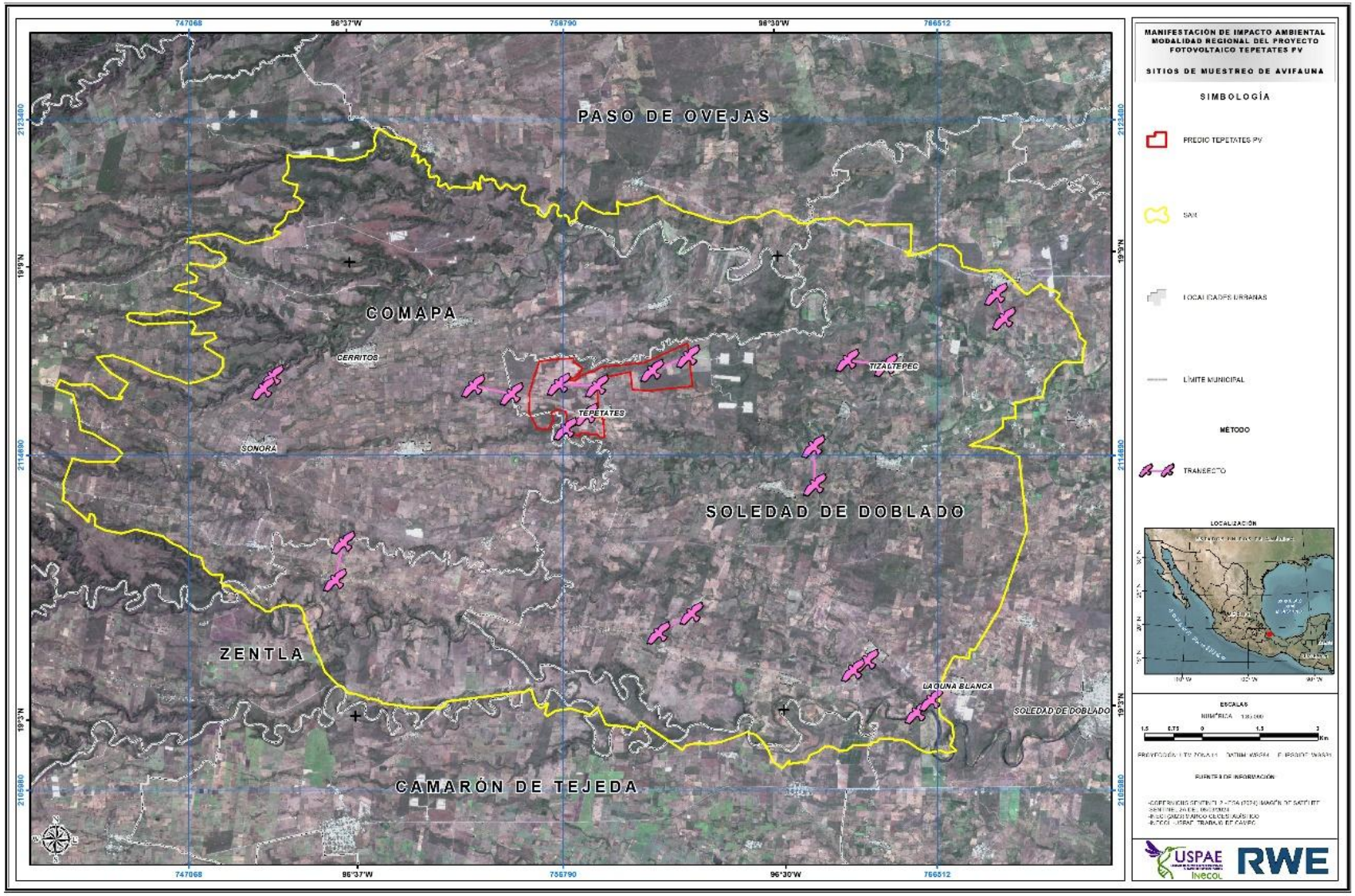


Figura 108. Ubicación de los transectos para muestreo de aves. La línea roja delimita el AP y la línea amarilla delimita el SAR. Las siluetas de aves indican el inicio y fin de cada transecto.

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

El análisis e interpretación de los datos recolectados permite generar un conocimiento actualizado de la diversidad de especies presentes en el área de interés. En este sentido, el estudio de los componentes alfa y beta nos da el entendimiento de la diversidad de un sitio y/o conjunto de sitios.

La diversidad alfa, se refiere a la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. Los datos sobre diversidad son proporcionados a manera de índices, ya que de esta manera se resume mucha información en un valor y permite hacer rápidas comparaciones, sujetas a validación estadística (Moreno *et al.*, 2001).

$$Ar = \frac{(Ai * 100)}{At}$$

Dónde
Ai= abundancia de una especie o grupo específico
At= abundancia total, que es el sumatorio total de las frecuencias de las especies o grupos.

- ***Curvas de acumulación***

Debido a la nula probabilidad de medir *in situ* la totalidad de la riqueza de especies presentes tanto en SAR como en AP, por la reducida ventana temporal de muestreo en relación con los cambios estacionales y/o de temporadas de migración, las curvas de acumulación de especies permiten analizar y estandarizar la estimación de la riqueza de un sitio, que están en función de la medida del esfuerzo en la colecta de los datos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Es decir, a través de ellas se puede determinar la calidad y fiabilidad del inventario.

El supuesto es que conforme avanza la colecta de información, la detección de especies provoca que la pendiente de la curva descienda y, el momento en que la pendiente alcanza la asíntota, corresponde al número total de especies que se puede encontrar en la zona estudiada.

Para realizar las curvas de acumulación se empleó el Software EstimateS Win 9.1.0. (Colwell, 2013). Las especies registradas en cada evento de muestreo fueron reordenadas aleatoriamente 100 veces para suavizar las curvas. Se consideraron los estimadores no paramétrico Chao1 y ACE por su confiabilidad, pues han sido empleados en numerosos trabajos de investigación para evaluar los inventarios biológicos en áreas determinadas (Moreno, 2001), ya que predicen el número de especies que debería existir de acuerdo con el esfuerzo realizado (Colwell y Coddington, 1994).

- ***Índice de diversidad de Shannon-Wiener***

Para medir la riqueza de especies en cada transecto se utilizó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera las abundancias relativas para estimar la diversidad. El valor de H' se ha utilizado en diferentes estudios ecológicos (Magurran, 1998) y se expresa con un número positivo que,

en la mayoría de los ecosistemas naturales, varía entre 1 y 5. Aunque su valor habitual oscila entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se consideran relativamente bajos y superiores a 3 relativamente altos.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\cdot ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right)$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie

Índice de Simpson

El índice de Simpson (D) es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad (Moreno, 2001). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Los valores menores a 0.1 son de una diversidad baja, de 0.3 a 0.5 media y valores cercanos a 1 indican una alta diversidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S}\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie i

Resultados

Especies potenciales

Como resultado de la revisión bibliográfica y de plataformas en internet, se obtuvo una lista de 324 especies de aves con distribución potencial en la región donde se tiene programada la implementación del Parque Fotovoltaico Tepetates. Estas especies representan a 23 órdenes y 59 familias, encontrándose 46 especies en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo IV.4).

Riqueza y abundancia

Durante los muestreos realizados se registraron un total de 73 especies y 740 individuos, de estos registros 53 especies y 304 individuos fueron registrados durante la temporada de secas y 51 especies con 436 individuos durante la temporada de lluvias. Las 73 especies registradas representan a 19 órdenes y 35 familias. De las 73 especies registradas, 44 son residentes, nueve residentes con poblaciones migratorias de invierno, tres residentes con poblaciones migratorias de verano, una es migratoria de invierno, una es migratoria de invierno y de verano, dos especies son migratorias de invierno y verano con poblaciones residentes, el resto de las combinaciones entre migratorias, residentes y transitorias se observan en el *Cuadro 38*.

De las familias registradas las que estuvieron representadas por un mayor número de especies fueron Tyrannidae con 11 especies, Columbidae con ocho, Icteriidae y Accipitridae con cinco cada una, el resto de las familias estuvieron representadas por cuatro, tres, dos y una especie como se puede observar en la *Figura 109*.

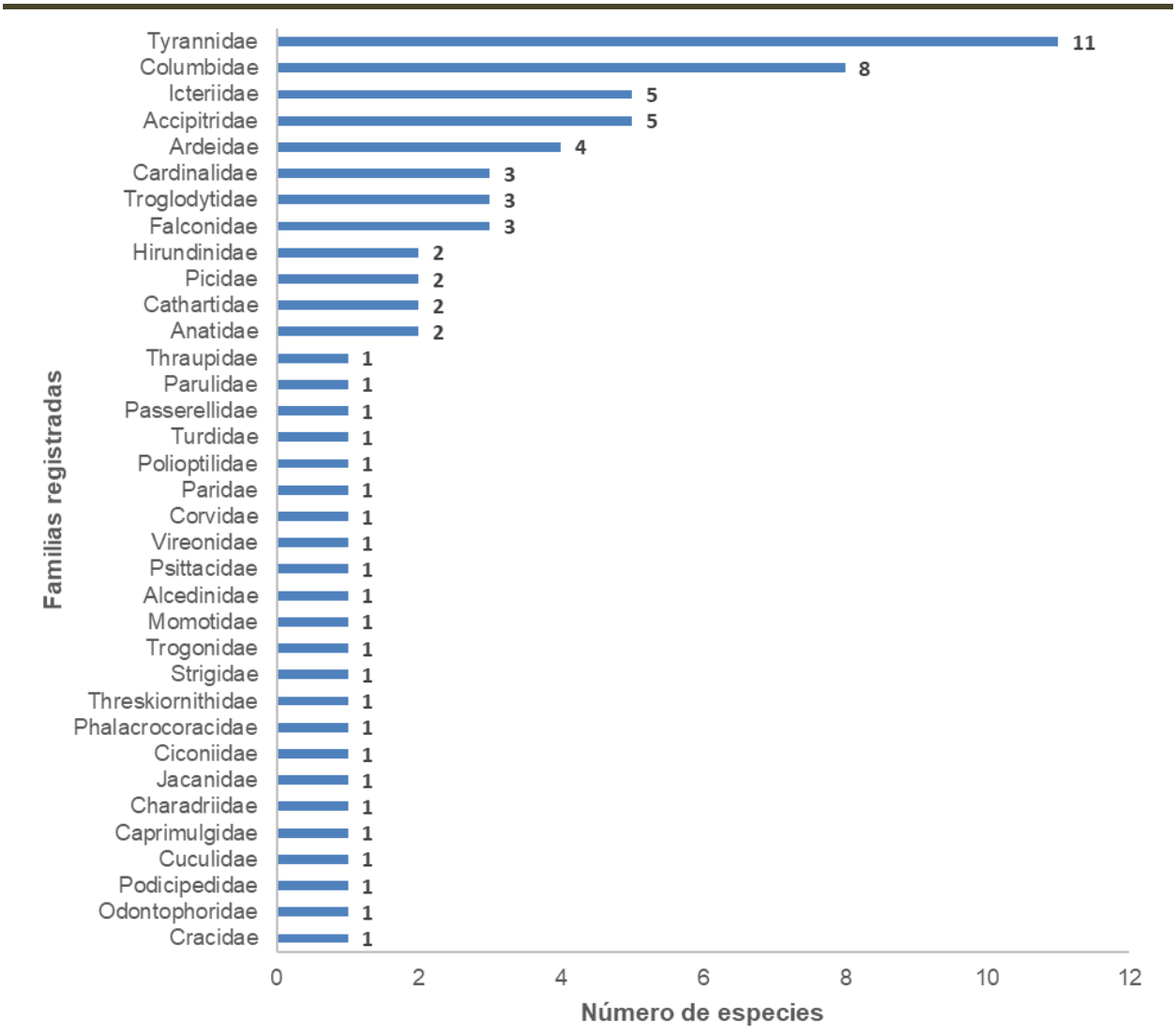


Figura 109. Número de especies reportadas por cada familia registrada en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates durante las dos campañas de muestreo.

Cuadro 38. Especies registradas durante los periodos de muestreo tanto en el Área de Proyecto (AP) como del Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE CÓMUN	IND	NOM	UICN	CITES	END	RESIDENCIA
1	Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	25	SC	LC	-		
2			*Anas acuta*	Pato Golondrino	20	SC	LC	-		
3	Galliformes	Cracidae	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	8	SC	LC	-		
4		Odontophoridae	*Colinus virginianus*	Codorniz Cotuí	5	SC	NT	-		
5	Podicipediformes	Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*	Zambullidor Pico Grueso	4	SC	LC	-		
6	Columbiformes	Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma Morada	5	SC	LC	-		
7			*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	49	SC	LC	-		
8			*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	14	SC	LC	-		
9			*Columbina minuta*	Tortolita Pecho Liso	2	SC	LC	-		
10			*Columbina talpacoti*	Tortolita Canela	9	SC	LC	-		
11			*Leptotila verreauxi*	Paloma Arroyera	17	SC	LC	-		
12			*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	22	SC	LC	-		
13			*Zenaida macroura*	Huilota Común	4	SC	LC	-		
14	Cuculiformes	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero Pijuy	17	SC	LC	-		
15	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Nyctidromus albicollis*	Chotacabras Pauraque	3	SC	LC	-		
16	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío	6	SC	NT	-		
17		Jacanidae	*Jacana spinosa*	Jacana Norteña	2	SC	LC	-		
18	Ciconiiformes	Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña Americana	15	PR	LC	-		
19	Suliformes	Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	15	SC	LC	-		
20	Pelecaniformes	Ardeidae	*Tigrisoma mexicanum*	Garza Tigre Mexicana	3	PR	LC	-		
21			*Ardea alba*	Garza Blanca	1	SC	LC	-		
22			*Ardea ibis*	Garza Ganadera Occidental	12	SC	LC	-		

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE CÓMUN	IND	NOM	UICN	CITES	END	RESIDENCIA
23			*Butorides virescens*	Garcita Verde	4	SC	LC	-		
24		Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	Ibis Ojos Rojos	1	SC	LC	-		
25	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote Común	28	SC	LC	-		
26			*Cathartes aura*	Zopilote Aura	17	SC	LC	-		
27	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor	1	PR	LC	-		
28			*Rupornis magnirostris*	Aguililla Caminera	12	SC	LC	-		
29			*Buteo plagiatus*	Aguililla Gris	1	SC	LC	-		
30			*Buteo platypterus*	Aguililla Alas Anchas	36	PR	LC	-		
31			*Buteo albonotatus*	Aguililla Aura	2	PR	LC	-		
32	Strigiformes	Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote Bajeño	1	SC	LC	-		
33	Trogoniformes	Trogonidae	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	2	SC	LC	-		
34	Coraciiformes	Momotidae	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	1	SC	LC	-		
35		Alcedinidae	*Chloroceryle americana*	Martín Pescador Verde	2	SC	LC	-		
36	Piciformes	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero Cheje	26	SC	LC	-		
37			*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano	2	SC	LC	-		
38	Falconiformes	Falconidae	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón Guaco	2	SC	LC	-		
39			*Caracara plancus*	Caracara Quebrantahuesos	3	SC	LC	-		
40			*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	3	SC	LC	-		
41	Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona autumnalis*	Loro Cachetes Amarillos	4	A	LC	-		
42	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	9	SC	LC	-		
43			*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas Gritón	13	SC	LC	-		
44			*Pitangus sulphuratus*	Luis Bienteveo	23	SC	LC	-		
45			*Megarynchus pitangua*	Luis Pico Grueso	5	SC	LC	-		
46			*Myiozetetes similis*	Luisito Común	26	SC	LC	-		

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE CÓMUN	IND	NOM	UICN	CITES	END	RESIDENCIA
47			*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	13	SC	LC	-		
48			*Tyrannus forficatus*	Tirano Tijereta Rosado	2	SC	LC	-		
49			*Contopus virens*	Papamoscas del Este	2	SC	LC	-		
50			*Empidonax minimus*	Papamoscas Chico	13	SC	LC	-		
51			*Sayornis nigricans*	Papamoscas Negro	1	SC	LC	-		
52			*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas Cardenalito	12	SC	LC	-		
53		Vireonidae	*Vireo griseus*	Vireo Ojos Blancos	1	SC	LC	-		
54		Corvidae	*Cyanocorax morio*	Chara Pea	10	SC	LC	-		
55		Paridae	*Baeolophus atricristatus*	Carbonero Cresta Negra	3	SC	LC	-		
56		Hirundinidae	*Riparia riparia*	Golondrina Ribereña	45	SC	LC	-		
57			*Hirundo rustica*	Golondrina Tijereta	12	SC	LC	-		
58		Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	2	SC	LC	-		
59		Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared Barranqueño	1	SC	LC	-		
60			*Campylorhynchus zonatus*	Matraca Tropical	21	SC	LC	-		
61			*Campylorhynchus rufinucha*	Matraca Nuca Canela	23	SC	LC	-		
62		Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	4	SC	LC	-		
63		Passerellidae	*Ammodramus savannarum*	Gorrión Chapulín	2	SC	LC	-		
64		Icteriidae	*Psarocolius montezuma*	Oropéndola de Moctezuma	7	PR	LC	-		
65			*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	19	SC	LC	-		
66			*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	9	SC	LC	-		
67			*Dives dives*	Tordo Cantor	32	SC	LC	-		
68			*Quiscalus mexicanus*	Zanate Mayor	19	SC	LC	-		
69		Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe Corona Negra	1	SC	LC	-		
70		Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga Roja	1	SC	LC	-		

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE CÓMUN	IND	NOM	UICN	CITES	END	RESIDENCIA
71			*Cardinalis cardinalis*	Cardenal Rojo	1	SC	LC	-		
72			*Cyanocompsa parellina*	Colorín Azulnegro	1	SC	LC	-		
73		Thraupidae	*Tiaris olivaceus*	Semillero Oliváceo	1	SC	LC	-		
				Total	740					
Categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2021: A Amenazada, PR Protección especial. Categorías de IUCN: LC Preocupación menor. Cites apéndice II. Residencia: R Residente, MI Migratorio de invierno, MV Migratorio de verano y t transitorio.										

Las especies con mayor número de registros fueron *Columbina inca* con 49 individuos, *Riparia riparia* con 45 y *Buteo platypterus* con 36 individuos (*Figura 110*).

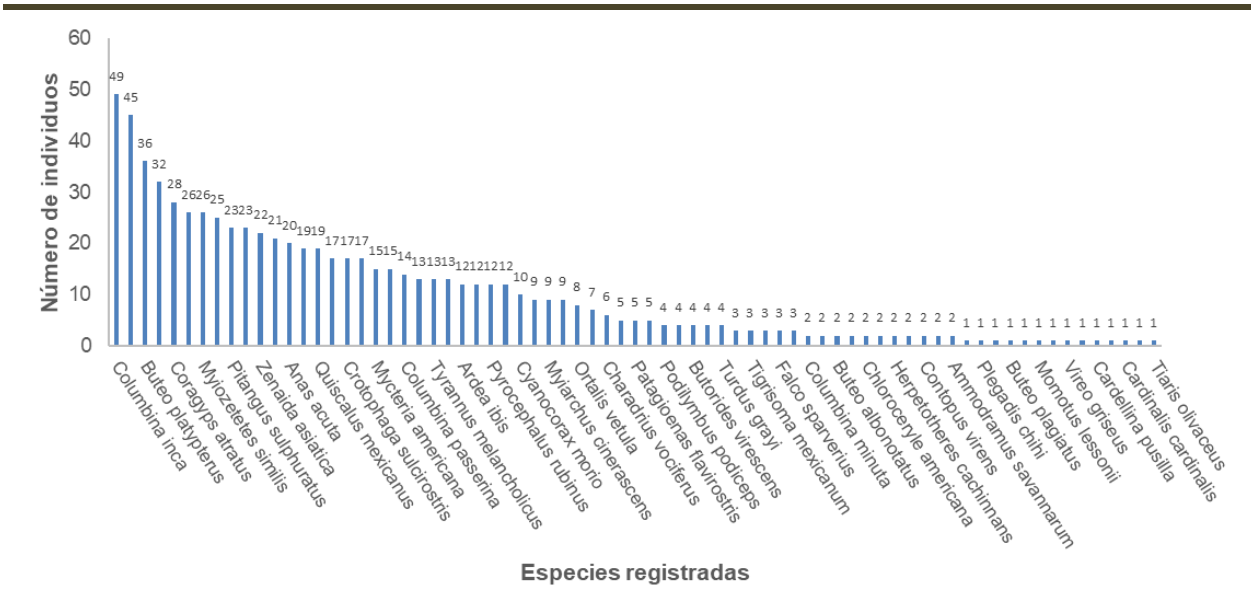


Figura 110. Número de individuos registrados por especie durante los muestreos para el Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

Adicionalmente se obtuvieron registros fuera de los transectos marcados por la metodología, por lo cual estos no son considerados en los análisis, los registros se dieron durante los viajes de traslado de un sitio de muestreo a otro, las especies registradas de esta manera fueron: *Dendrocygna autumnalis* con cinco individuos vistos en vuelo, *Buteogallus anthracinus* un individuo perchado a la orilla de un cuerpo de agua y *Colinus virginianus*, dos individuos cruzando el camino, *Tyrannus forficatus* un individuo perchado, *Pitangus sulphuratus* dos individuos perchados a orilla de un camino, *Cardellina pusilla* un individuo forrageando, *Ictinia virens* un individuo forrajeando, *Jacana jacana* dos individuos al margen de un cuerpo de agua, *Geococcyx velox* un individuo cruzando el camino y *Nyctidromus albicollis* con un individuo durante muestreos de murciélagos.

Comparando entre temporadas de muestreo observamos que la mayor diversidad y riqueza se registraron durante la temporada de lluvias y en ambas temporadas se registró mayor riqueza y abundancia en el SAR con respecto al AP. También al comparar entre las unidades ambientales presentes en la zona, se encontró mayor riqueza y abundancia en zonas agropecuarias con respecto a la selva baja caducifolia (*Cuadro 39*).

Cuadro 39. Especies y número de individuos registrados durante las dos temporadas de muestreo tanto en Área del Proyecto (AP) y el Sistema Ambiental Regional (SAR).

ID	ESPECIES	SECAS		LLUVIAS	
		AP	SAR	AP	SAR
1	*Dendrocygna autumnalis*	0	2	14	9
2	*Anas acuta*	0	0	20	0
3	*Ortalis vetula*	0	2	0	0
4	*Colinus virginianus*	0	0	0	5
5	*Podilymbus podiceps*	0	0	4	0
6	*Patagioenas flavirostris*	0	4	0	0
7	*Columbina inca*	1	10	7	31
8	*Columbina passerina*	6	2	0	6
9	*Columbina minuta*	0	2	0	0
10	*Columbina talpacoti*	0	0	3	6
11	*Leptotila verreauxi*	2	4	3	8
12	*Zenaida asiatica*	0	7	0	15
13	*Zenaida macroura*	0	2	0	0
14	*Crotophaga sulcirostris*	3	9	5	0
15	*Nyctidromus albicollis*	3	0	0	0
16	*Charadrius vociferus*	2	0	0	0
17	*Jacana spinosa*	0	2	0	0
18	*Mycteria americana*	0	0	10	0
19	*Nannopterum brasilianum*	0	10	0	0
20	*Tigrisoma mexicanum*	0	1	0	2
21	*Ardea alba*	0	0	1	0
22	*Ardea ibis*	0	0	0	12
23	*Butorides virescens*	0	4	0	0
24	*Plegadis chihi*	0	1	0	0
25	*Coragyps atratus*	13	2	7	6
26	*Cathartes aura*	7	2	0	8
27	*Buteogallus anthracinus*	0	1	0	0
28	*Rupornis magnirostris*	4	4	0	1
29	*Buteo plagiatus*	0	0	0	1
30	*Buteo platypterus*	0	0	0	36
31	*Buteo albonotatus*	0	1	0	1
32	*Glaucidium brasilianum*	0	1	0	0
33	*Trogon melanocephalus*	0	2	0	0
34	*Momotus lessonii*	0	1	0	0

ID	ESPECIES	SECAS		LLUVIAS	
		AP	SAR	AP	SAR
35	*Chloroceryle americana*	0	1	0	1
36	*Melanerpes aurifrons*	2	8	3	13
37	*Dryobates scalaris*	0	0	0	2
38	*Herpetotheres cachinnans*	0	1	1	0
39	*Caracara plancus*	3	0	0	0
40	*Falco sparverius*	1	0	0	0
41	*Amazona autumnalis*	0	4	0	0
42	*Myiarchus cinerascens*	5	4	0	0
43	*Myiarchus tyrannulus*	0	8	2	3
44	*Pitangus sulphuratus*	0	10	3	10
45	*Megarynchus pitangua*	2	0	2	1
46	*Myiozetetes similis*	0	2	0	25
47	*Tyrannus melancholicus*	2	4	0	2
48	*Tyrannus forficatus*	0	0	0	2
49	*Contopus virens*	1	1	0	0
50	*Empidonax minimus*	0	0	6	7
51	*Sayornis nigricans*	0	1	0	0
52	*Pyrocephalus rubinus*	3	3	0	4
53	*Vireo griseus*	0	0	0	1
54	*Cyanocorax morio*	0	0	6	4
55	*Baeolophus atricristatus*	0	0	2	2
56	*Riparia riparia*	25	0	0	0
57	*Hirundo rustica*	5	0	5	0
58	*Polioptila caerulea*	0	0	7	19
59	*Catherpes mexicanus*	0	1	0	0
60	*Campylorhynchus zonatus*	0	0	4	17
61	*Campylorhynchus rufinucha*	9	14	0	0
62	*Turdus grayi*	1	3	0	0
63	*Ammodramus savannarum*	0	0	0	2
64	*Psarocolius montezuma*	3	4	0	0
65	*Icterus gularis*	5	7	1	6
66	*Molothrus aeneus*	3	6	0	0
67	*Dives dives*	9	8	2	13
68	*Quiscalus mexicanus*	4	5	0	0
69	*Cardellina pusilla*	0	0	0	1
70	*Piranga rubra*	0	0	0	1

ID	ESPECIES	SECAS		LLUVIAS	
		AP	SAR	AP	SAR
71	*Cardinalis cardinalis*	0	1	0	0
72	*Cyanocompsa parellina*	1	0	0	0
73	*Tiaris olivaceus*	0	1	0	0
	Totales por temporada y zonas	125	173	118	283
	Total	298		401	

Especies protegidas

De las 73 especies registradas, siete se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Amazona autumnalis* (Loro Cachetes Amarillos) considerada como especie amenazada (A) y *Mycteria americana* (Cigüeña Americana), *Tigrisoma mexicanum* (Garza Tigre Mexicana), *Buteogallus anthracinus* (Aguililla Negra Menor), *Buteo platypterus* (Aguililla Alas Anchas), *Buteo albonotatus* (Aguililla Aura) y *Psarocolius montezuma* (Oropéndola de Moctezuma) considerada como especie bajo protección especial (Pr); con respecto a la IUCN la mayoría de las especies se encuentran bajo la categoría de especies de Preocupación Menor (LC), dos especies bajo la categoría de Casi Amenazado (NT) *Colinus virginianus* (Codorniz Cotuí) y *Charadrius vociferus* (Chorlo Tildío). Dos especies están consideradas por CITES, *Colinus virginianus* (Codorniz Cotuí) en el apéndice I, mientras que *Glaucidium brasilianum* (Tecolote Bajeño) y *Caracara plancus* (Caracara Quebrantahuesos) se encuentran en el apéndice II (Anexo IV.4). Se registraron especies NOM tanto en el AP como en el SAR, los sitios de registros se muestran en la siguiente *Figura 111*.

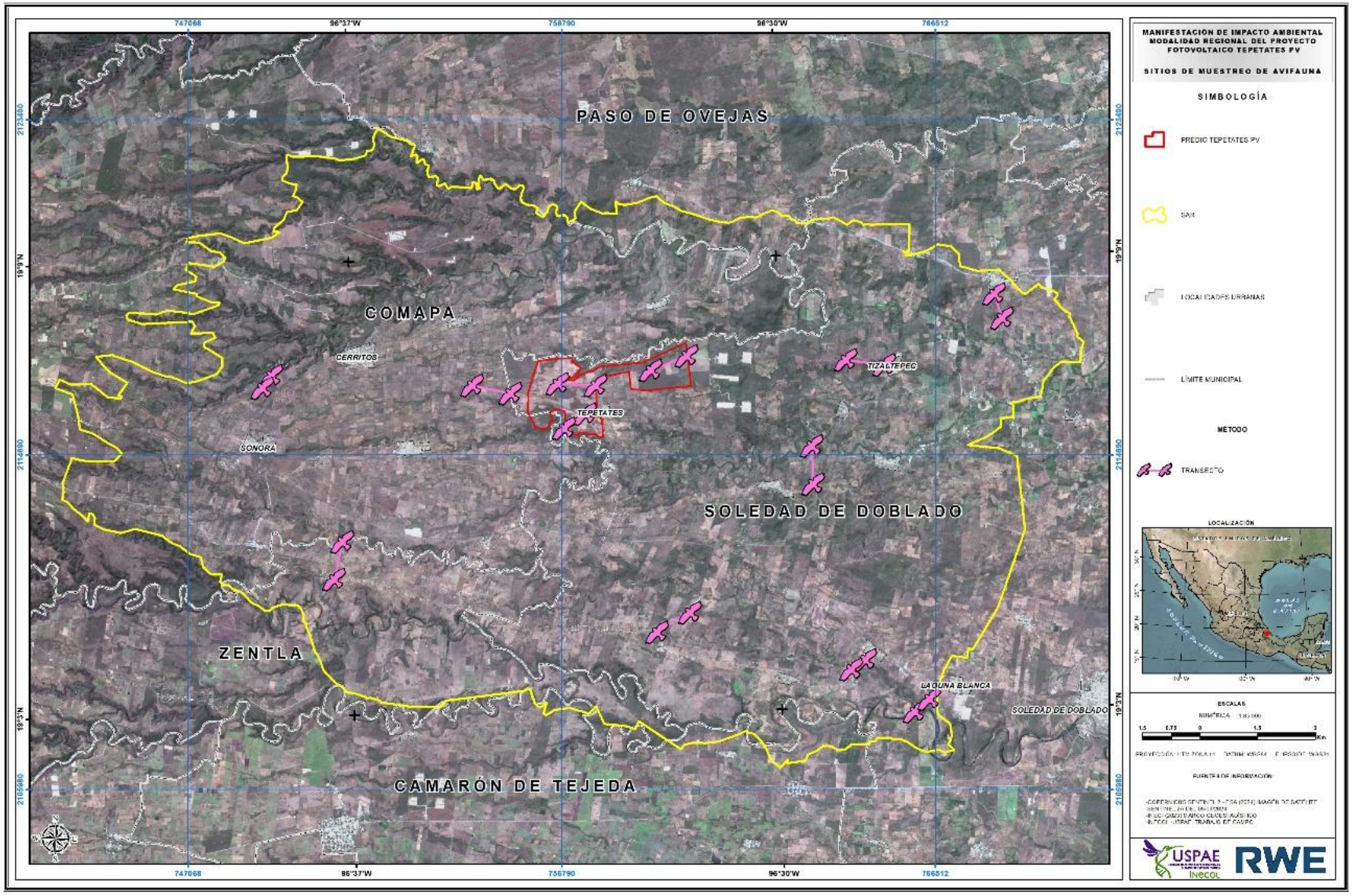


Figura 111. Ubicación de los sitios donde se registraron especies bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especies endémicas

Solo se registró una especie con algún grado de endemismo; *Campylorhynchus rufinucha* (Matraca Nuca Canela) considerada como endémica. Esta especie se registró tanto en AP como en SAR.

Curva de acumulación de especies

Para obtener la eficiencia de la colecta de información, se construyó una curva de acumulación de especies (Colwell, 2013), la cual muestra las especies observadas y, los valores de los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, los cuales se basan en datos de abundancias e incidencias, respectivamente (Moreno, 2001). El valor que se estima para Chao 1 es de 99.08 especies, mientras que para ACE es de 94.06 especies. Estos valores, por encima del total de especies observadas, nos indican que si bien la representatividad del muestreo no fue baja, aún es considerable el número de especies que faltan por registrar (*Figura 112*).

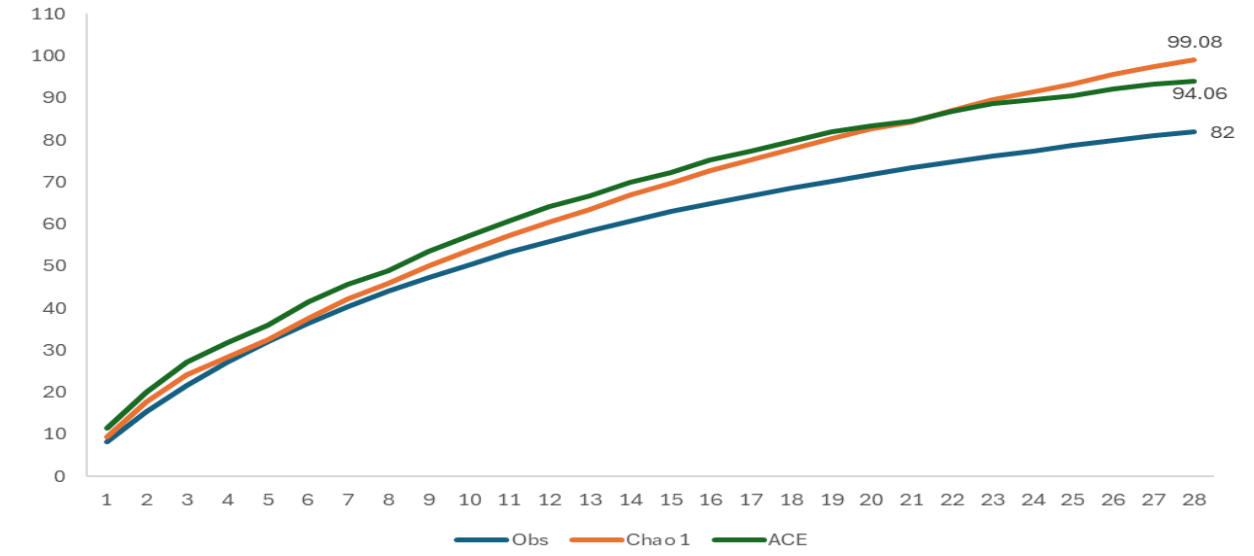


Figura 112. Curva de acumulación de especies durante las campañas de muestreo (secas y lluvias) 2024.

- ***Diversidad alfa***

El Sistema Ambiental Regional (SAR) presenta una riqueza de 62 especies y una diversidad alfa de 19.37 especies efectivas. Por otra parte, la riqueza del Área del Proyecto es de 41 especies, y se obtuvo una diversidad alfa de 14.13 especies efectivas (*Cuadro 40*).

Cuadro 40. Índice de la diversidad de aves registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
AP	41	243	3.38	14.13

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
SAR	62	456	3.59	19.37

Con respecto a las Unidades Ambientales, el Agropecuario presentó mayor diversidad alfa, 20.7 especies efectivas y el ASBC presentó el menor valor de diversidad alfa con 9.89 especies efectivas (*Cuadro 41*).

Cuadro 41. Índice de la diversidad de aves registrada durante los muestreos realizados en el acahual de selva baja caducifolia y áreas de uso agropecuario del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

UNIDAD AMBIENTAL[1]	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
ASBC	24	102	2.95	9.89
Agropecuario	60	353	3.49	20.7

Importancia ecológica y/o económica

Las aves tienen un importante papel ecológico, se consideran indicadoras biológicas de la salud ambiental. Desempeñan un papel fundamental como dispersores de semillas y como polinizadores de numerosas especies de plantas, fungen además como controladores de plagas de insectos. De las especies registradas en campo, por su función como polinizadores, destacan las ocho especies de colibríes; además de especies como *Icterus gularis* como dispersores de semillas. Además de la importancia económica como aves canoras o de ornato de varias de las especies registradas (Del Pont, 1997).

Discusión

Las 73 especies registradas durante las dos campañas de muestreo representan el 22.5 % de las 324 especies descritas para la región, los números elevados de algunas especies esta dado porque se trataba de especies migratorias que se encontraban de paso por la región como es el caso de *Mycteria americana* (Cigüeña Americana) o *Buteo platypterus* (Aguililla Alas Anchas); y por otro lado, los números elevados de algunas especies residentes como *Columbina inca* (Tortolita Cola Larga) nos indican que en la región encuentran condiciones adecuadas de disponibilidad de alimento y sitios de refugio, que permiten tener poblaciones elevadas. La diferencia en el número de especies registradas en el SAR con respecto al AP se explica por la homogeneidad en cuanto a unidades ambientales que existe dentro del predio del proyecto, siendo básicamente terrenos de uso agropecuario mientras que en el SAR se encuentran manchones de acahual de selva baja caducifolia, pero son reducidos en cuanto a extensión.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, se puede considerar que se detectó una alta riqueza (99-94%). El 1-6% de incremento en el esfuerzo de muestreo sería requerido para detectar especies que generalmente son poco conspicuas, pero que complementan a la comunidad de aves. Con base en los resultados obtenidos podemos decir que las especies que se registraron dentro del AP se encuentran también en el SAR.

En cuanto a las especies migratorias podemos decir que la región es importante al proporcionar zonas de alimentación, descanso y refugio a las especies que pasan por la zona. Resultando relevante para especies acuáticas gracias a los diversos cuerpos de agua naturales o artificiales que se encuentran en la región.

Mastofauna voladora

Introducción

Los murciélagos se agrupan en el orden Chiroptera que incluye cerca de 1200 especies (Reeder *et al.*, 2007), siendo el segundo orden más diverso de mamíferos a nivel global y el único con la capacidad de vuelo. En México se han registrado 139 especies, de las cuales 89 se han reportado en el Estado de Veracruz (González-Christen y Delfín-Alonso, 2016).

Este grupo de mamíferos tienen un papel importante en los ecosistemas terrestres, ya que algunas especies son polinizadoras de muchas especies de plantas, otras especies son dispersoras de semillas y otras más consumen invertebrados los cuales pudieran llegar a convertirse en plaga, si no son controladas sus poblaciones. También son considerados indicadores importantes de la calidad de los ecosistemas debido a que muchas especies son sensibles a la pérdida o fragmentación de su hábitat (Avila-Cabadilla *et al.*, 2014; Estrada y Coates-Estrada, 2002; García-García y Santos-Moreno, 2014; Maas *et al.*, 2013).

Métodos

Listado potencial

Previo a la descripción de la comunidad de aves dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del Área del Proyecto (AP), se elaboró una lista de la posible diversidad en la zona. Esta permitió obtener una primera aproximación teórica de la estructura de la comunidad y, además, permitió verificar los rangos de distribución de las especies de murciélagos registradas en campo.

También se revisó el estado de conservación de las especies registradas consultando los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de IUCN y los apéndices de CITES.

Categorías de riesgo

Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059; SEMARNAT, 2019) se diferencian tres categorías de riesgo para especies o poblaciones de mamíferos en México: 1) Sujeta a protección especial (Pr): son aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. 2) Amenazada (A): aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. 3) en Peligro de

extinción (P): aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Lista roja de la IUCN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), clasifica en la "Lista Roja" a aquellas especies que enfrentan un alto riesgo de extinción global (IUCN, 2013). De acuerdo con la lista propuesta, las especies se agrupan en: 1) Extinto (EX) cuando todos los individuos han desaparecido, 2) Extinto en estado silvestre (EW) cuando sobrevive únicamente en cautiverio o como naturalizada fuera de su área de distribución original, 3) En peligro crítico (CR) cuando enfrenta un riesgo de extinción extremadamente alto en vida silvestre, 4) En peligro (EN) cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre, 5) Vulnerable (VU) cuando enfrenta un riesgo de extinción alto en vida silvestre, 6) Casi amenazado (NT) cuando no se cumple con los criterios para considerarla "En peligro crítico", "En peligro" o "Vulnerable", pero podría llegar a estarlo en un futuro cercano, 7) Preocupación menor (LC) cuando la especie evaluada es abundante y de amplia distribución, 8) Datos insuficientes (DD) cuando no existe información adecuada sobre la abundancia y distribución para realizar una evaluación del riesgo de extinción del taxón, y 9) No evaluado (NE) cuando la especie no ha sido analizada y clasificada con base en los criterios de valoración antes mencionados.

Apéndices CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional que involucra a todos los gobiernos. Tiene como objetivo regular el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres, minimizando las amenazas para la supervivencia de las especies. Los Apéndices I, II y III de la Convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva: Apéndice I se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

Registro mediante transectos

Para realizar el registro de especies de murciélagos presentes en el AP y SAR se establecieron nueve transectos de 1 km de largo los cuales se recorrieron a paso lento. Los recorridos se iniciaron a las 19:15 hrs (poco antes de obscurecer) y se concluían a las 20:10 horas (*Figura 113*).

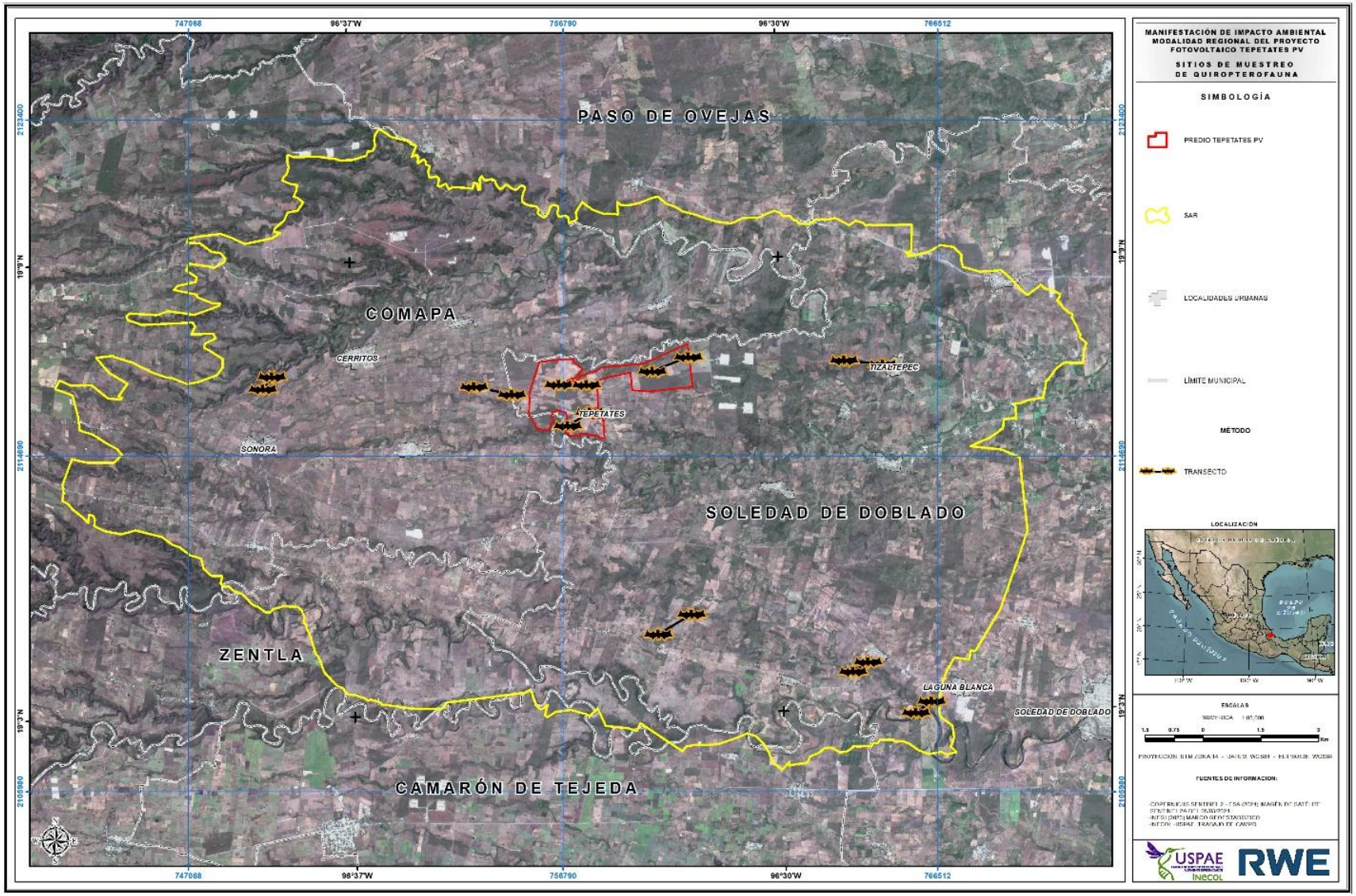


Figura 113. Ubicación de los transectos para detección acústica de murciélagos dentro del AP y SAR, durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024).

El registro de las especies se realizó de manera acústica mediante el dispositivo Echo Meter conectado a un teléfono celular, mediante la aplicación disponible en la red. La identificación de las especies se hace mediante el del software de análisis Kaleidoscope Pro, el cual cuenta con una base de datos de sonogramas de casi todas las especies de murciélagos a nivel mundial (*Figura 114*).

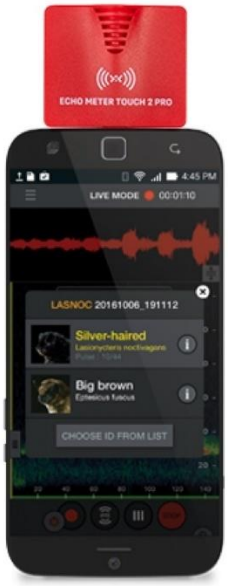


Figura 114. Dispositivo Echo Meter Pro conectado a teléfono celular para registro acústico de murciélagos. Imagen tomada de https://www.wildlifeacoustics.com/products/echo-meter-touch-2-pro

Análisis de datos

Riqueza y abundancia relativa de especies

Se estimó la riqueza y abundancia de la herpetofauna presente en el SAR y AP. La riqueza de especies es el número de especies que ocurren en una determinada zona al mismo tiempo (Melic, 1993), en este estudio se emplearon los transectos que corresponden al SAR y AP. Mientras que, la abundancia relativa de las especies se obtuvo como resultado de la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{(Ai * 100)}{At}$$

Dónde
Ai= abundancia de una especie o grupo específico
At= abundancia total, que es el sumatorio total de las frecuencias de las especies o grupos.

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies (o curvas de colecta de especies) se utiliza para conocer si el esfuerzo de muestreo durante la estancia en campo fue satisfactorio. En los primeros muestreos se registran con mayor frecuencia las especies comunes y conforme se incrementan los muestreos se anexan las especies menos comunes. La estabilización de la curva en forma horizontal sugiere que el muestreo es satisfactorio y representativo. Por el contrario, si la pendiente de la curva se mantiene inclinada es prueba de que el inventario es insuficiente y se recomiendan más número de muestreos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). La curva de acumulación se generó empleando los datos de abundancia para cada especie en todo el estudio y fueron realizadas en el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013) y se consideraron los estimadores de riqueza Chao 1 y ACE para estimar la completitud del inventario.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Para medir la riqueza de especies en cada transecto se utilizó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera las abundancias relativas para estimar la diversidad. El valor de H' se ha utilizado en diferentes estudios ecológicos (Magurran, 1998) y se expresa con un número positivo que, en la mayoría de los ecosistemas naturales, varía entre 1 y 5. Aunque su valor habitual oscila entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se consideran relativamente bajos y superiores a 3 relativamente altos.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\cdot ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right)$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie

Para estimar el índice de Shannon se utilizó en el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013).

Índice de Simpson

El índice de Simpson (D) es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad (Moreno, 2001). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Los valores menores a 0.1 son de una diversidad baja, de 0.3 a 0.5 media y valores cercanos a 1 indican una alta diversidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S}\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie i

Resultados

Especies potenciales

Como resultado de la revisión bibliográfica y de plataformas en internet, se obtuvo una lista de 40 especies de murciélagos con distribución potencial en la región donde se contempla la implementación del Parque Fotovoltaico Tepetates. Estas especies representan a siete familias, encontrándose ocho especies en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, seis en la categoría de Amenazadas (A) y dos en Protección especial (Pr, Anexo IV.5).

Riqueza y abundancia

Durante los muestreos correspondientes a la temporada de secas se obtuvieron un total de 554 registros (pases útiles) correspondientes a 26 especies representando a cuatro familias. De las 26 especies registradas, 15 son residentes, 10 migratorias y una endémica (Anexo IV.5). De las familias reportadas, Vespertilionidae y Molossidae fueron de las que se reportaron mayor número de especies con 11 y 7 respectivamente (*Figura 115*).

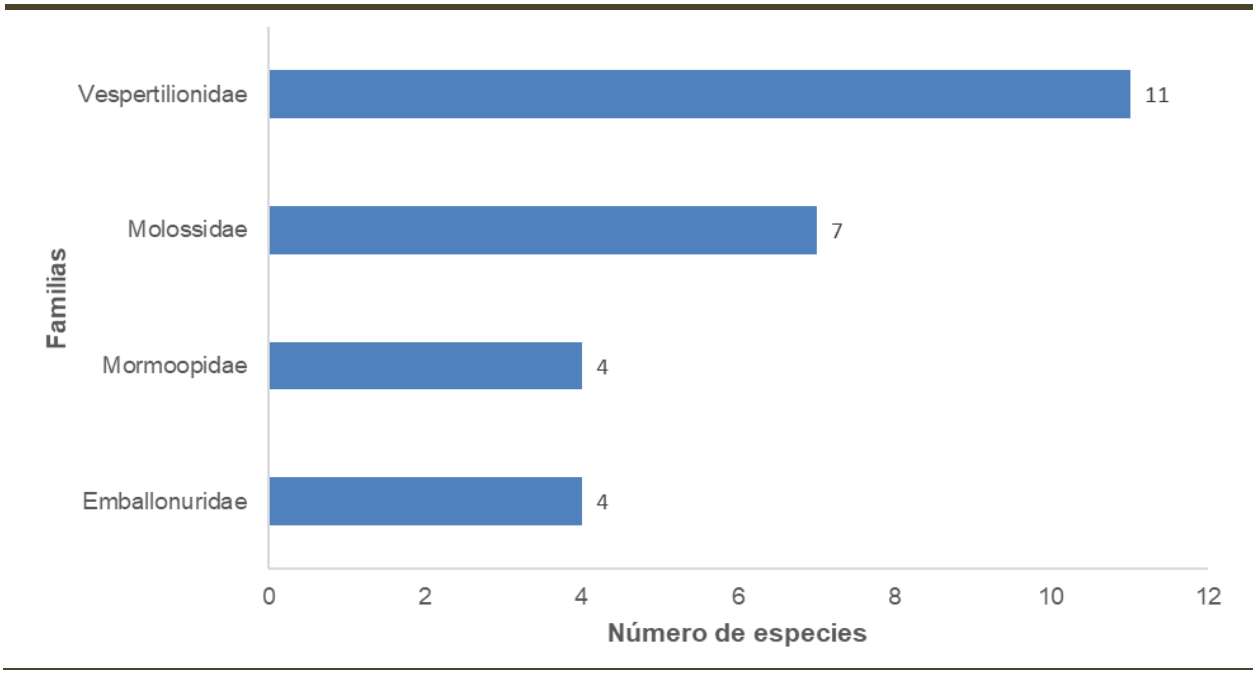


Figura 115. Número de especies por cada familia taxonómica registrada durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

Las especies con mayor número de registros fueron *Balantiopteryx plicata* con 101 pases activos, *Myotis californicus* con 70 pases y *Pteronotus davyi* con 40 pases (*Figura 116* y *Cuadro 42*).



Figura 116. Número de pases activos con los que se registraron las especies durante las campañas de muestreo (secas y lluvias 2024).

Cuadro 42. Lista de especies registradas durante las campañas de muestreo en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PASES	NOM	IUCN	CITES	RESIDENCIA
1	Quiroptera	Emballonuridae	*Centronycteris centralis*	Murciélago Greñudo de Saco	25	Pr	LC	-	R
2			*Balantiopteryx io*	Murciélago de Saco del Sureste	16	-	VU	-	R
3			*Balantiopteryx plicata*	Murciélago Gris de Saco	101	-	LC	-	R
4			*Saccopteryx billineata*	Murciélago Rayado Mayor	27	-	LC	-	R
5		Mormoopidae	*Pteronotus davyi*	Murciélago Lomo Pelón Menor	49	-	LC	-	R
6			*Pteronotus parnellii*	Murciélago Bigotudo de Parnell	10	-	LC	-	R
7			*Pteronotus personatus*	Murciélago Bigotudo	5	-	LC	-	R
8			*Mormoops megalophylla*	Murciélago Barba Arrugada	1	-	LC	-	R
9		Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago Cola Suelta Mexicano	16	-	LC	-	M
10			*Nyctinomops laticaudatus*	Murciélago Cola Suelta Ancha	15	-	LC	-	R
11			*Eumops ferox*	Murciélago con Bonete de Wagner	48	-	LC	-	M
12			*Eumops underwoodi*	Murciélago con Bonete de Underwood	36	-	LC	-	M
13			*Promops centralis*	Murciélago Mastín Mayor	8	-	LC	-	M
14			*Molossus molossus*	Murciélago Mastín Común	6	Pr	LC	-	R
15			*Molossus rufus*	Murciélago Mastín Negro	28	-	LC	-	R
16		Vespertilionidae	*Bauerus dubiaquercus*	Murciélago Desértico Sureño	8	-	NT	-	R
17			*Lasiurus cinereus*	Murciélago Canoso de Cola Peluda	34	Pr	LC	-	M
18			*Lasiurus ega*	Murciélago Cola Peluda Amarillo	3	-	LC	-	M
19			*Lasiurus intermedius*	Murciélago Cola Peluda Norteño	7	Pr	LC	-	M
20			*Eptesicus fuscus*	Murciélago Moreno Norteamericano	1	-	LC	-	R
21			*Neoeptesicus furinalis*	Murcielago Pardo Común	11	-	LC	-	R
22			*Myotis californicus*	Murciélago Ratón de California	70	-	LC	-	M
23			*Myotis keaysi*	Miotis Piernas Peludas	2	-	LC	-	R
24			*Myotis nigricans*	Murciélago Negro	3	Pr	LC	-	En
25			*Myotis velifer*	Miotis Mexicano	5	-	LC	-	M

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PASES	NOM	IUCN	CITES	RESIDENCIA
26			*Perimyotis subflavus*	Pipistrelo del Este Americano	19	-	LC	-	M
				Total	554				
Categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2021: A Amenazada, Pr Protección especial. Categorías de IUCN: LC Preocupación menor, VU Vulnerable y NT casi amenazada. CITES Apéndice II. Residencia: R residente, M migratorio y En endémico.									

Comparando entre temporadas de muestreo observamos que la mayor diversidad y riqueza se registraron durante la temporada de secas, con 64 especies y 573, mientras que durante la temporada de lluvias se registraron 53 especies representadas por 281 individuos. Comparando entre el área del Proyecto y el SAR, la mayor diversidad y riqueza se presentó en el SAR, registrándose 76 especies y 637 individuos, mientras que en el AP se registraron 35 especies representadas por 223 individuos

Cuadro 43. Pases útiles registrados para cada especie por temporada y área del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ID	ESPECIES	SECAS		LLUVIAS	
		AP	SAR	AP	SAR
1	*Centronycteris centralis*	6	12	6	1
2	*Balantiopteryx io*	11	1	4	0
3	*Balantiopteryx plicata*	51	45	2	3
4	*Saccopteryx billineata*	4	21	0	2
5	*Pteronotus davyi*	31	1	17	0
6	*Pteronotus parnellii*	3	3	2	2
7	*Pteronotus personatus*	0	1	3	1
8	*Mormoops megalophylla*	0	0	0	1
9	*Tadarida brasiliensis*	0	13	2	1
10	*Nyctinomops laticaudatus*	1	9	2	3
11	*Eumops ferox*	14	17	2	15
12	*Eumops underwoodi*	0	15	0	21
13	*Promops centralis*	1	4	2	1
14	*Molossus molossus*	0	1	0	5
15	*Molossus rufus*	0	20	2	6
16	*Bauerus dubiaquercus*	0	5	0	3
17	*Lasiurus cinereus*	9	18	1	6
18	*Lasiurus ega*	0	2	0	1
19	*Lasiurus intermedius*	1	2	3	1
20	*Eptesicus fuscus*	1	0	0	0
21	*Neoeptesicus furinalis*	1	8	1	1
22	*Myotis californicus*	4	39	4	23
23	*Myotis keaysi*	2	0	0	0
24	*Myotis nigricans*	1	1	0	1
25	*Myotis velifer*	0	4	1	0
26	*Perimyotis subflavus*	0	0	8	11

- ***Abundancia relativa***

Comparando las abundancias entre AP y SAR encontramos que para el Área de proyecto (AP) las especies con índices de abundancia relativa más altos fueron *Balantiopteryx plicata* y *Pteronotus davyi*, siendo incluso los valores más altos en general, para el caso del Sistema Ambiental Regional (SAR) las especies con índice de abundancia más elevados fueron *Myotis californicus* y *B. plicata* (*Cuadro 44*).

Cuadro 44. índices de abundancia relativa de las especies registradas por áreas del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ESPECIES	AP		SAR	
	FR	AR %	FR	AR %
Centronycteris centralis	12	5.91	13	3.70
Balantiopteryx io	15	7.38	1	0.28
Balantiopteryx plicata	53	26.1	48	13.6
Saccopteryx billineata	4	1.97	23	6.55
Pteronotus davyi	48	23.6	1	0.28
Pteronotus parnellii	5	2.46	5	1.42
Pteronotus personatus	3	1.47	2	0.56
Mormoops megalophylla	0	0	1	0.28
Tadarida brasiliensis	2	0.98	14	3.98
Nyctinomops laticaudatus	3	1.47	12	3.41
Eumops ferox	16	7.88	32	9.11
Eumops underwoodi	0	0	36	10.2
Promops centralis	3	1.47	5	1.42
Molossus molossus	0	0	6	1.70
Molossus rufus	2	0.98	26	7.40
Bauerus dubiaquercus	0	0	8	2.27
Lasiurus cinereus	10	4.92	24	6.83
Lasiurus ega	0	0	3	0.85
Lasiurus intermedius	4	1.97	3	0.85
Eptesicus fuscus	1	0.49	0	0
Neoeptesicus furinalis	2	0.98	9	2.56
Myotis californicus	8	3.94	62	17.66
Myotis keaysi	2	0.98	0	0
Myotis nigricans	1	0.49	2	0.56
Myotis velifer	1	0.49	4	1.13
Perimyotis subflavus	8	3.94	11	3.13

Realizando la comparación entre unidades ambientales se encontró que para las zonas de uso agropecuario la especie más abundante fue *M. californicus*, seguida de *Eumops ferox* y *E. underwoodi* , para las zonas de vegetación secundaria de selva baja caducifolia la especie con el mayor índice de abundancia fue nuevamente *M. californicus*, siendo el valor más alto de abundancia en las Unidades Ambientales analizadas, en segundo lugar se encuentra *Perimyotis subflavus* (*Cuadro 45*).

Cuadro 45. índices de abundancia relativa de las especies registradas por Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ESPECIES	AGROPECUARIO		VSSBC	
	FR	AR%	FR	AR%
Centronycteris centralis	6	4.13	1	2.5
Balantiopteryx io	4	2.75	0	0
Balantiopteryx plicata	5	3.44	3	7.5
Saccopteryx billineata	2	1.37	0	0
Pteronotus davyi	17	11.7	2	5
Pteronotus parnellii	4	2.75	1	2.5
Pteronotus personatus	3	2.06	1	2.5
Mormoops megalophylla	1	0.68	0	0
Tadarida brasiliensis	2	1.37	1	2.5
Nyctinomops laticaudatus	2	1.37	3	7.5
Eumops ferox	18	12.4	3	7.5
Eumops underwoodi	18	12.4	3	7.5
Promops centralis	3	2.06	0	0
Molossus molossus	3	2.06	2	5
Molossus rufus	7	4.82	2	5
Bauerus dubiaquercus	3	2.06	1	2.5
Lasiurus cinereus	6	4.13	1	2.5
Lasiurus ega	1	0.68	0	0
Lasiurus intermedius	2	1.37	2	5
Eptesicus fuscus	0	0	1	2.5
Neoeptesicus furinalis	1	0.68	1	2.5
Myotis californicus	20	13.7	7	17.5
Myotis keaysi	0	0	1	2.5
Myotis nigricans	1	0.68	0	0
Myotis velifer	1	0.68	0	0
Perimyotis subflavus	15	10.3	4	10

Especies protegidas

De las 26 especies registradas, cinco especies se encuentran la NOM-059-SEMARNAT-2010, todas ellas en la categoría de especies bajo protección especial (Pr). Las especies fueron *Centronycteris centrales*, *Molossus molossus*, *Lasiurus cinereus*, *L. intermedius* y *Myotis nigricans*, los sitios donde se registraron estas especies NOM se pueden observar en la *Figura 117*. En cuanto a IUCN dos especies se encuentran en alguna de sus categorías, *Bauerus dubiaquercus* como especie casi amenazada (NT) y *Balantiopteryx io* como vulnerable (VU).

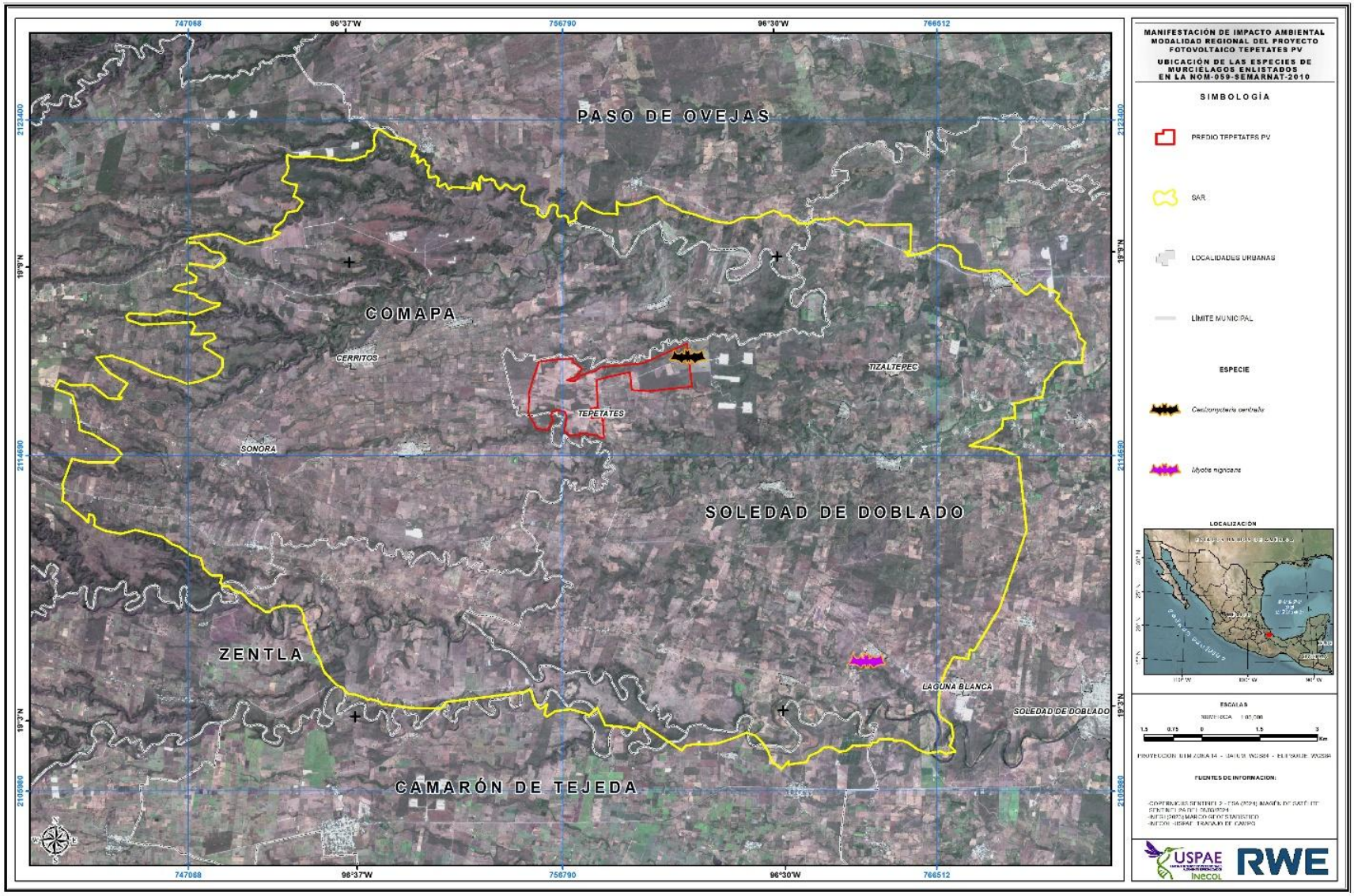


Figura 117. Ubicación de los sitios donde se registraron especies bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especies endémicas

Solo se registró una especie con algún grado de endemismo; *Myotis nigricans* (Murciélago Negro) considerada como endémica. Esta especie se registró tanto en AP como en SAR.

Curva de acumulación de especies

Para obtener la eficiencia de la colecta de información, se construyó una curva de acumulación de especies (Colwell, 2013), la cual muestra las especies observadas y, los valores de los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, los cuales se basan en datos de abundancias e incidencias, respectivamente (Moreno, 2001). Los indicadores Chao 1 y ACE por encima del total de especies observadas, nos indican que aún es considerable el número de especies que faltan por registrar (*Figura 118*).

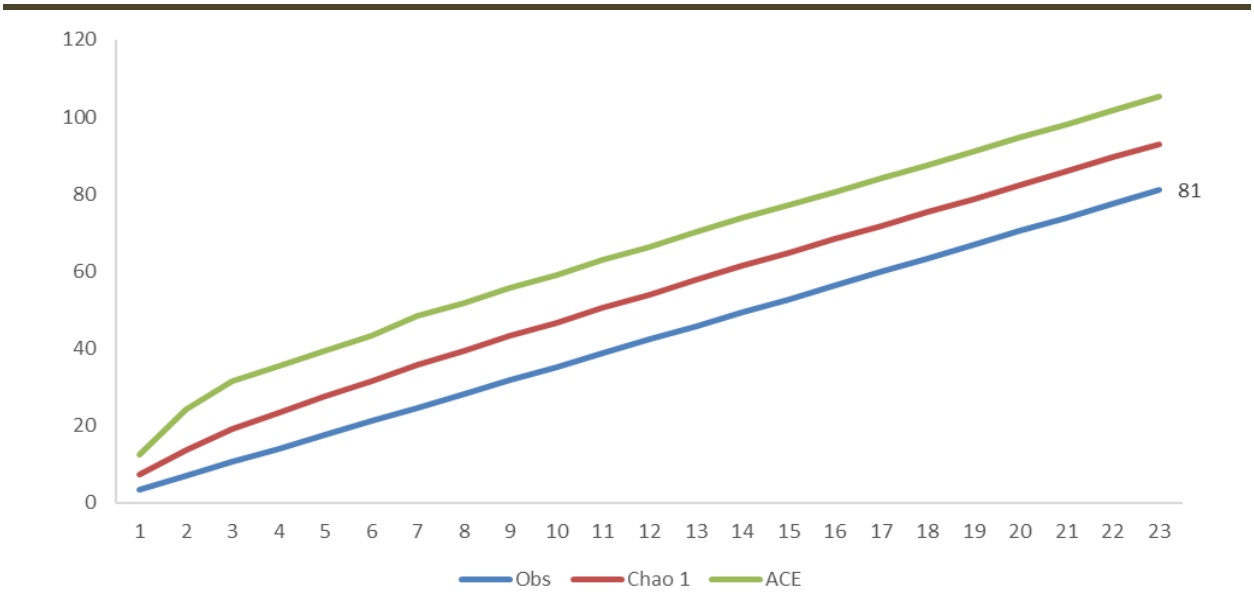


Figura 118. Curva de acumulación de especies de murciélagos registrados durante las campañas de muestreo (secas y lluvias) 2024.

- ***Diversidad alfa***

En cuanto a riqueza de especies el SAR y AP son muy similares, En SAR se registraron 24 especies mientras que en el AP 21 especies, sin embargo, en cuanto a registros obtenidos se observa diferencia siendo en SAR donde se obtuvo el mayor número de registros. El Sistema Ambiental Regional (SAR) presenta un índice de Shannon de 2.67 mientras que el del AP es menor. La diversidad alfa, se muestra ligeramente mayor en AP con respecto al SAR (*Cuadro 46*).

Cuadro 46. Índice de la diversidad de murciélagos registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
AP	21	203	2.34	5.88
SAR	24	351	2.67	5.83

Con respecto a las Unidades Ambientales, el Agropecuario se registró mayor riqueza con respecto al de VSSBC. Los índices de Shannon resultaron muy similares, sin embargo, la diversidad alfa, se obtuvo en la vegetación secundaria de selva baja caducifolia (*Cuadro 47*).

Cuadro 47. Índice de la diversidad de murciélagos registrada durante los muestreos en las Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

UNIDAD AMBIENTAL[1]	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
ASBC	19	40	2.74	14.17
Agropecuario	24	145	2.73	8.19

Importancia ecológica y/o económica

Los murciélagos juegan un papel importante en los ecosistemas, ya que algunas especies funcionan como polinizadores, otras como dispersores de semillas y otro grupo como controladores de plagas (insectos). Algunas especies pueden considerarse como indicadoras de buena salud de los ecosistemas. En este caso particular las especies registradas pertenecen al gremio alimenticio insectívoros por lo que son importantes para controlar plagas de insectos que puedan llegar afectas a los cultivos.

Discusión

Las 26 especies registradas durante las dos campañas de muestreo representan el 65 % de las 40 especies descritas para la región, los números elevados de algunas especies esta dado por la disponibilidad de alimento es decir insectos de diversos grupos, principalmente polillas. Los grupos de insectos que sirven de alimento para los murciélagos a su vez se ven favorecidos por presencia de cultivos y de cuerpos de agua naturales como ríos y arroyos o artificiales como represas.

La diferencia en el número de especies registradas en el SAR con respecto al AP se explica por la homogeneidad en cuanto a unidades ambientales que existe dentro del predio del proyecto, siendo más diverso en el SAR que además cuenta con una mayor extensión.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, se puede considerar que se requiere un esfuerzo de muestreo mayor para poder registrar el número real de especies presentes en la zona. En cuanto a las especies migratorias podemos decir que la región es importante al proporcionar zonas de alimentación, descanso y refugio a las especies que pasan por la zona. Resultando relevante para especies acuáticas gracias a los diversos cuerpos de agua naturales o artificiales que se encuentran en la región.

Mastofauna no voladora

Introducción

México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005). Ramírez-Pulido *et al.* (2005) reportaron 475 especies de mamíferos terrestres, en tanto Wilson y Reeder (2005) documentaron la presencia de 489 terrestres. Los mamíferos juegan un papel importante en los ecosistemas, debido al rol que juegan en la cadena alimenticia, sea cual sea su gremio alimenticio. Ya que pueden tener la función de dispersores de semillas, consumidores de carroña, control de especies que pueden convertirse en plagas, por mencionar algunas (Rojas y Moreno, 2014).

El estado de Veracruz está considerado entre los de mayor riqueza de mamíferos a nivel nacional, encontrándose una mezcla de elementos Néarticos, Neotropicales y de transición. Contando con un total de 195 especies (González y Delfín-Alfonso, 2016).

La heterogeneidad que se ve presente en la Unidad Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Tepetates favorece la presencia de diversas especies en el sitio, por otro lado, si bien las áreas agrícolas desfavorecen a algunas especies, otras, al contrario, se ven favorecidas, principalmente por los efectos de borde que se da en la frontera de áreas de uso agropecuario con las de vegetación nativa.

En cuanto a los proyectos fotovoltaicos, en un estudio realizado en España se encontró que las especies de mamíferos con mayor sensibilidad a la instalación del parque solar fotovoltaico y sus infraestructuras asociadas son principalmente mesomamíferos carnívoros y ungulados, debido a la posible fragmentación y pérdida de hábitat, que puede provocar la ocupación de los territorios y zonas de alimentación (Polo y Ferrís, 2022). Sin embargo, estas afectaciones pueden ser aminoradas si el proyecto se realiza en terrenos en los cuales haya sido modificado el ambiente con anterioridad, como zonas de uso agropecuario y por consiguiente la mayoría de la fauna presente originalmente en el sitio haya sido desplazada.

Métodos

Listado potencial

Previo a la descripción de la comunidad de mamíferos no voladores dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del Área del Proyecto (AP), se elaboró una lista de la posible diversidad en la zona. Esta permitió obtener una primera aproximación teórica de la estructura de la comunidad y, además, permitió verificar los rangos de distribución de las especies de murciélagos registradas en campo.

También se revisó el estado de conservación de las especies registradas consultando los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de IUCN y los apéndices de CITES.

Categorías de riesgo

Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059; SEMARNAT, 2019) se diferencian tres categorías de riesgo para especies o poblaciones de mamíferos en México: 1) Sujeta a protección especial (Pr): son aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. 2) Amenazada (A): aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. 3) en Peligro de extinción (P): aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Lista roja de la IUCN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), clasifica en la "Lista Roja" a aquellas especies que enfrentan un alto riesgo de extinción global (IUCN, 2013). De acuerdo con la lista propuesta, las especies se agrupan en: 1) Extinto (EX) cuando todos los individuos han desaparecido, 2) Extinto en estado silvestre (EW) cuando sobrevive únicamente en cautiverio o como naturalizada fuera de su área de distribución original, 3) En peligro crítico (CR) cuando enfrenta un riesgo de extinción extremadamente alto en vida silvestre, 4) En peligro (EN) cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre, 5) Vulnerable (VU) cuando enfrenta un riesgo de extinción alto en vida silvestre, 6) Casi amenazado (NT) cuando no se cumple con los criterios para considerarla "En peligro crítico", "En peligro" o "Vulnerable", pero podría llegar a estarlo en un futuro cercano, 7) Preocupación menor (LC) cuando la especie evaluada es abundante y de amplia distribución, 8) Datos insuficientes (DD) cuando no existe información adecuada sobre la abundancia y distribución para realizar una evaluación del riesgo de extinción del taxón, y 9) No evaluado (NE) cuando la especie no ha sido analizada y clasificada con base en los criterios de valoración antes mencionados.

Apéndices CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional que involucra a todos los gobiernos. Tiene como objetivo regular el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres, minimizando las amenazas para la supervivencia de las especies. Los Apéndices I, II y III de la Convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva: Apéndice I se incluyen

las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

Trabajo de campo

Para el registro de los diferentes grupos taxonómicos de mamíferos terrestres no voladores se utilizaron distintas técnicas de muestreo, las cuales en términos generales se dividen en métodos directos e indirectos. Los métodos directos incluyen la observación directa de los animales, así como su captura (trampas Sherman), mientras que los métodos indirectos son aquellos donde los animales son registrados mediante fototrampeo, huellas, excretas, rascaderos, vocalizaciones u otros rastros (Aranda 2000).

Para los objetivos del presente estudio se emplearon tres técnicas de muestreo de mamíferos terrestres no voladores: 1) captura de mamíferos pequeños mediante uso de trampas tipo Sherman y Tomahawk; 2) Fototrampeo para mamíferos de talla mediana y grande y 3) transectos para observación directa y búsqueda de rastros.

- ***Transectos***

Este método permite conocer la riqueza específica, densidad y abundancia relativa de determinado grupo faunístico en un sitio determinado (Aranda, 2000), mediante el establecimiento de recorridos en líneas predeterminadas y así poder establecer conteos de especies mediante la observación directa o la búsqueda de rastros, existen diversas variaciones dependiendo los objetivos del estudio (Amador 2010; Rudran *et.al* 1996; Gallina & López-González, 2011). De acuerdo con el enfoque de este trabajo, el cual pretende estimar la abundancia relativa de las especies y diversidad alfa (riqueza de especies), se establecieron transectos (en modalidad diurna y nocturna), con una longitud de 1 km aproximadamente. Para el registro de mamíferos medianos y grandes en los transectos, se buscaron zonas con senderos naturales con posibilidad de observar rastros (huellas, excretas, restos, pelos etc.) así como la observación directa de los organismos (*Figura 119*).

La duración de cada recorrido fue de dos horas aproximadamente, tanto en modalidad diurna y nocturna. Los recorridos diurnos se iniciaron entre a las 08:00 am y finalizaron a las 12:00 pm, mientras

que los nocturnos se iniciaron entre las 18:00 pm y finalizaron a las 22:00 pm. Se geoposicionaron los puntos del inicio y final de cada recorrido. La determinación de rastros se realizó con base en Aranda (2000 y 2005) y para observaciones directas se consultó a Ceballos y Oliva (2005) y Reid (2008). Cada registro se contabilizó sólo una vez con el fin de estimar la diversidad y la abundancia relativa de cada especie. Para el caso de la determinación de rastros se puso especial atención de no contabilizar dos veces algunos rastros (letrinas, excretas, etc.). Se tomó un registro fotográfico de cada especie cuando fue posible.

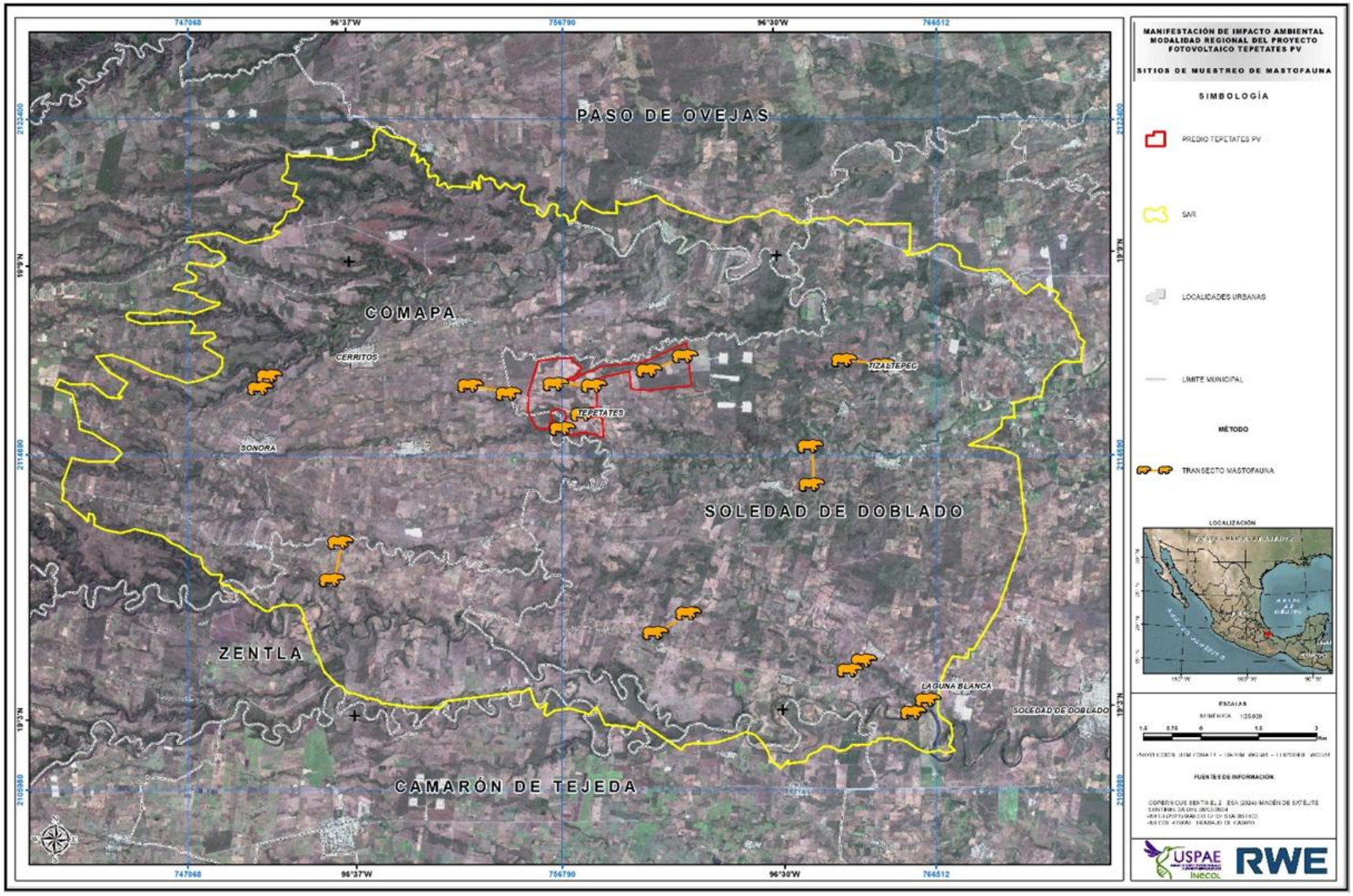


Figura 119. Ubicación de los transectos para registros de mastofauna no voladora presente en el AP y SAR del Proyecto Eólico Tepetates.

- ***Foto trampeo***

Se utilizaron cámaras trampa para la detección de mamíferos de talla mediana y grande. Esta técnica permite el registro fotográfico de especies esquivas y, al no ser invasivo, permite la estimación de tamaños poblacionales, así como densidad y otros parámetros ecológicos de diversas especies de mamíferos (López *et al.,* 2011). Se utilizaron dos cámaras trampa CuddeBack® modelo Attack IR, las cuales fueron colocadas en cada sitio de trabajo y estuvieron operando un día completo por sitio. Las trampas fueron colocadas a una distancia aproximada de 300 m cada una y se ubicaron en sitios o senderos naturales donde se encontraron rastros de actividad animal (*Figura 120*).

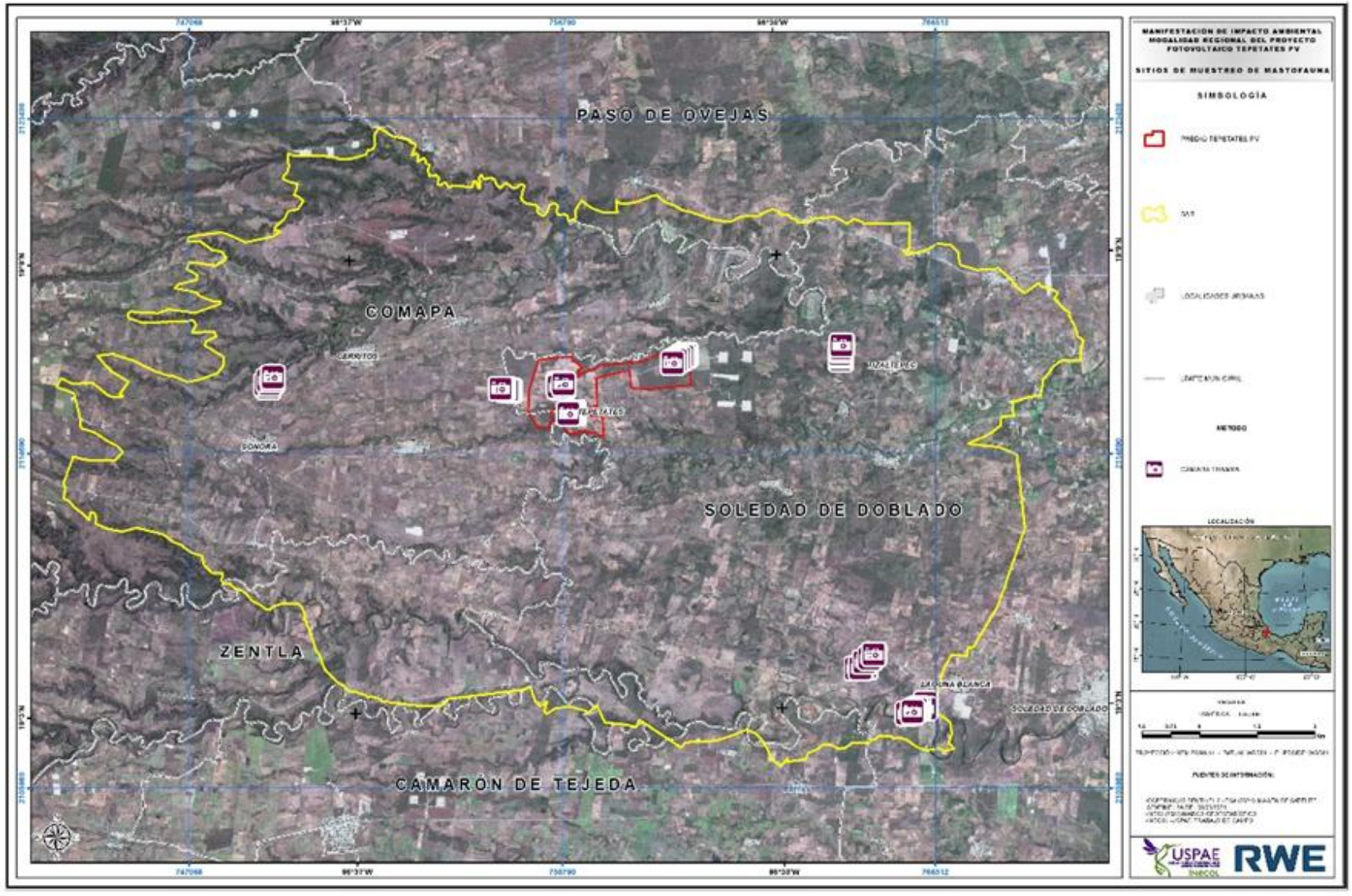


Figura 120. Ubicación de las trampas cámara en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

Las trampas fueron sujetadas a árboles a una altura de 50 cm del suelo para poder registrar diversos tamaños corporales (López *et al.*, 2011). El esfuerzo de colecta fue medido como el número de fototrampas totales por los días que estuvieron operando (*Figura 121*).



Figura 121. Colocación de Cámaras-Trampa.

- ***Trampas Sherman***

Para mamíferos pequeños se utilizó la captura mediante trampas tipo Sherman (Sánchez-Cordero, 2000; Jones *et al.*, 1996; Gallina & López-González, 2011; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). Se utilizó una línea de 20 trampas por cada sitio de trabajo. Las trampas se colocaron de manera lineal con una separación entre trampas de 10 m (*Figura 122*). Se colocaron al atardecer y se cebaron con hojuelas de avena y esencia de vainilla.

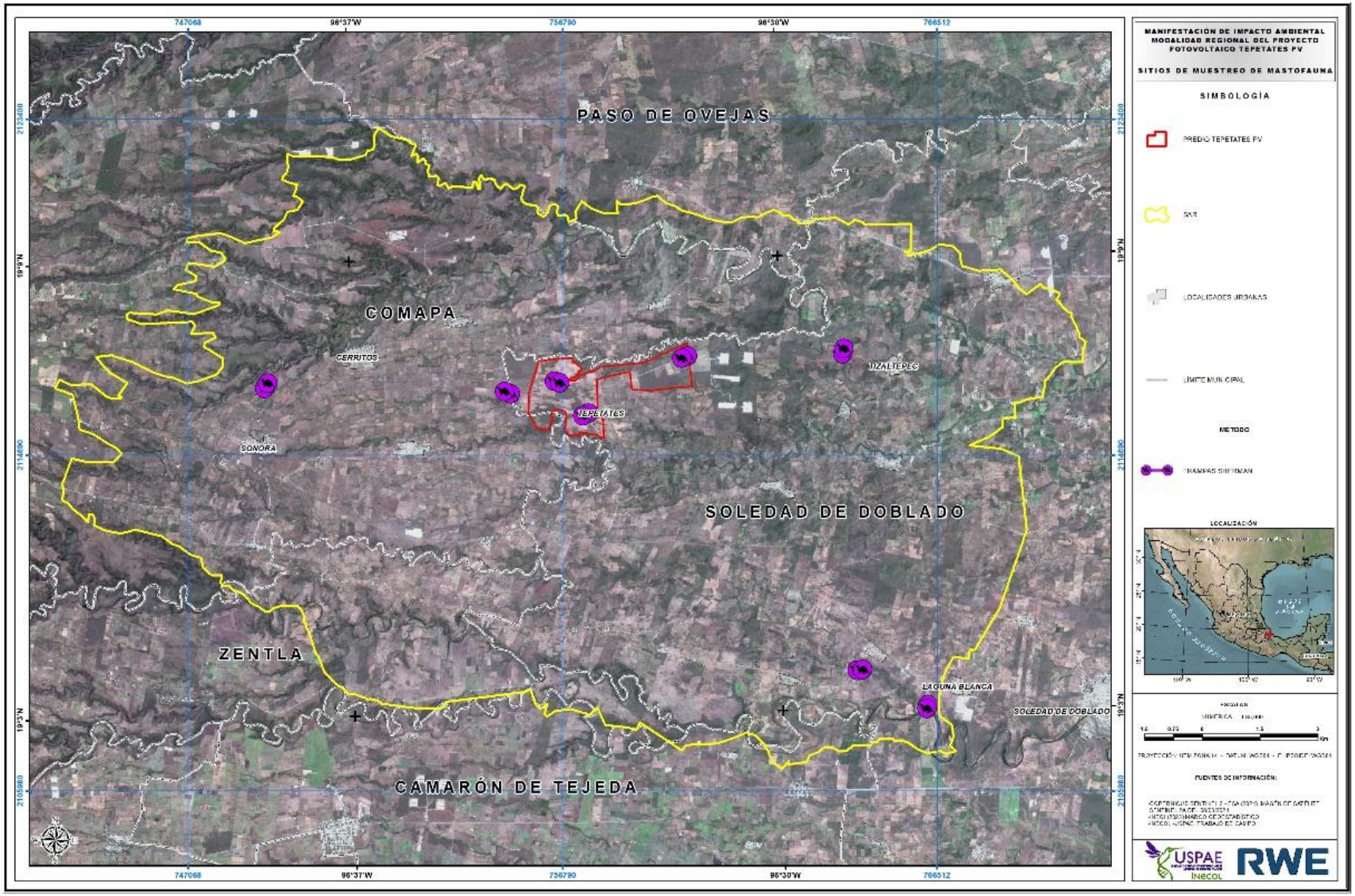


Figura 122. Se indica los sitios donde se colocaron las líneas de trampas Sherman en el AP y SAR.

La estación de trampeo se dejó operando por una noche por sitio, siendo revisadas a partir de las 07:00 am. Cada línea de trampas fue marcada con cinta de color y geoposicionada en su inicio y final. Los individuos capturados fueron determinados a nivel de especie con apoyo de literatura especializada (Reid 2011; Hall 1981; Álvarez-Castañeda *et.al.*, 2015; Ceballos y Oliva 2005). A cada individuo se le tomó las medidas morfométricas correspondientes: longitud total, longitud cola vertebral, longitud pata derecha, longitud oreja derecha. Además, los especímenes fueron sexados, pesados y se tomó nota de su estado reproductivo y edad para posteriormente ser fotografiados y liberados en el mismo sitio de captura (*Figura 123*).



Figura 123. Trampa Sherman colocada para captura de mamíferos pequeños (Roedores).

- ***Trampas Tomahawnk***

También se utilizaron como complemento de los transectos y trampas-cámara, trampas Tomahawnk para mamíferos medianos, estas trampas se colocaron con una separación entre ellas de por lo menos 200 mts, las trampas se cebaron con sardina, la cual suele ser un eficiente atrayente (*Figura 124*).

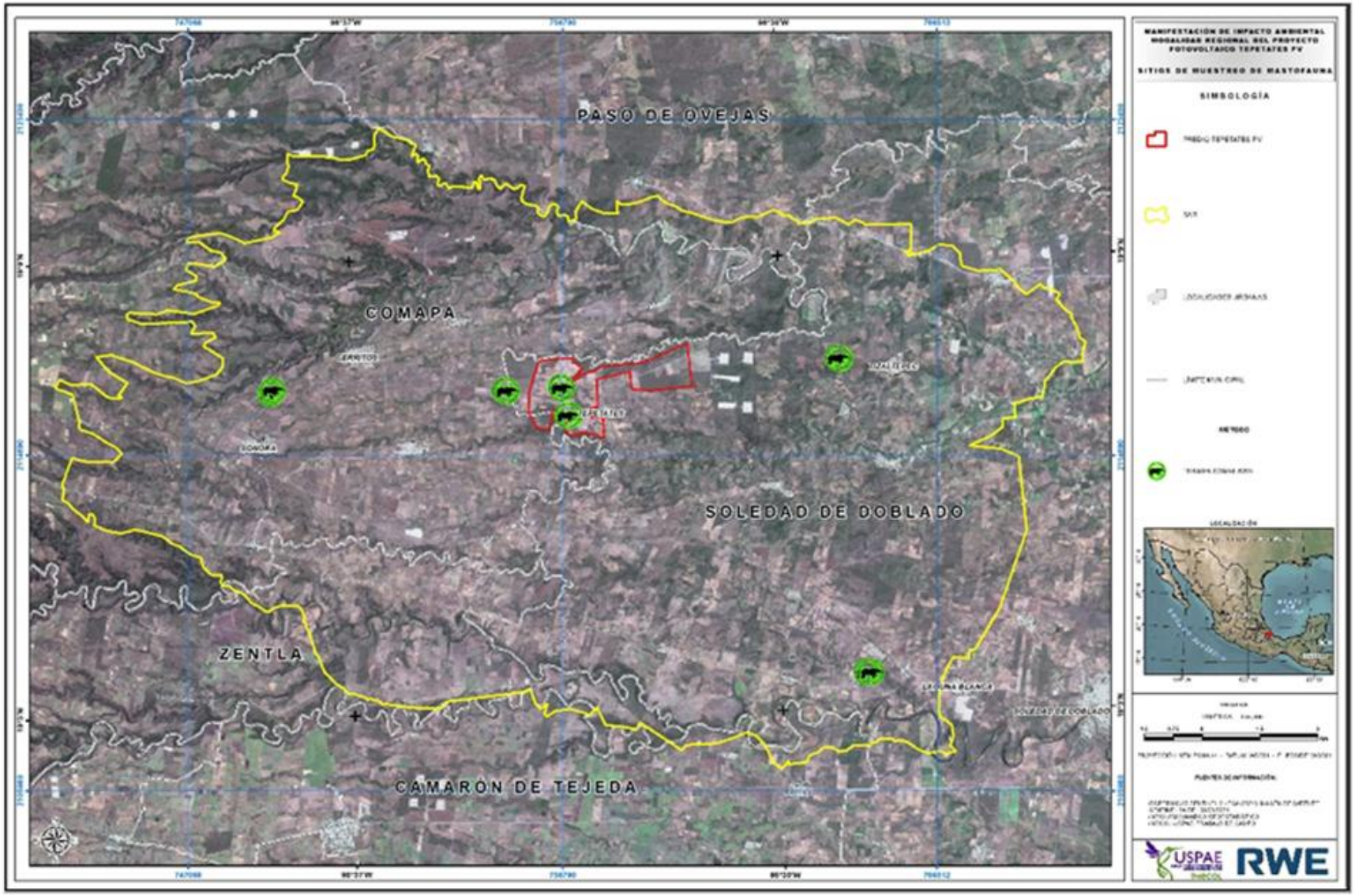


Figura 124. Ubicación de las trampas Tomahawk en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

Las trampas se colocaron en lugares resguardados de las condiciones climáticas para evitar que los animales capturados estén expuestos. Las trampas se revisaron a la mañana siguiente de averse colocado, los organismos capturados se fotografiaron, identificaron y se liberaron en el mismo sitio donde se capturaron (*Figura 125*).



Figura 125. Trampa Tomahawk colocada en el AP y SAR para captura de mamíferos medianos.

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

El análisis e interpretación de los datos recolectados permite generar un conocimiento actualizado de la diversidad de especies presentes en el área de interés. En este sentido, el estudio de los componentes alfa y beta nos da el entendimiento de la diversidad de un sitio y/o conjunto de sitios.

La diversidad alfa, se refiere a la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. Los datos sobre diversidad son proporcionados a manera de índices, ya que de esta manera se resume mucha información en un valor y permite hacer rápidas comparaciones, sujetas a validación estadística (Moreno *et al.*, 2001).

$$Ar = \frac{(Ai * 100)}{At}$$

Dónde
Ai= abundancia de una especie o grupo específico
At= abundancia total, que es el sumatorio total de las frecuencias de las especies o grupos.

- ***Curvas de acumulación***

Debido a la nula probabilidad de medir *in situ* la totalidad de la riqueza de especies presentes tanto en SAR como en AP, por la reducida ventana temporal de muestreo en relación con los cambios estacionales y/o de temporadas de migración, las curvas de acumulación de especies permiten analizar y estandarizar la estimación de la riqueza de un sitio, que están en función de la medida del esfuerzo en la colecta de los datos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Es decir, a través de ellas se puede determinar la calidad y fiabilidad del inventario.

El supuesto es que conforme avanza la colecta de información, la detección de especies provoca que la pendiente de la curva descienda y, el momento en que la pendiente alcanza la asíntota, corresponde al número total de especies que se puede encontrar en la zona estudiada.

Para realizar las curvas de acumulación se empleó el Software EstimateS Win 9.1.0. (Colwell, 2013). Las especies registradas en cada evento de muestreo fueron reordenadas aleatoriamente 100 veces para suavizar las curvas. Se consideraron los estimadores no paramétrico Chao1 y ACE por su confiabilidad, pues han sido empleados en numerosos trabajos de investigación para evaluar los inventarios biológicos en áreas determinadas (Moreno, 2001), ya que predicen el número de especies que debería existir de acuerdo con el esfuerzo realizado (Colwell y Coddington, 1994).

- ***Índice de diversidad de Shannon-Wiener***

Para medir la riqueza de especies en cada transecto se utilizó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera las abundancias relativas para estimar la diversidad. El valor de H' se ha utilizado en diferentes estudios ecológicos (Magurran, 1998) y se expresa con un número positivo que, en la mayoría de los ecosistemas naturales, varía entre 1 y 5. Aunque su valor habitual oscila entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se consideran relativamente bajos y superiores a 3 relativamente altos.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\cdot ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right)$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie

Índice de Simpson

El índice de Simpson (D) es de uso común para medir el grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la equidad (Moreno, 2001). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Los valores menores a 0.1 son de una diversidad baja, de 0.3 a 0.5 media y valores cercanos a 1 indican una alta diversidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{S} \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Dónde:
S = Número de especies registradas
N = Número total de individuos registrados de todas las especies
ni = Número de individuos de la especie i

Resultados

Especies potenciales

Como resultado de la revisión bibliográfica y de plataformas en internet, se obtuvo una lista de 40 especies de mamíferos con distribución potencial en la región donde se contempla la implementación del Parque Fotovoltaico Tepetates. Estas especies representan a 16 familias, encontrándose 10 especies en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, cuatro en la categoría de en Peligro (P), tres en la categoría Amenazadas (A) y dos en Protección especial (Pr, Anexo IV.6).

Riqueza y abundancia

Durante los muestreos correspondientes a las campañas de muestreo (secas y lluvias) se registró un total de 16 especies y un total de 67 individuos. Las especies registradas representan a seis órdenes y 11 familias. El orden Carnívora fue el mejor representado con nueve especies registradas lo que representa el 56% del total de especies, en cuanto a las familias taxonómicas registradas Mephitidae fue la que conto con mayor número de especies registradas (*Figura 126* y *Cuadro 48*).

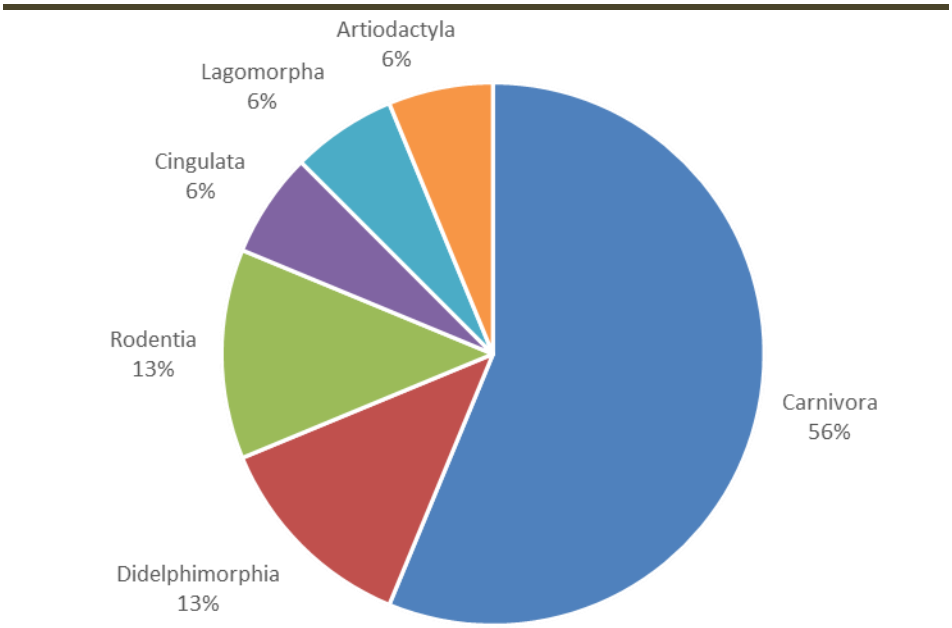


Figura 126. Órdenes y porcentaje de especies que los representan.

Cuadro 48. Lista de especies registradas durante las campañas de muestreo en el AP y SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates.

ID	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IND	NOM	IUCN	CITES	TIPO DE REG.
1	Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache Sureño	9	-	LC	-	TC, TT
2			*Didelphis virginiana*	Tlacuache Norteño	1	-	LC	-	TC
3	Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de Nueve Bandas	2	-	LC	-	Rastros
4	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo Serrano	9	-	LC	-	Obs., Rastros
5	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla Vientre Rojo	1	-	LC	-	Nido
6		Cricetidae	*Reithrodontomys fulvencens*	Ratón Cosechero Leonado	1	-	NE	-	TS
7	Carnivora	Felidae	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	2	A	LC	I	Rastros
8		Canidae	*Canis latrans*	Coyote	2	-	LC	-	Rastros, TC
9			*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra Gris	15	-	LC	-	TC, Rastros
10		Mephitidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo Listado Sureño	6	-	LC	-	Rastros
11			*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de Espalda Blanca Sureño	1	-	LC	-	TC
12			*Spilogale angustifrons*	Zorrillo Manchado Sureño	1	-	LC	-	TC
13		Mustelidae	*Lontra longicaudis*	Nutria Neotropical	2	A	NT	I	Rastros
14		Procyonidae	*Bassariscus sumichrasti*	Cacomixtle Tropical	1	Pr	LC	-	Rastros
15			*Procyon lotor*	Mapache	12	-	LC	-	Rastros
16	Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado de Cola Blanca	2	-	LC	-	Rastros
				Total	67				

Categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2021: A Amenazada, Pr Protección especial. Categorías de IUCN: LC Preocupación menor, NT Casi amenazado, NE No evaluado. CITES Apéndice I. Tipo de registro: TS Trampa Sherman, TC Trampa Cámara, TT Trampa Tomahawk, Obs Observación directa, Rastros: Huellas, Heces, Rascaderos, Restos de alimentación.

Comparando entre temporadas de muestreo observamos que no hay una diferencia marcada entre ellas, durante la temporada de secas se registraron 13 especies, mientras que en lluvias fueron 12. En cuanto a los números de individuos registrados tenemos que el mayor número se registró en el SAR durante la temporada de secas (*Cuadro 49*).

Cuadro 49. Número de individuos registrados por especie durante dos campañas de muestreo en dos zonas del Proyecto Eólico Tepetates.

ID	ESPECIES	SECAS		LLUVIAS	
		AP	SAR	AP	SAR
1	*Didelphis marsupialis*	1	6	1	1
2	*Didelphis virginiana*	0	0	1	0
3	*Dasypus novemcinctus*	1	0	1	0
4	*Sylvilagus floridanus*	1	6	1	1
5	*Sciurus aureogaster*	0	1	0	0
6	*Reithrodontomys fulvencens*	0	1	0	0
7	*Herpailurus yagouaroundi*	1	1	0	0
8	*Canis latrans*	0	1	1	0
9	*Urocyon cinereoargenteus*	6	6	1	2
10	*Mephitis macroura*	1	3	1	1
11	*Conepatus semistriatus*	0	0	0	1
12	*Spilogale angustifrons*	0	0	1	0
13	*Lontra longicaudis*	0	1	0	1
14	*Bassariscus sumichrasti*	0	1	0	0
15	*Procyon lotor*	2	6	1	3
16	*Odocoileus virginianus*	0	1	0	1
	Totales	13	34	9	11
		47		20	

Abundancia relativa

Comparando las abundancias relativas de las especies entre el AP y SAR del proyecto Fotovoltaico, encontramos que para el Área de proyecto (AP) las especies con índices de abundancia relativa más altos fueron *Urocyon cinereosrgenteus* (31.8) seguido de *Procyon lotor* (13.6). Para el caso del SAR tenemos que la especie con mayor valor de abundancia relativa nuevamente es *U. cinereoargenteus* (17.7) seguido de *Sylvilagus floridanus* (15.5 *Cuadro 50*).

Cuadro 50. Índices de abundancia de las especies registradas en AP y SAR.

ID	ESPECIES	AP		SAR	
		FR	AR %	FR	AR %
1	*Didelphis marsupialis*	2	9.09	7	15.5
2	*Didelphis virginiana*	1	4.54	0	0
3	*Dasypus novemcinctus*	2	9.09	0	0
4	*Sylvilagus floridanus*	2	9.09	7	15.5
5	*Sciurus aureogaster*	0	0	1	2.22
6	*Reithrodontomys fulvencens*	0	0	1	2.22
7	*Herpailurus yagouaroundi*	1	4.54	1	2.22
8	*Canis latrans*	1	4.54	1	2.22
9	*Urocyon cinereoargenteus*	7	31.8	8	17.7
10	*Mephitis macroura*	2	9.09	4	8.88
11	*Conepatus semistriatus*	0	0	1	2.22
12	*Spilogale angustifrons*	1	4.54	0	0
13	*Lontra longicaudis*	0	0	2	4.44
14	*Bassariscus sumichrasti*	0	0	1	2.22
15	*Procyon lotor*	3	13.6	9	20
16	*Odocoileus virginianus*	0	0	2	4.44

Realizando la comparación entre unidades ambientales se encontró que para las zonas de uso agropecuario encontramos que *Didelphis marsupialis*, *S, floridanus*, *U. cinereoargenteus* y *P. lotor* fueron las más abundantes con valores similares (14.7). Para las zonas de vegetación secundaria de selva baja caducifolia la especie con el mayor índice de abundancia fue nuevamente *U. cinereoargenteus* (32) seguida de *Procyon lotor* (24, *Cuadro 51*).

Cuadro 51. Índices de abundancia de las especies registradas por unidad ambiental.

ID	ESPECIES	AGROPECUARIO		VSSBC	
		FR	AR %	FR	AR %
1	*Didelphis marsupialis*	5	14.7	2	8
2	*Didelphis virginiana*	0	0	1	4
3	*Dasypus novemcinctus*	2	5.88	0	0
4	*Sylvilagus floridanus*	5	14.7	2	8
5	*Sciurus aureogaster*	0	0	1	4
6	*Reithrodontomys fulvencens*	1	2.94	0	0
7	*Herpailurus yagouaroundi*	0	0	1	4
8	*Canis latrans*	3	8.82	0	0
9	*Urocyon cinereoargenteus*	5	14.7	8	32

ID	ESPECIES	AGROPECUARIO		VSSBC	
		FR	AR %	FR	AR %
10	*Mephitis macroura*	3	8.82	1	4
11	*Conepatus semistriatus*	0	0	1	4
12	*Spilogale angustifrons*	0	0	1	4
13	*Lontra longicaudis*	2	5.88	0	0
14	*Bassariscus sumichrasti*	1	2.94	1	4
15	*Procyon lotor*	5	14.7	6	24
16	*Odocoileus virginianus*	2	5.88	0	0

Especies protegidas

De las 16 especies registradas, tres se encuentran la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos en la categoría de Amenazada (A) y una bajo Protección especial (Pr). Las especies Amenazadas son *Herpailurus yagouaroundi* y *Lontra longicaudis*; *Bassariscus sumichrasti* se encuentra en la categoría de Protección especial. En la figura se muestran las ubicaciones donde se registraron especies bajo protección de NOM-059 (*Figura 127*). En cuanto a las categorías de IUCN, la mayoría se clasifican como especies de preocupación menor (LC) y *Lontra longicaudis* se encuentra en la categoría de casi amenazado. Solo *L. longicaudis* y *H. yagouaroundi* se encuentran en el apéndice I de CITES.

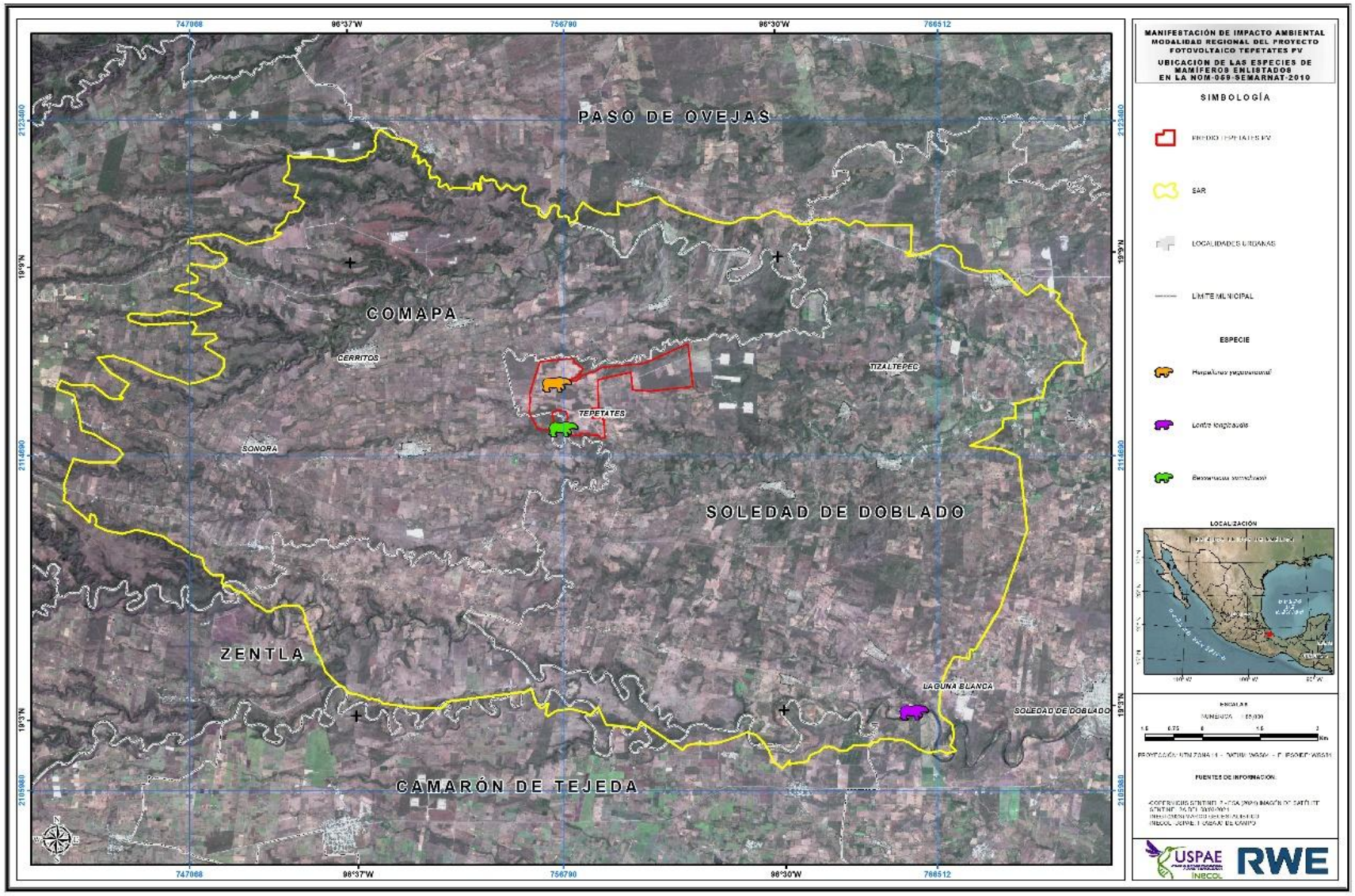


Figura 127. Ubicación de las especies NOM registradas durante los periodos de muestreo.

Especies endémicas

Ninguna de las especies registradas durante las campañas de muestreo es endémica.

Curva de acumulación de especies

Para obtener la eficiencia de la colecta de información, se construyó una curva de acumulación de especies (Colwell, 2013), la cual muestra las especies observadas y, los valores de los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, los cuales se basan en datos de abundancias e incidencias, respectivamente (Moreno, 2001). Los indicadores Chao 1 y ACE por encima del total de especies observadas, nos indican que aún es considerable el número de especies que faltan por registrar (*Figura 128*).

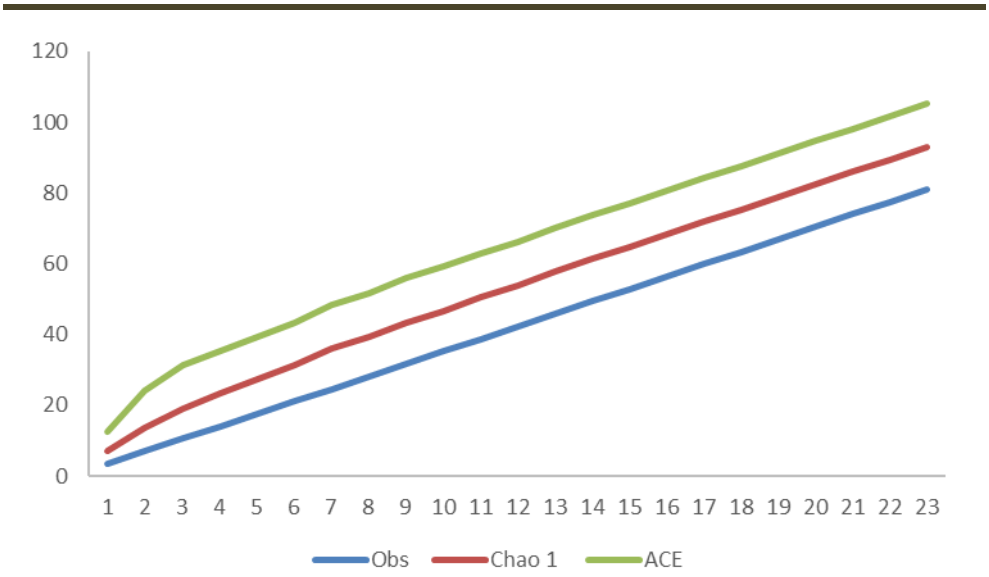


Figura 128. Grafica de acumulación de especies registradas durante la temporada de secas y la de lluvias en la zona del Proyecto Fotovoltaico Tepetates

- ***Diversidad alfa***

En cuanto a riqueza de especies el SAR y AP son muy similares, En SAR se registraron 13 especies mientras que en el AP 10 especies, sin embargo, en cuanto a registros obtenidos se observa diferencia siendo en SAR donde se obtuvo el mayor número de registros. El Sistema Ambiental Regional (SAR) presenta un índice de Shannon de 2.1 mientras que el del AP es de 1.9. La diversidad alfa, se muestra ligeramente mayor en AP con respecto al SAR (*Cuadro 52*).

Cuadro 52. Índice de la diversidad de mamíferos registrada durante los muestreos realizados en el SAR y AP del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
AP	10	22	192	6.29

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
SAR	13	45	2.1	6.04

Con respecto a las Unidades Ambientales, el Agropecuario se observan similares en cuanto a riqueza de especies registró mayor riqueza con respecto al de VSSBC. Los índices de Shannon resultaron muy similares, sin embargo, los índices de Shannon y de diversidad alfa si muestran diferencias (*Cuadro 53*).

Cuadro 53. Índice de la diversidad de mamíferos registrada durante los muestreos en las Unidades Ambientales del Proyecto Fotovoltaico Tepetates. Secas y lluvias 2024.

UNIDAD AMBIENTAL	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD ALFA
Agropecuario	11	34	2.16	5.4
VSSBC	11	25	1.88	6.73

Importancia ecológica y/o económica

Los mamíferos juegan un papel importante en los ecosistemas, ya sea como el tope de la cadena alimenticia, como dispersores de semillas o como controles de algunas plagas que pueden afectar a los cultivos. Algunas especies pueden considerarse como indicadoras de buena salud de los ecosistemas. En este caso particular las especies registradas pertenecen a diversos gremios alimenticios, por lo que juegan un importante papel a diversos niveles.

IV.3.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

IV.3.3.1 CONTEXTO REGIONAL

El estado de Veracruz es un estado caracterizado por la abundancia de recursos naturales que aprovechados ampliamente a lo largo de su historia. Gracias a su ubicación estratégica, como puerta al Golfo de México, se han desarrollado actividades productivas como la pesquería, la ganadería, el cultivo de café y caña de azúcar y el desarrollo de actividades en el sector de producción y refinación de hidrocarburos, entre otras. Lo anterior ha permitido que hoy la sociedad veracruzana cuente con cinco zonas metropolitanas que concentran gran parte de la población urbana, dos de ellas con infraestructura portuaria de gran envergadura, lo que le confiere una gran capacidad para integrar al país en el mercado mundial.

La extensión y ubicación que el estado de Veracruz posee dentro del territorio nacional le da una importancia significativa a la Entidad en ámbitos como el social, económico y cultural, por nombrar algunos; la importancia del Estado genera la necesidad de un control adecuado de los recursos destinados al crecimiento económico y desarrollo social de su población (GOB, 2019).

La economía de Veracruz es una de las más importantes de México, además de poseer importantes recursos petroquímicos y es un punto estratégico para el comercio marítimo debido a su extensa costa y la presencia de varios puertos importantes, ya que cuenta con 3 puertos marítimos comerciales y 5 puertos marítimos de cabotaje.

En cuanto a industria destaca la azucarera, metálica básica, fábricas de papel, textil, cerveceras, de fertilizantes, maquinaria, cemento, entre otras y cuenta con la única planta nucleoeléctrica de Laguna Verde en el municipio de Alto Lucero.

IV.3.3.2 METODOLOGÍA

Para la descripción y análisis de los factores del medio socioeconómico se realizó una búsqueda de los indicadores de población (demografía), tasa de crecimiento poblacional, marginación, seguridad social, educación, vivienda, pobreza, economía, empleo, ingresos, migración, PEA, tradiciones, arqueología. Esta información es obtenida de los censos de población y vivienda, encuesta intercensal de INEGI, CONAPO, INAH, cuadernillos estadísticos municipales, planes de desarrollo municipales.

IV.3.3.3 RESULTADOS

Aspectos sociales

Demografía

Los datos demográficos se obtuvieron del Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI en 2020. De acuerdo con los principales resultados (ITER, 2020) y CONAPO, el SAR del proyecto se ubica dentro de los municipios de Camarón de Tejeda, Comapa, Paso de Ovejas, Soledad de Doblado y Zentla en el Estado de Veracruz (*Cuadro 54* y *Figura 129*).

Cuadro 54. Municipios dentro del SAR.

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN MASCULINA	POBLACIÓN FEMENINA
Camarón de Tejeda	6,538	3,195	3,343
Comapa	19,876	9,975	9,901
Paso de Ovejas	33,442	16,531	16,911
Soledad de Doblado	28,130	13,872	14,258
Zentla	12,581	6,288	6,293
Total	100,567	49,861	50,706
Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.			

De los 5 municipios mencionados en el *Cuadro 54* ubicados dentro del SAR, 3 de ellos presentan datos relevantes para el análisis de factores socioeconómicos (Comapa, Soledad de Doblado y Zentla), de dichos municipios se localizan 60 localidades, distribuidas dentro de la superficie del SAR, teniendo una población total residente para el año 2020 de 10,492 personas (*Cuadro 55*).

Cuadro 55. Localidades habitadas dentro del SAR.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN FEMENINA	POBLACIÓN MASCULINA
Comapa	Paso Carretas	124	62	62
	Casa Blanca	49	24	25
	Cerritos	**1,432**	697	735
	El Ciruelo	18	7	11
	Corral de Piedra (Corralillo)	307	148	159
	Cueva Santa	27	14	13
	Chatillal	24	14	10
	La Esperanza	7	3	4
	El Limón	351	176	175
	Loma China	25	12	13
	San Francisco Nacaxtle	**1,142**	541	601
	La Piedra	40	18	22

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN FEMENINA	POBLACIÓN MASCULINA
	San Cristóbal	273	133	140
	Sonora	**1470**	710	760
	Lagunilla	45	21	24
	La Luz	179	96	83
	La Cañada	12	6	6
	Vista Hermosa	371	177	194
	Paso Limón	66	35	31
	Paso La Unión	42	21	21
	El Barejonal (Pachital)	8	3	5
	El Olvido	15	6	9
	El Retiro	10	*	*
	Los Conrrados	11	4	7
Soledad de Doblado	La Angostura	6	2	4
	Barranca de Palma	150	74	76
	Buenavista	134	68	66
	Emilio Carranza	138	73	65
	Huihuixtla	157	78	79
	El Izote	193	90	103
	La Jacaranda	14	5	9
	Mata Cazuela	**763**	368	395
	Huentitlán	2	*	*
	Mata del Gallo	36	16	20
	Mirador de Santa Rosa	325	159	166
	La Oriental	202	97	105
	Paso Achote	4	*	*
	Paso Don Roque	76	39	37
	Paso Lagarto	464	225	239
	Rancho Nuevo	3	*	*
	Santa Cruz	315	150	165
	Santa Rita	55	24	31
	Santa Rosa	138	63	75
	Tepetates	365	176	189
	Tizaltepec	290	150	140
	Mata Bejuco	3	*	*
	El Moreno	23	13	10
	La Campera (Los Pozos)	13	7	6

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN FEMENINA	POBLACIÓN MASCULINA
	El Volcán	85	44	41
	Paso Real	17	9	8
	San Pastor	9	*	*
	El Vergel	11	5	6
Zentla	Mata Coyote	119	55	64
	Contadero	89	47	42
	Rincón Patiño	58	27	31
	El Consuelo	83	37	46
	San Jorge	31	15	16
	Rincón Cazuela	2	*	*
	San Miguel	20	10	10
	Loma Sola	51	23	28
Total	60 localidades	10,492	5,077	5,382

De las 60 localidades ubicadas dentro del SAR, 5 de ellas presentan una cercanía al área del proyecto (AP), ubicándose dentro de un radio de 2 km respecto con el AP, aculando una población total de 814 habitantes (*Cuadro 56* y *Figura 130*).

Cuadro 56. Localidades cercanas al área del proyecto.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL
Soledad de Doblado	Tepetates	365
	Santa Rita	55
Comapa	Los Conrrados	11
	Vista Hermosa	371
	La Cañada	12
	Total	814

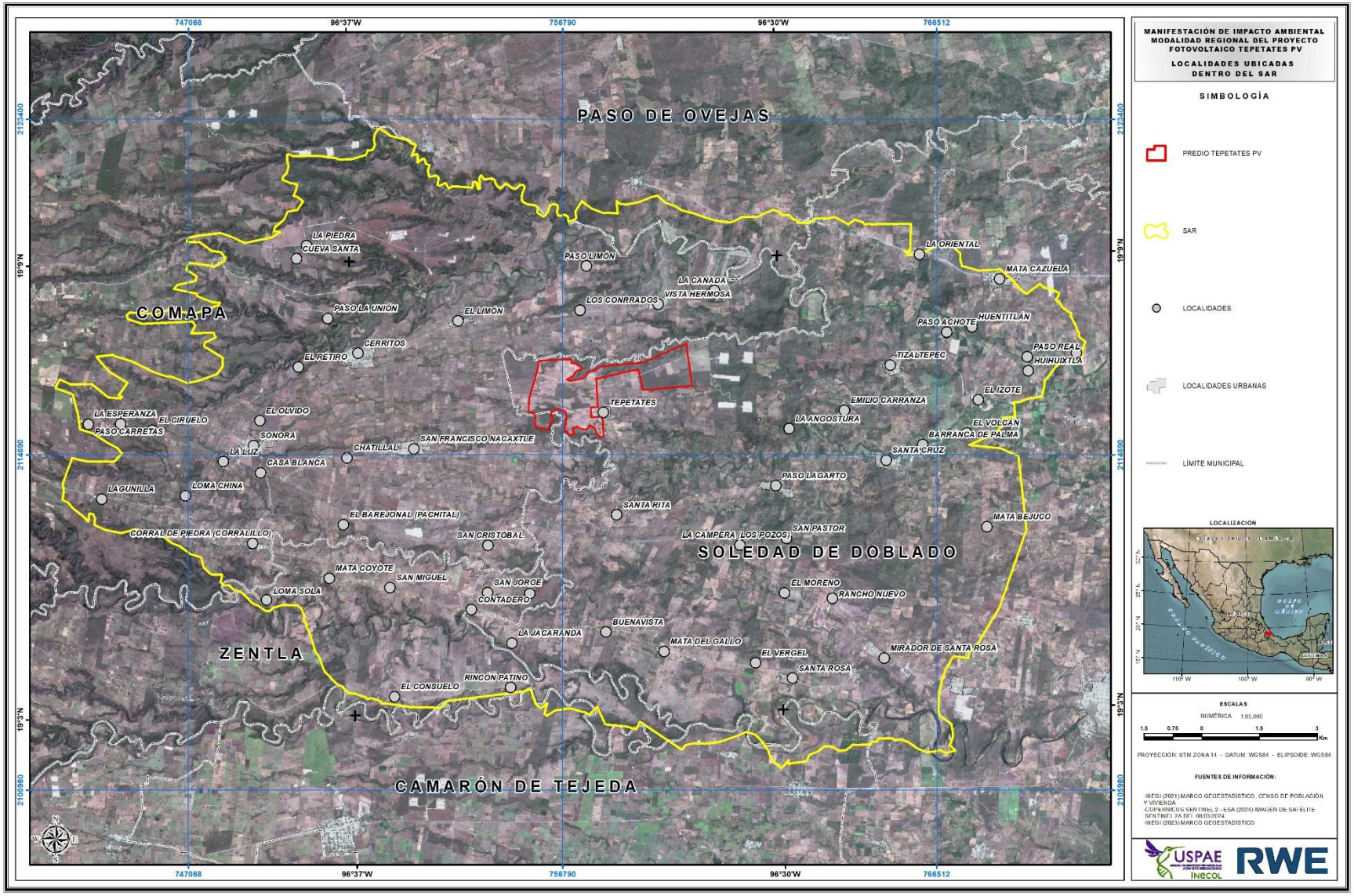


Figura 129. Localidades ubicadas dentro del Sistema Regional Ambiental del proyecto.

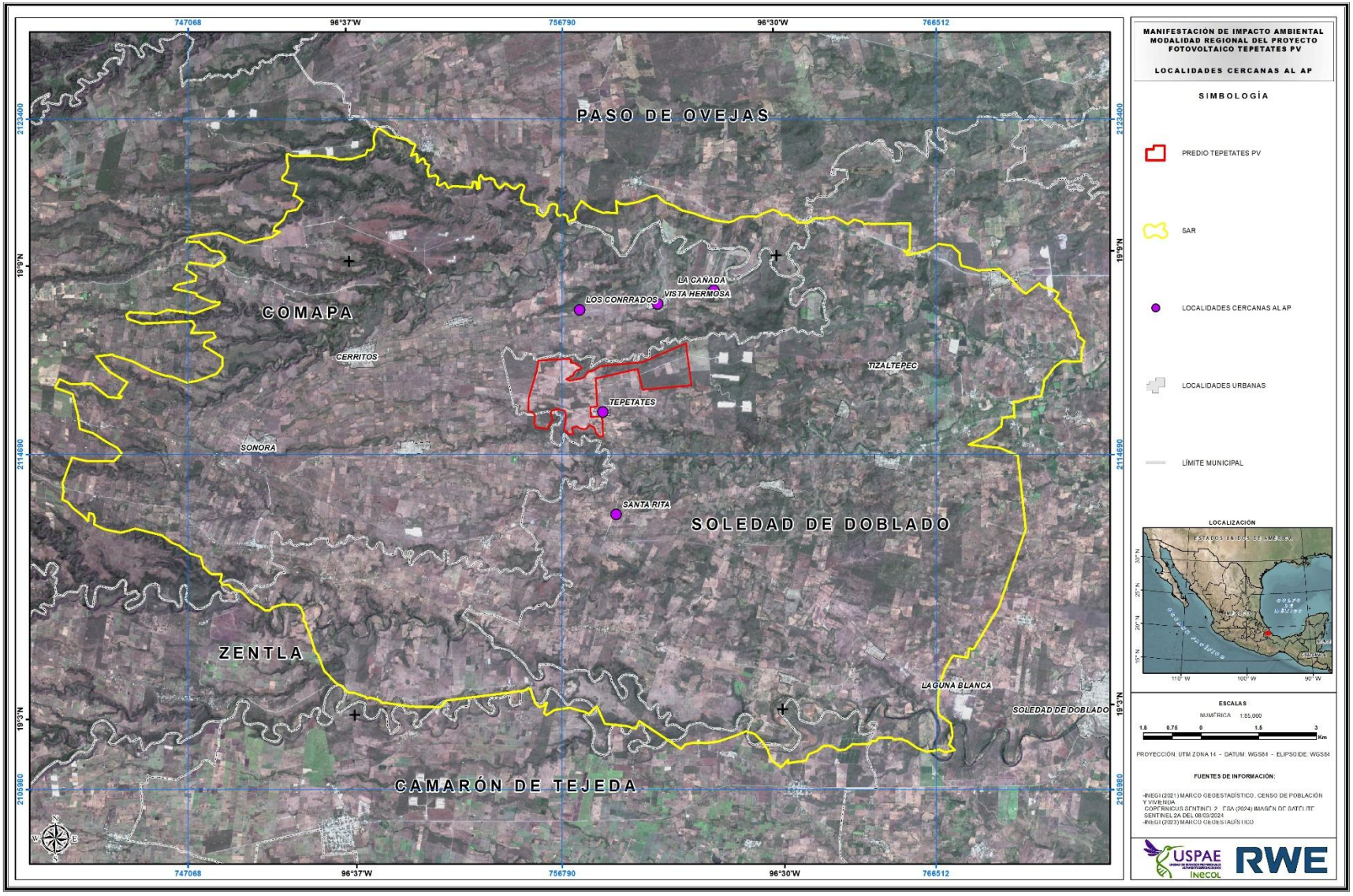


Figura 130. Localidades cercanas al área del proyecto.

El Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2024), estima una población en el área de estudio para el año 2040 de 58,095 habitantes en los 3 municipios. Los tres municipios presentan tasas de crecimiento poblacional negativas, lo cual indica el bajo crecimiento que se proyecta para los municipios, esto podría indicar migración en los municipios o bajas tasas de natalidad (*Figura 131* y *Figura 132*).

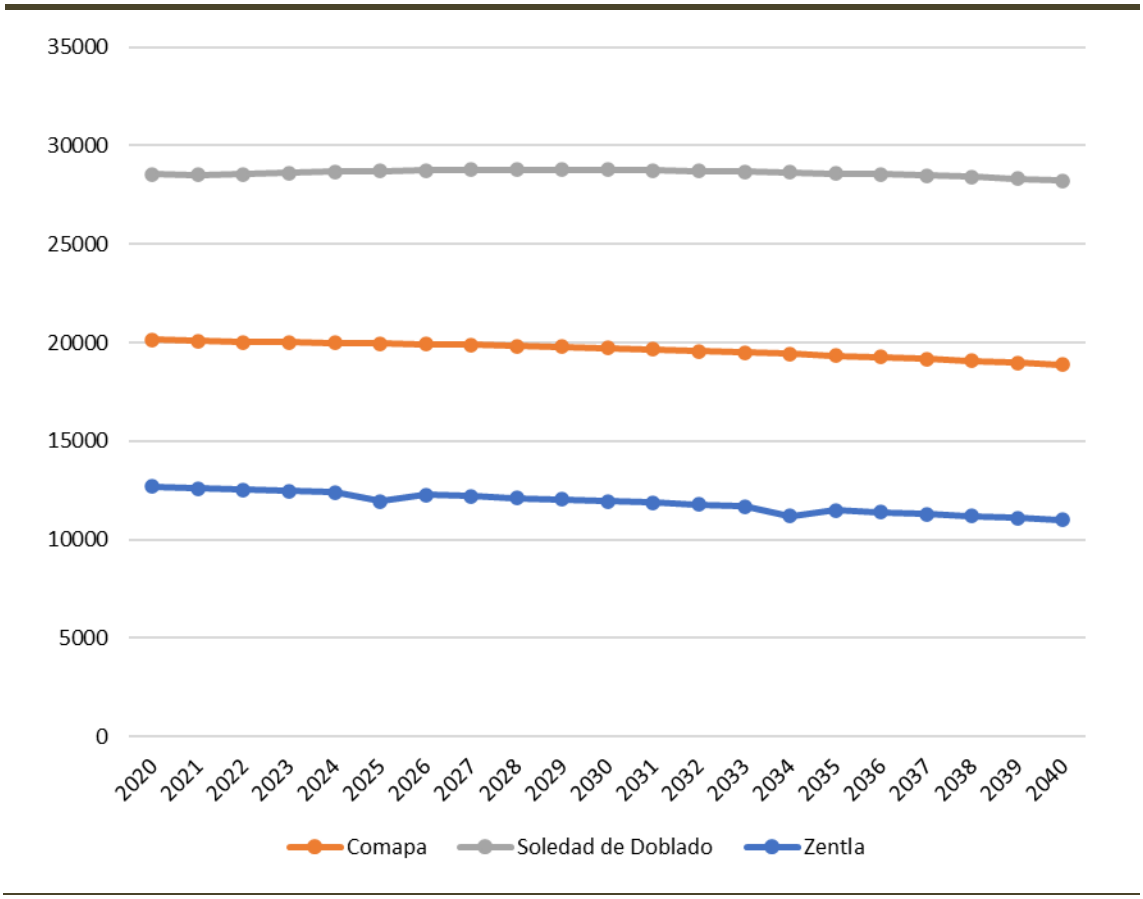
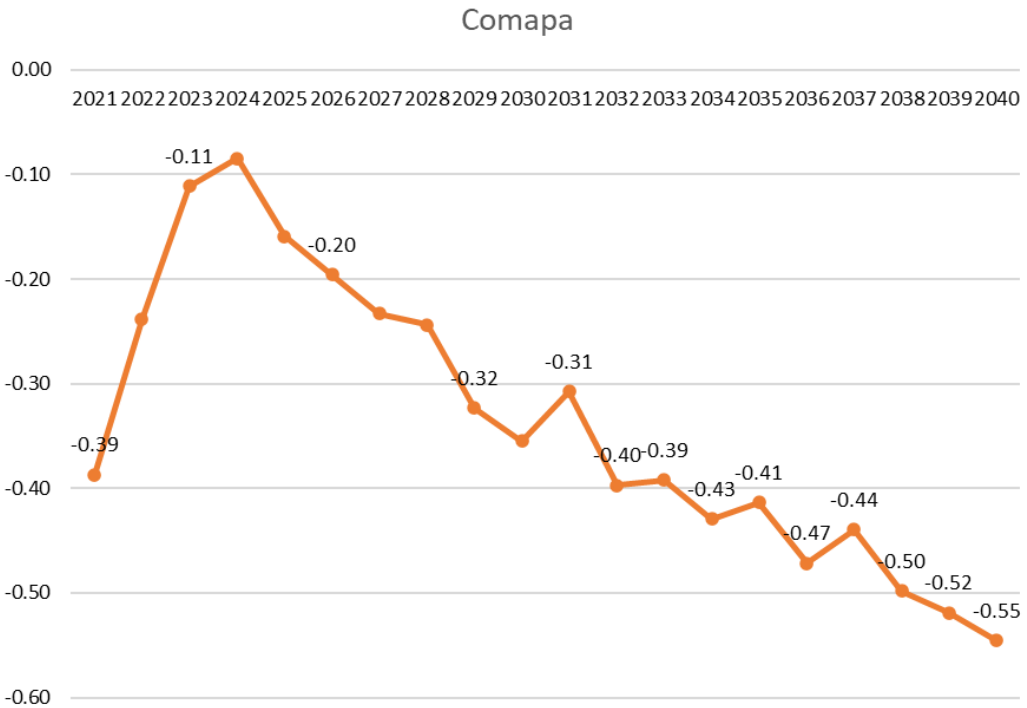
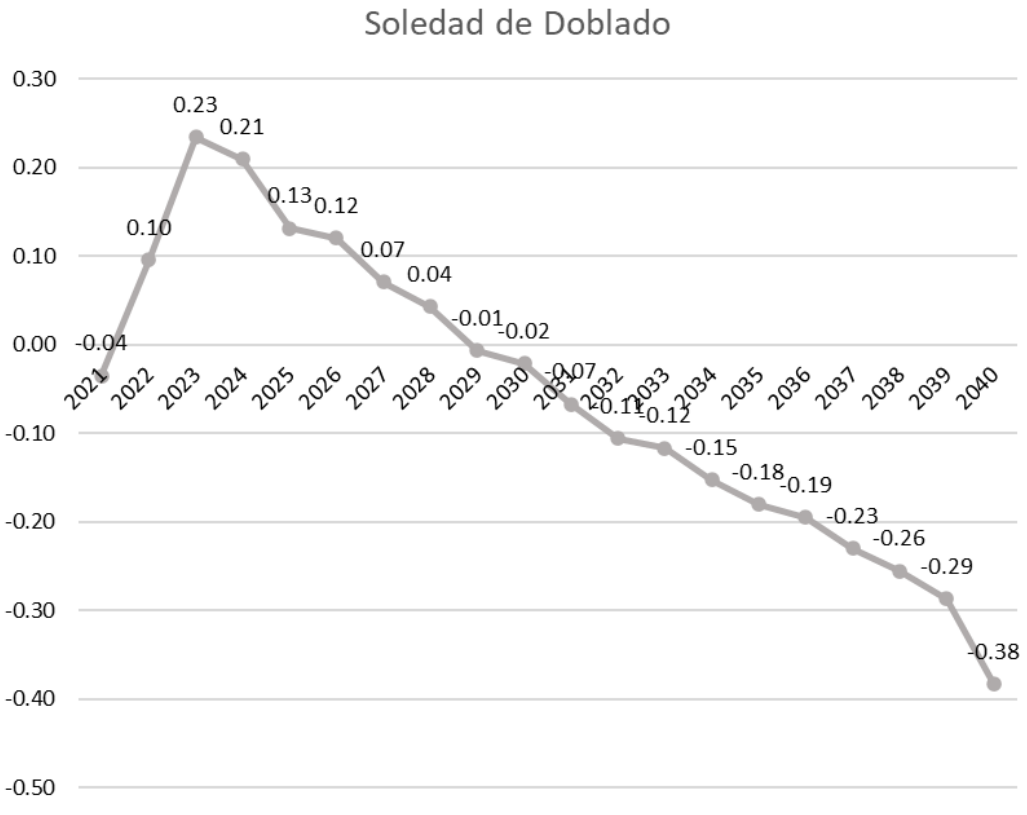


Figura 131. Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2016-2030 de los municipios del área del SAR. Fuente: CONAPO, 2010.


Comapa
0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
-0.60
2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040
-0.39
-0.11
-0.20
-0.32
-0.31
-0.40
-0.39
-0.43
-0.41
-0.44
-0.47
-0.50
-0.52
-0.55


Soledad de Doblado
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040
-0.04
0.10
0.23
0.21
0.13
0.12
0.07
0.04
-0.01
-0.02
-0.07
-0.11
-0.12
-0.15
-0.18
-0.19
-0.23
-0.26
-0.29
-0.38

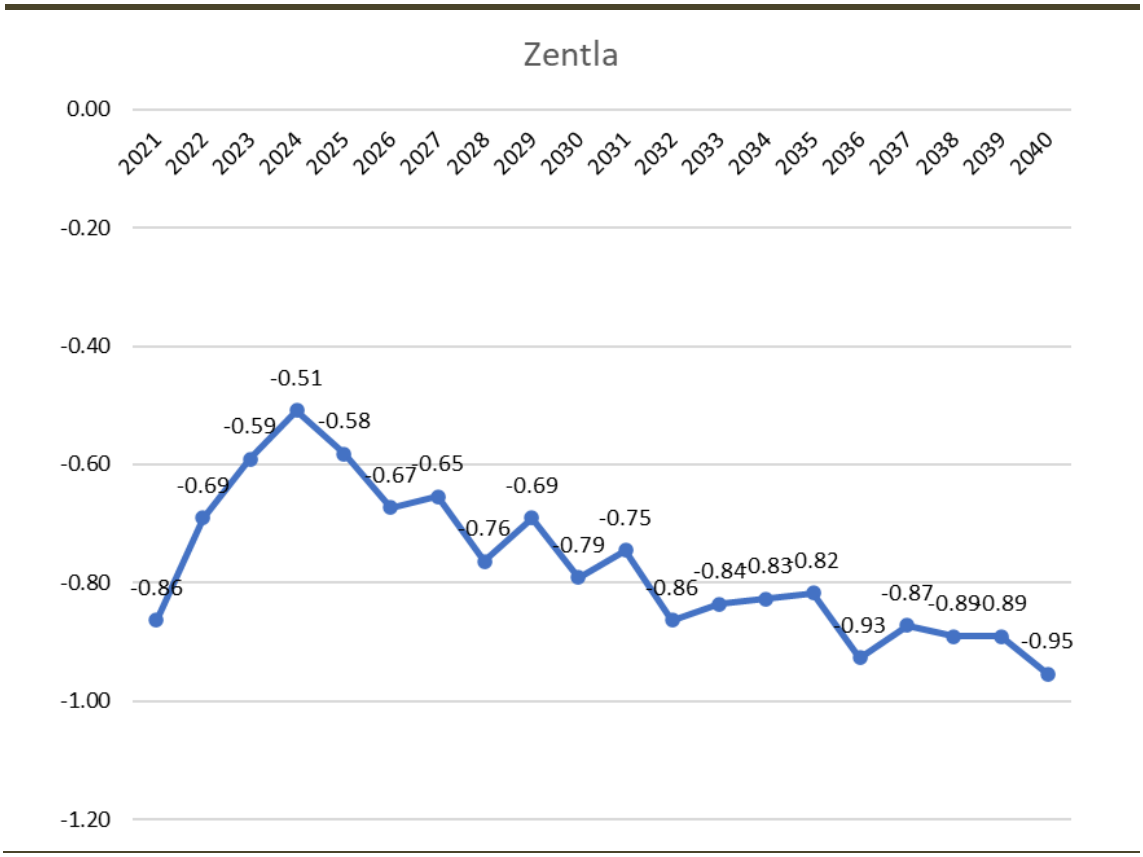


Figura 132. Tasa de crecimiento (2020-2040) poblacional en los municipios del área del SAR. Fuente: CONAPO, 2024.

La dinámica demográfica en los municipios en 2020 muestra que los hombres representaron 49.36% del total poblacional y las mujeres el 50.64%, la relación hombre-mujer es relativamente normal en comparación con los datos estatales y nacionales, lo que nos permite observar que la población en los municipios es prácticamente es similar (*Figura 133*).

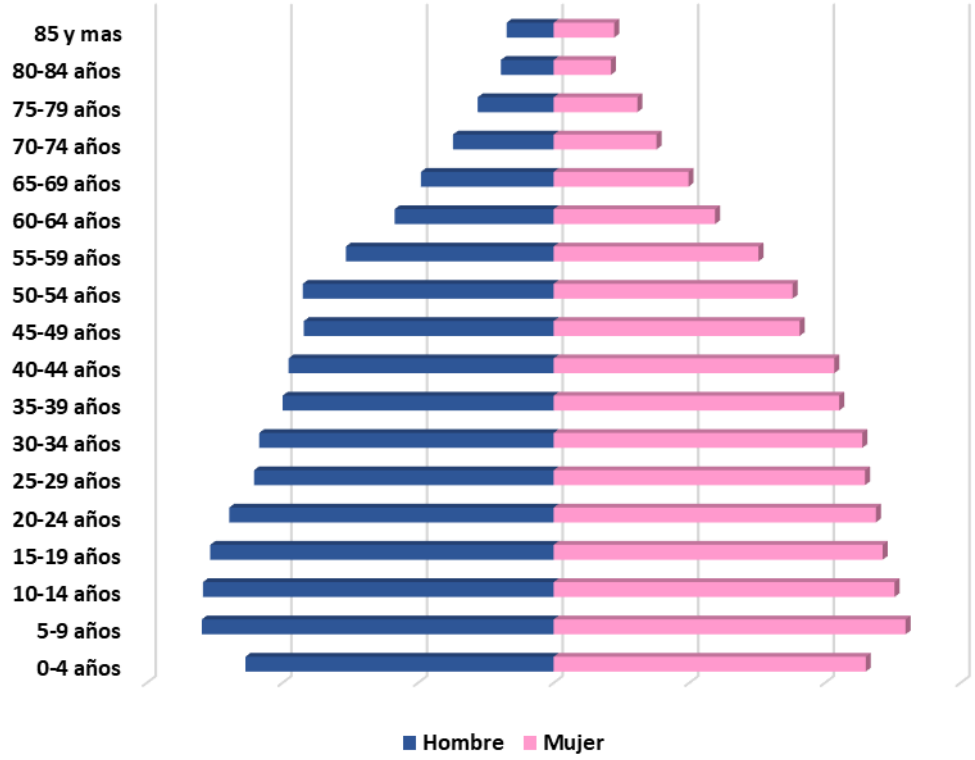


Figura 133. Pirámide de poblacional.

El mayor número de población para los tres municipios se concentra en los rangos de 0 a 29 años con un porcentaje de promedio de 46.56%, por lo que, para los municipios, su población se considera joven.

La densidad poblacional, en el estado de Veracruz es de 112 personas por kilómetro cuadrado, dato promedio por arriba del promedio nacional (64 hab/km^2) para el año 2020. La densidad de población registrada en el municipio de Comapa es de 60.2 hab/km^2, para el municipio de Soledad de Doblado es de 64.77 hab/km^2 y para el municipio de Zentla es de 70.7 hab/km^2. La densidad de población para el SAR es de 36.73 hab/km^2.

Pobreza

De acuerdo a Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) la pobreza considera las condiciones de vida de la población a partir de tres aspectos: el del bienestar económico comprende las necesidades asociadas a los bienes y servicios que puede adquirir la población mediante el ingreso; el de los derechos sociales se integra a partir de las carencias de la población en el ejercicio de sus derechos para el desarrollo social y el del contexto territorial incorpora aspectos que trascienden al ámbito individual (que pueden referirse a características geográficas,

sociales y culturales, entre otras); en específico, aquellos asociados al grado de cohesión social, así como otros considerados relevantes para el desarrollo social.

La población en situación de pobreza multidimensional es aquella cuyos ingresos sean insuficientes para adquirir los bienes y los servicios que requiere para satisfacer sus necesidades y presente carencia en al menos uno de los siguientes seis indicadores: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación.

Entre 2018 y 2022, el porcentaje de la población en situación de pobreza multidimensional a nivel nacional pasó de 41.9% a 36.3%, en otras palabras, en 2022, 36 de cada 100 personas en México presentaban al menos una privación en sus derechos sociales y tenían un ingreso mensual por persona insuficiente para adquirir una canasta alimentaria, así como bienes y servicios necesarios.

El porcentaje de la población en situación de pobreza extrema permaneció en niveles similares entre 2018 y 2022: 7.0% en 2018 y 7.1% en 2022. Lo anterior indica que, el número de personas en pobreza extrema pasó de 8.7 a 9.1 millones de personas entre 2018 y 2022.

De acuerdo con el Coneval, el porcentaje de la población en situación de pobreza en el esto de Veracruz es de 60.8%. Dentro de los municipios existentes en el SAR, los municipios presentan porcentajes de población en situación de pobreza altos, el municipio de Coroneo presenta el 88.3% de población en situación de pobreza y el 28% en pobreza extrema, el municipio de Soledad de Doblado presenta el 67.7% de población en situación de pobreza y el 17.5% en pobreza extrema y el municipio de Zentla presenta el 63.6% de población en situación de pobreza y el 14.5 en pobreza extrema, lo que infiere que los municipios tienen ingresos insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias (*Cuadro 57*).

Cuadro 57. Pobreza de los municipios en el área de estudio.

MUNICIPIO	POBREZA (%)	POBREZA EXTREMA (%)	POBREZA MODERADA (%)
Comapa	88.3	28.0	60.4
Soledad de Doblado	67.7	17.5	50.2
Zentla	63.6	14.5	49.1
Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010, la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010, el Modelo Estadístico 2015 para la continuidad del MCS-ENIGH, la Encuesta Intercensal 2015, el Modelo Estadístico 2020 para la continuidad del MCS-ENIGH y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2020.			

La mayor vulnerabilidad por carencia presentado en los municipios es por carencia social (Aquella población que presenta una o más carencias sociales, pero cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar), el municipio de Zentla presenta el mayor porcentaje con el 31.8%, seguido del municipio de Soledad de Doblado con el 22.3% y Comapa con el 10.7%, es importante analizar que el mayor

porcentaje de población se encuentra dentro de las carencias sociales, lo que indica que la población tiene una o más carencias sociales (*Cuadro 58*).

Cuadro 58. Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje, número de personas y carencias promedio en los indicadores de pobreza, por municipio.

MUNICIPIO	VULNERABILIDAD POR CARENCIA SOCIAL		VULNERABLES POR INGRESO		NO POBRES Y NO VULNERABLES	
	%	PERSONAS	%	PERSONAS	%	PERSONAS
Comapa	10.7	2,593	0.6	138	0.4	86
Soledad de Doblado	22.3	6,971	4.0	1,264	6.0	1,864
Zentla	31.8	4,641	2.1	304	2.5	370
Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010, la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010, el Modelo Estadístico 2015 para la continuidad del MCS-ENIGH, la Encuesta Intercensal 2015, el Modelo Estadístico 2020 para la continuidad del MCS-ENIGH y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2020.						

Uno de los espacios para la medición multidimensional de la pobreza es el de los derechos sociales. Este componente se refiere a los derechos fundamentales de las personas en materia de desarrollo social, el cual se mide mediante seis indicadores: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, acceso a los servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación (CONEVAL, 2020).

La principal carencia que se presentan en los municipios es por acceso a la seguridad social (Comapa 89.9%, Soledad de Doblado 72.3% y Zentla 82.8%), seguido por el acceso a por acceso a los servicios básicos en la vivienda con el 46.5% (Coroneo), 47.8 (Soledad de Doblado) y 47.1 (Zentla). En cuanto a la carencia por acceso a los servicios de salud, los municipios también presentan índices altos (*Cuadro 59*), el no tener acceso a los servicios de protección social y acceso a la salud, vulnera la capacidad de los individuos para enfrentar contingencias pudiendo contribuir a la disminución de su nivel de vida y el de sus familias. El rezago educativo para el municipio de Comapa es del 46.3%, Soledad de Doblado con el 35.5% y Zentla es del 35.7%, esto indica que dentro de la población cumple con uno o más de los siguientes criterios (CONEVAL, 2021) (*Cuadro 59*).

- Tiene de 3 a 21años, no cuenta con la educación obligatoria y no asiste a un centro de educación formal.
- Tiene 22 años o más, nació a partir del año 1998 y no ha terminado la educación obligatoria (media superior).
- Tiene 16 años o más, nació antes de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatorio vigente en el momento en que debía haberlo cursado (primaria completa).
- Tiene 16 años o más, nació entre 1982 y 1997 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria vigente en el momento en que debía haberla cursado (secundaria completa).

Cuadro 59. Medición de la pobreza en el municipio del área de estudio. Porcentaje de población según carencia social en los municipios.

MUNICIPIO	REZAGO EDUCATIVO	CARENCIA POR ACCESO A LOS SERVICIOS DE SALUD	CARENCIA POR ACCESO A LA SEGURIDAD SOCIAL	CARENCIA POR CALIDAD Y ESPACIOS DE LA VIVIENDA	CARENCIA POR ACCESO A LOS SERVICIOS BÁSICOS EN LA VIVIENDA	CARENCIA POR ACCESO A LA ALIMENTACIÓN
Comapa	46.3	30.9	89.9	10.4	46.5	26.3
Soledad de Doblado	35.5	41.1	72.3	11.6	47.8	26.6
Zentla	35.7	49.0	82.8	7.2	47.1	13.0
Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010, la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010, el Modelo Estadístico 2015 para la continuidad del MCS-ENIGH, la Encuesta Intercensal 2015, el Modelo Estadístico 2020 para la continuidad del MCS-ENIGH y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2020.						

Marginación

La marginación es un fenómeno estructural que se entiende como la exclusión de grupos sociales al proceso de desarrollo y sus beneficios. De acuerdo con la CONAPO la marginación está asociada a cuatro dimensiones fundamentales: el acceso a servicios públicos, las condiciones de la vivienda, los ingresos laborales y la educación (CONAPO, 2010).

En 2020 el estado de Veracruz presentó un grado de marginación "Alto", a nivel nacional ocupa el cuarto lugar (CONAPO, 2020).

La importancia de considerar el índice de marginación radica en que las poblaciones con un alto nivel de marginación son más susceptibles a recibir los impactos negativos de un proyecto, el grado de marginación es alto para el municipio de Comapa, medio para el municipio de Zentla y bajo para Soledad de Doblado (*Cuadro 60*); por lo que se infiere que los municipios de Comapa y Zentla tienen una relación insatisfactoria con las dimensiones socioeconómicas (Educación, vivienda, distribución de la población e ingresos monetarios).

Cuadro 60. Grado de marginación en municipios del área del proyecto.

MUNICIPIO	ÍNDICE DE MARGINACIÓN	GRADO DE MARGINACIÓN	ÍNDICE DE MARGINACIÓN NORMALIZADO	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO NACIONAL
Comapa	50.146	Alto	0.79	365
Soledad de Doblado	55.251	Bajo	0.87	1,454
Zentla	54.125	Medio	0.85	1 ,159
Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.				

Indicadores socioeconómicos

Vivienda

El Artículo 4° de la Constitución establece el derecho de toda familia a disponer de una vivienda digna y decorosa. De acuerdo con los criterios propuestos por la CONAVI, se considera como población en situación de carencia por servicios básicos en la vivienda a las personas que residan en viviendas que presenten, al menos, una de las siguientes características:

- El agua se obtiene de un pozo, río, lago, arroyo, pipa; o bien, el agua entubada la obtienen por acarreo de otra vivienda, o de la llave pública o hidrante.
- No cuentan con servicio de drenaje, o el desagüe tiene conexión a una tubería que va a dar a un río, lago, mar, barranca o grieta.
- No disponen de energía eléctrica
- El combustible que se usa para cocinar o calentar los alimentos es leña o carbón sin chimenea

Dentro de los municipios presentes en el SAR la condición de viviendas particulares con hacinamiento (Condición donde el número de ocupantes excede la capacidad de espacio de vivienda; el indicador: 3 personas o más viviendo en una misma habitación) es la que presenta mayor porcentaje en los municipios con el 29.78% (Coroneo), 24.38 (Soledad de Doblado) y 17.72% (Zentla) (*Cuadro 61*). En los tres municipios, las viviendas cuentan con los servicios básicos de vivienda (Drenaje, energía eléctrica, agua entubada), siendo solo el municipio de Comapa el que registra porcentajes más altos de vivienda sin drenaje (10.52) y sin agua entubada (16.16%).

El material en paredes de los municipios de Comapa (91.19), Soledad de Doblado (93.34) y Zentla (89.27%), está realizado de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto, en cuanto al material de los techos están realizados principalmente de lámina metálica (Comapa 69.15%, Soledad de Doblado 53.03% y Zentla 73.94%) y losa de concreto o viguetas con bovedilla (Comapa 24.82%, Soledad de Doblado 29.11% y Zentla 20.45%) (*Cuadro 62* y *Cuadro 63*). La tenencia de las viviendas para los municipios el mayor porcentaje son viviendas propias, seguido por viviendas que son de un familiar o les prestan la vivienda (*Cuadro 64*).

Cuadro 61. Servicios en la vivienda.

MUNICIPIO	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN DRENAJE NI EXCUSADO	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN ENERGÍA ELÉCTRICA	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN AGUA ENTUBADA	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES CON PISO DE TIERRA	% VIVIENDAS PARTICULARES CON HACINAMIENTO
Comapa	10.52	1.90	16.16	4.88	29.78
Soledad de Doblado	2.81	0.57	1.01	2.19	24.38

MUNICIPIO	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN DRENAJE NI EXCUSADO	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN ENERGÍA ELÉCTRICA	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN AGUA ENTUBADA	% OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES CON PISO DE TIERRA	% VIVIENDAS PARTICULARES CON HACINAMIENTO
Zentla	3.36	1.28	1.78	3.46	17.72
Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.					

Cuadro 62. Material en paredes de las viviendas.

MUNICIPIO	MATERIAL EN PAREDES									
	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS Y OCUPANTES	MATERIAL DE DESECHO	LÁMINA DE CARTÓN	LÁMINA DE ASBESTO O METÁLICA	CARRIZO, BAMBÚ O PALMA	EMBARRO BAJAREQUE	MADERA	ADOBE	TABIQUE, LADRILLO, BLOCK, PIEDRA, CANTERA, CEMENTO O CONCRETO	NO ESPECIFICADO
Comapa	5,540	0.11	0.13	0.18	0.36	0.00	**8.03**	0.00	**91.19**	0.00
Soledad de Doblado	8,818	0.51	0.85	1.02	0.14	0.06	**4.08**	0.00	**93.34**	0.00
Zentla	3,569	0.11	0.17	0.34	0.25	0.00	**9.78**	0.08	**89.27**	0.00
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.										

Cuadro 63. Material en techos de las viviendas.

MUNICIPIO	MATERIAL EN TECHOS											
	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS Y OCUPANTES	MATERIAL DE DESECHO	LÁMINA DE CARTÓN	LÁMINA METÁLICA	LÁMINA DE ASBESTO	LÁMINA DE FIBROCEMENTO	PALMA O PAJA	MADERA O TEJAMANIL	TERRADO CON VIGUERÍA	TEJA	LOSA DE CONCRETO O VIGUETAS CON BOVEDILLA	NO ESPECIFICADO
Comapa	5,540	0.00	0.60	**69.15**	3.43	0.14	0.05	0.00	0.07	1.73	**24.82**	0.00
Soledad de Doblado	8,818	0.17	1.10	**53.03**	13.91	0.06	0.17	0.44	0.16	1.85	**29.11**	0.00
Zentla	3,569	0.14	0.67	**73.94**	2.94	0.34	0.00	0.06	0.06	1.40	**20.45**	0.00
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.												

Cuadro 64. Tenencia de las viviendas.

MUNICIPIO	TENENCIA					
	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS Y OCUPANTES	PROPIA	ALQUILADA	ES DE UN FAMILIAR O LES PRESTAN LA VIVIENDA	OTRA SITUACIÓN	NO ESPECIFICADO
Comapa	5,540	**86.59**	0.72	**9.01**	3.68	0.00
Soledad de Doblado	8,818	**79.24**	7.56	**12.17**	1.03	0.00

MUNICIPIO	TENENCIA					
	VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS Y OCUPANTES	PROPIA	ALQUILADA	ES DE UN FAMILIAR O LES PRESTAN LA VIVIENDA	OTRA SITUACIÓN	NO ESPECIFICADO
Zentla	3,569	**88.06**	1.88	**9.55**	0.50	0.00
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Seguridad social

Dentro de los municipios de salud se encuentran 24 infraestructuras para la atención de servicios de salud. En el municipio de Comapa se localizan 12 instalaciones, el municipio de Soledad de Doblado cuenta con 17 instalaciones y el municipio de Zentla con 6 instalaciones, entre los sectores de secretaria de salud, IMSS, IMSS régimen bienestar y servicios médicos privados, la población cuenta con servicios de atención primaria en salud (*Cuadro 65*).

Cuadro 65. Infraestructura para la atención en salud en el municipio del SAR.

MUNICIPIO	SECRETARIA DE SALUD	IMSS	SERVICIOS DE SALUD IMSS BIENESTAR	IMSS RÉGIMEN BIENESTAR	CRUZ ROJA	SERVICIOS MÉDICOS PRIVADOS
Comapa	6	-	4	2	-	-
Soledad de Doblado	6	1	5	2	-	3
Zentla	2	-	2	2	-	-
Fuente: CIES con datos de la Secretaría de Salud, Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES). Ultima modificación 20 de diciembre de 2024.						

La condición de afiliación de los municipios es variable, el municipio de Comapa tiene 72.16% afiliada a algún servicio de salud, el municipio de Soledad de Doblado el 66.29% de afiliación y el municipio de Zentla el 59.82%. El principal servicio de salud al que está afiliada la población para los tres municipios es el Instituto de salud para el bienestar (Comapa 94.65%, Soledad de Doblado 63.96% y Zentla 79.79%), seguido de la afiliación al IMSS en los municipios de Soledad de Doblado (29.68%) y Zentla (17.28%) como se muestra en el *Cuadro 66*.

En el caso de la población no afiliada a ningún servicio de salud, el municipio de Zentla presenta un mayor porcentaje con el 40.15, seguido de Soledad de Doblado con el 33.69% y Comapa con el 27.80%, esto indica que la población asiste a servicios de salud privada como por ejemplo consultorios de farmacias (*Cuadro 66*).

Cuadro 66. Condición de afiliación a los servicios de salud en municipio del área de estudio.

MUNICIPIO	CONDICIÓN DE AFILIACIÓN A SERVICIOS DE SALUD										
	AFILIADA									NO AFILIADA	NO ESPECIFICADO
	TOTAL	IMSS	ISSSTE	ISSSTE ESTATAL	PEMEX, DEFENSA O MARINA	INSTITUTO DE SALUD PARA EL BIENESTAR[1]	IMSS BIENESTAR	INSTITUCIÓN PRIVADA	OTRA INSTITUCIÓN[2]		
Comapa	72.16	4.31	0.61	0.02	0.22	**94.65**	0.15	0.09	0.10	**27.80**	0.03
Soledad de Doblado	66.29	**29.68**	4.88	0.10	1.29	**63.96**	0.40	0.18	0.21	**33.69**	0.01
Zentla	59.82	**17.28**	2.00	0.23	0.10	**79.79**	0.42	0.23	0.71	**40.15**	0.02

[1] En enero de 2020, entró en funciones el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI); sin embargo la categoría incluye también a la población que declaró estar afiliada al Seguro Popular.
[2] Incluye instituciones de salud públicas o privadas.
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.

Educación

La UNESCO (2014) dice que la educación es importante para el pleno desarrollo de la personalidad humana, talento, habilidades físicas y mentales para alcanzar el potencial personal, es por ello por lo que se ha reconocido el derecho a la educación como un derecho humano y la misma UNESCO busca que los Estados garanticen a sus respectivas poblaciones el ejercicio de este derecho. En particular, las comunidades indígenas tienen derecho tanto a tener una educación tradicional que reproduzca su riqueza cultura como a acceder a todos los niveles y formas de educación del Estado (DNUSDPI, 2006).

La forma más común de conocer el acceso a la educación es a través del nivel de escolaridad, el cual se refiere a la etapa de estudio más alto aprobado por la población de 3 y más años según el Sistema Educativo Nacional (INEGI, 2015) y se mide en cantidad de años cursados. El promedio de escolaridad nacional es de 9.1 años cursados, donde se tiene 9.3 años para hombres y 9.0 años para mujeres, sin embargo, la población hablante de lengua indígena tiene un promedio de 5.7 años cursados, cifra que es casi 4 años menos de escolaridad que el promedio nacional, donde los hombres cuentan 6.2 años y las mujeres 5.1 años (INEGI, 2015). Tales datos expresan la exclusión histórica de las políticas gubernamentales que han vivido las comunidades indígenas de México y que han conllevado al rezago educativo que observamos en los datos ya señalados que a su vez impactan en los altos grados de marginación en el SAR.

En 2020, en Veracruz de Ignacio de la Llave el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más de edad es de 8.7, lo que equivale a casi tercer año de secundaria, en analfabetismo 8 de cada 100 personas de 15 años y más, no saben leer ni escribir, el mayor porcentaje de población analfabeta en Veracruz se encuentra entre las personas de 75 años y más con 35.3 % (INEGI, 2020).

En tema de educación los municipios de Comapa, Soledad de Doblado y Zentla, su población de 15 años y más, el 83.54%, 9035% y 90.91% respectivamente es alfabeta. La población analfabeta para los municipios es de 16.45% para Comapa, 9.60% para Soledad de Doblado y 8.99% para Zentla. Con base en los datos, el municipio de Comapa es el que presenta un mayor rezago en educación (*Cuadro 67*).

Para los municipios Coroneo y Epitacio Huerta sus niveles educativos representan que la población mayor de 3 años y más tienen grados de educación básica, media superior y superior. El mayor nivel de educación básica es primaria y secundaria para los tres municipios (*Cuadro 68*).

Cuadro 67. Porcentaje de población de 15 y más años analfabeta y sin primaria completa.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS	ALFABETA	%	ANALFABETA	%	NO ESPECIFICADO
Comapa	14,479	12,096	83.54	2,383	16.45	0
Soledad de Doblado	21,559	19,479	90.35	2,070	9.60	10
Zentla	9,688	8,808	90.91	871	8.99	9
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Cuadro 68. Condición educativa de la población mayor de 15 años.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MAS	NIVEL DE ESCOLARIDAD												
		SIN ESCOLARIDAD	EDUCACIÓN BÁSICA						EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR			EDUCACIÓN SUPERIOR			NO ESPECIFICADO
			PREESCOLAR	PRIMARIA	SECUNDARIA				ESTUDIOS TÉCNICOS O COMERCIALES	BACHILLERATO	NORMAL BÁSICA	ESTUDIOS TÉCNICOS O COMERCIALES	LICENCIATURA	POSGRADO	
					TOTAL	1 A 2 GRADOS	3 GRADOS	NO ESPECIFICADO							
Comapa	18,863	2,532	1,029	9,799	3,482	882	2,599	1	5	1,524	0	36	416	22	9
	%	13.42	5.45	**51.94**	**18.45**	25.33	74.64	0.002	0.02	8.07	0	0.19	2.20	0.11	0.04
Soledad de Doblado	26,987	2,252	1,124	12,355	5,910	1,494	4,413	3	22	3,455	7	120	1,529	131	26
	%	7.91	0.18	**45.78**	**21.89**	25.27	74.67	0.05	0.08	12.80	0.02	0.44	5.66	0.48	0.09
Zentla	12,039	963	472	5,472	3,235	570	2,665	0	2	1,291	4	29	512	27	15

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MAS	NIVEL DE ESCOLARIDAD													
		SIN ESCOLARIDAD	EDUCACIÓN BÁSICA						EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR			EDUCACIÓN SUPERIOR			NO ESPECIFICADO
			PREESCOLAR	PRIMARIA	SECUNDARIA				ESTUDIOS TÉCNICOS O COMERCIALES	BACHILLERATO	NORMAL BÁSICA	ESTUDIOS TÉCNICOS O COMERCIALES	LICENCIATURA	POSGRADO	
					TOTAL	1 A 2 GRADOS	3 GRADOS	NO ESPECIFICADO							
	%	7.99	3.92	**45.45**	**26.87**	17.61	82.38	0	0.01	10.72	0.03	0.24	4.25	0.22	0.12

Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.

Actividades económicas

El estado de **Veracruz** en el año 2024 aporto el 4.3% del PIB nacional, siendo la 6ª economía más grande del país. El sector principal del estado son las industrias manufactureras, representando 16.66% de la economía de la entidad (*Figura 134*).

Durante el primer trimestre de 2024, la actividad económica de Veracruz de Ignacio de la Llave mostró un movimiento anual de 2.8 por ciento. Este resultó del avance de las actividades secundarias y terciarias de 4.2 y 2.8 %, respectivamente. A su vez, las primarias se contrajeron 2.2 %

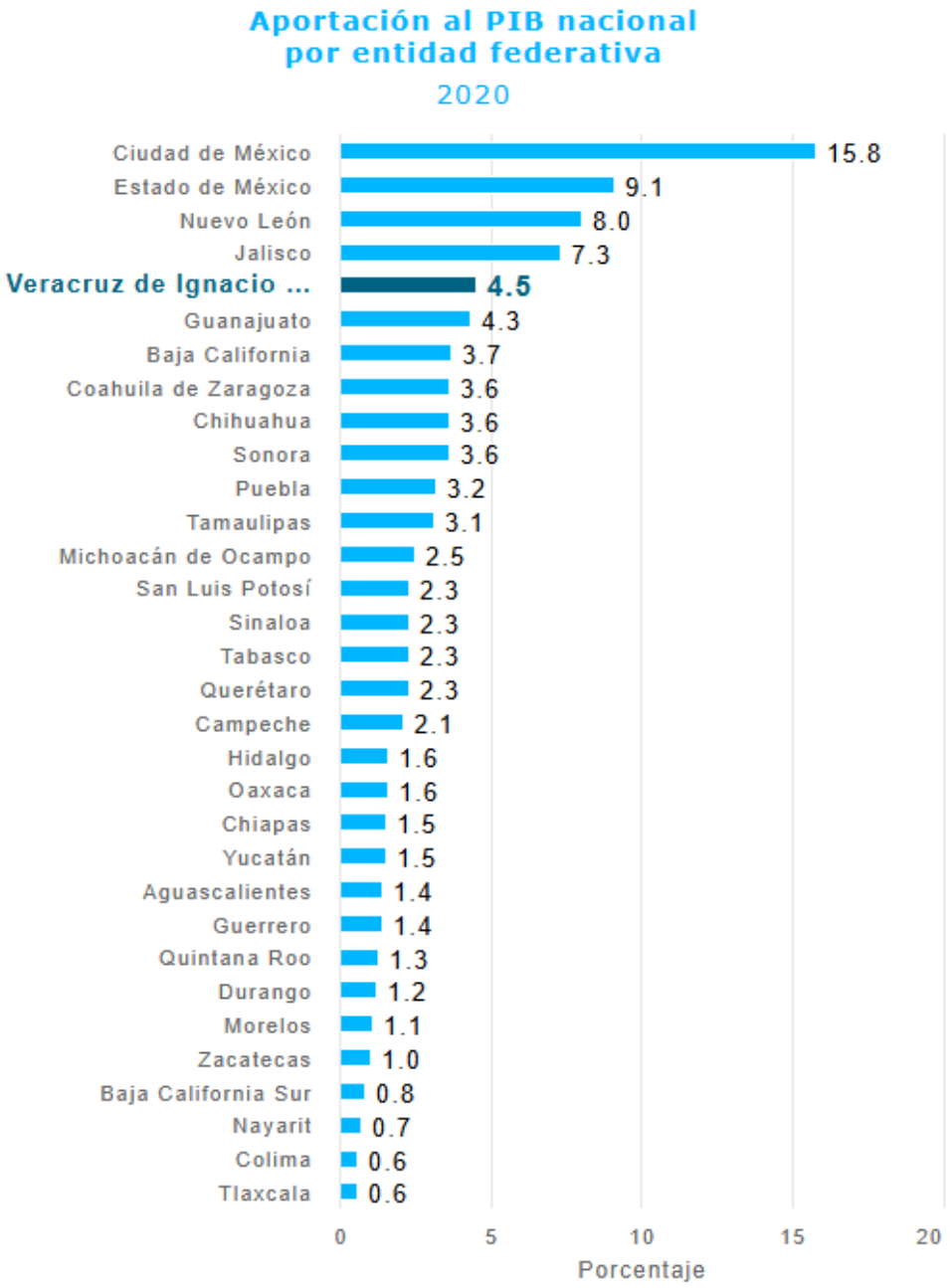


Figura 134. Participación de las actividades económicas en el Producto Interno para el estado de Veracruz Ignacio de la Llave 2020. Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales. Producto Interno Bruto por Entidad (PIBE) 2020. Datos preliminares.

La importancia de la industria veracruzana se refleja en los porcentajes de participación en la producción nacional en ciertos sectores, como la mayor parte de la producción nacional azucarera, petroquímica, agroquímica, aluminio, y tubos de acero que vienen de Veracruz.

En el estado existen tres zonas industriales: en el Norte, Centro y Sur, siendo la base industrial del estado la explotación de petróleo y azufre, contando con el mayor número de pozos petrolíferos en la planicie costera del Golfo, así también como refinerías y plantas de absorción.

Veracruz cuenta con 3 puertos marítimos comerciales y 5 puertos marítimos de cabotaje; a través de los cuales se mueve el 30% de la carga transportada por vía marítima y el 30% de la carga nacional en contenedor del país. La principal inversión extranjera en Veracruz proviene de España, Colombia, Venezuela, Bélgica, Alemania, Suiza, Japón, EUA, Canadá y Nicaragua.

El sector industrial manufacturero de Veracruz ocupa la quinta posición del país. Un dato interesante es que el 80% de los activos fijos industriales del sureste de México se ubican en Veracruz, y a nivel nacional cuenta con el 9.75% del total de los activos fijos de la industria manufacturera.

La distribución espacial de las unidades económicas más importantes del SAR permite corroborar, posibles tendencias de uso del suelo en el SAR.

PEA

La población económicamente activa (PEA) se define como el número de personas en edad de trabajar de un territorio, estos individuos cuentan con un puesto de trabajo remunerado o aspiran a acceder a uno.

La desagregación de la PEA ocupada para los municipios es similar, la PEA ocupada se concentra en los hombres principalmente, para Comapa con el 74.61%, para Soledad de Doblado con el 66% y Zentla con el 76.21% (*Cuadro 69*), mientras que la población no económicamente activa se concentra en las mujeres con el 80.49% para Comapa, 75.22% para Soledad de Doblado y 83.02 para Zentla (*Cuadro 70*).

Para observar las principales características del sistema económico se tomarán los sectores primario, secundario y terciario, dichos indicadores tomados del Censo de Población y Vivienda 2020 realizado por INEGI. En los municipios de Comapa y Zentla el sector de actividad económica principal es el primario con el 61.42% y 64.98% (Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza), en cuanto al municipio de Soledad de Doblado se segrega en dos sectores, el primario (31.50%) y terciario (28.13%; Servicios de transporte, comunicación, profesionales, financieros, sociales, gobierno y otros) (*Cuadro 71*).

Cuadro 69. Población económicamente activa (PEA).

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS	PEA OCUPADA	PEA OCUPADA HOMBRE	%	PEA OCUPADA MUJER	%
Comapa	15,500	8,402	6,269	**74.61**	2,133	25.38
Soledad de Doblado	22,913	12,980	8,567	**66.00**	4,413	33.99
Zentla	10,349	5,726	4,364	**76.21**	1,362	23.78
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Cuadro 70. Población económicamente no activa en el municipio del SAR.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS	POBLACIÓN NO ECONÓMICAMENTE ACTIVA	NO ESPECIFICADO	POBLACIÓN NO ECONÓMICAMENTE ACTIVA - HOMBRE	%	POBLACIÓN NO ECONÓMICAMENTE ACTIVA - MUJER	%
Comapa	15,500	6,892	77	1,344	19.50	5,548	**80.49**
Soledad de Doblado	22,913	9,573	102	2,372	24.77	7,201	**75.22**
Zentla	10,349	4,555	54	773	16.97	3,782	**83.02**
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.							

Cuadro 71. Sectores de actividad económicas en los municipios del SAR.

MUNICIPIO	SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA					
	AGRICULTURA, GANADERÍA, APROVECHAMIENTO FORESTAL, PESCA Y CAZA	MINERÍA, INDUSTRIAS MANUFACTURERAS, ELECTRICIDAD Y AGUA	CONSTRUCCIÓN	COMERCIO	SERVICIOS DE TRANSPORTE, COMUNICACIÓN, PROFESIONALES, FINANCIEROS, SOCIALES, GOBIERNO Y OTROS	NO ESPECIFICADO
Comapa	**61.42**	7.76	6.15	8.27	16.23	0.17
Soledad de Doblado	**31.50**	11.80	6.96	19.39	**28.13**	2.22
Zentla	**64.98**	11.55	3.52	5.97	13.48	0.50
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Ingreso por trabajo

De acuerdo con la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos 2025, hay un salario mínimo aplicable a todo el país, el cual es de $278.80 pesos diarios, mientras que en la Zona Libre de la Frontera Norte es de $419.88 pesos diarios (CONASAMI, 2025). El cual varía, dependiendo la profesión, de las cuales, se enuncian algunas a continuación, según los salarios mínimos estipulados por esta Comisión: Oficial de Albañilería $321.63; operador(a) de Buldozer y/o traxcavo, $336.94; chofer de camión de carga en general $328.23; chofer de camioneta de carga en general $318.93; chofer operador(a) de vehículos con grúa $306.79; operador(a) de draga $340.04; oficial electricista instalador(a) y reparador(a) de instalaciones eléctricas $315.21; secretario(a) auxiliar $331.50; soldador(a) con soplete o con arco eléctrico $318.26; vaquero(a) ordeñador(a) a máquina $283.47; Velador(a) $288.83.

Dentro de la población económicamente activa de los municipios el mayor porcentaje de la población son trabajadores asalariados (Personas contratadas por uno o varios empleadores, también conocido como patrón, que les asigna una serie de actividades durante su jornada laboral, les paga una cantidad

en dinero periódicamente y les otorga ciertos beneficios, a esta paga se le conoce también como sueldo o salario), el municipio de Comapa con el 67.23%, Soledad de Doblado con el 64.37% y Zentla con el 71.94%, por lo que se infiere están registrados dentro de alguna empresa, industria, entre otros, seguido por los trabajadores por cuenta propia para los tres municipios, como se puede observar en el *Cuadro 72*. En las percepciones monetarias por fuentes distintas al trabajo destacan los programas de gobierno (*Cuadro 73*) (El gobierno federal otorga recursos económicos a través de los programas sociales, los cuales buscan atender las distintas necesidades que a lo largo del territorio nacional existen para procurar mejores condiciones de vida de la población).

Cuadro 72. Posición en el trabajo.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS OCUPADA	POSICIÓN EN EL TRABAJO				
		TRABAJADORES ASALARIADOS	EMPLEADORES	TRABAJADORES POR CUENTA PROPIA	TRABAJADORES SIN PAGO	NO ESPECIFICADO
Comapa	7,053	**67.23**	2.57	**16.05**	14.15	0.00
Soledad de Doblado	10,328	**64.37**	2.84	**29.27**	3.52	0.00
Zentla	4,971	**71.94**	7.77	**14.89**	5.41	0.00
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Cuadro 73. Condición de percepción de ingresos monetarios de fuentes distintas al trabajo.

MUNICIPIO	CONDICIÓN DE PERCEPCIÓN DE INGRESOS MONETARIOS DE FUENTES DISTINTAS AL TRABAJO					
	CON PERCEPCIÓN MONETARIA Y TIPO DE FUENTE				SIN PERCEPCIÓN MONETARIA	NO ESPECIFICADO
	PROGRAMAS DE GOBIERNO	JUBILACIÓN O PENSIÓN	DE ALGUNA PERSONA QUE VIVE EN OTRA VIVIENDA DENTRO DEL PAÍS	DE ALGUNA PERSONA QUE VIVE EN OTRO PAÍS		
Comapa	**92.69**	0.93	4.99	10.65	45.64	0.00
Soledad de Doblado	**83.21**	12.95	12.11	8.06	58.17	0.00
Zentla	**82.60**	12.33	6.90	16.67	54.14	0.00
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.						

Movilidad cotidiana por trabajo

La movilidad urbana se refiere al conjunto de desplazamientos que los habitantes de las urbes realizan para acceder a sus actividades cotidianas (Empleo, centros de educación, esparcimiento, servicios, entre otros). En los municipios la movilidad cotidiana por trabajo se realiza dentro de estos mismos municipios siendo superior al 90% de la población (Comapa 93.34%, Soledad de Doblado 91.14% y

Zentla 91.01%), lo que indica que los municipios tienen suficiente oferta laboral. La movilidad de trabajo fuera de los municipios, entidad o país es baja para los tres municipios (*Cuadro 74*).

Cuadro 74. Movilidad por lugar de trabajo.

MUNICIPIO	LUGAR DE TRABAJO				
	EN LA MISMA ENTIDAD			EN OTRA ENTIDAD O PAÍS	NO ESPECIFICADO
	EN EL MISMO MUNICIPIO	EN OTRO MUNICIPIO	NO ESPECIFICADO		
Comapa	93.34	6.66	0.00	0.15	0.80
Soledad de Doblado	91.14	8.78	0.09	0.11	0.09
Zentla	91.01	8.99	0.00	0.17	0.89
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.					

Migración México-Estados Unidos

En las últimas décadas, la migración de mexicanos a Estados Unidos ha experimentado significativos cambios en cuanto al volumen, extensión territorial y características sociodemográficas de las personas que participan en los flujos migratorios. La extensión del fenómeno migratorio y sus profundas implicaciones en los ámbitos demográficos, económicos y sociales de las distintas entidades federativas del país han colocado a la cuestión migratoria como uno de los temas prioritarios.

De acuerdo con la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), perteneciente a las Naciones Unidas, la migración es el movimiento de personas fuera de su lugar de residencia habitual, ya sea a través de una frontera internacional o dentro de un país. Tal fenómeno ha ido en aumento en la última década, y entre las causas se pueden encontrar a las transformaciones económicas y sociales que se han experimentado el planeta desde finales del siglo XX, principalmente el desarrollo de un mundo más globalizado junto al intercambio comercial.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID), en México, para el periodo 2009-2014, el 86.6% (581,269) de emigrantes mexicanos tuvo como principal país de destino los Estados Unidos, de los cuales el 77.7% eran hombres y el 22.3% mujeres, y como principal causa de la migración fue buscar trabajo o trabajar.

Los migrantes de retorno (personas nacieron en México que después de un periodo de vivir en el extranjero regresaron a México) para el periodo 2009– 2014 reportaron un total de 556,915 procedentes de Estados Unidos, de los cuales 3 de cada 10 son mujeres, el 45.5% tenían entre 30 y 44 años y la principal causa de retorno fue reunirse con la familia (CONAPO, 2016).

La migración México-Estados Unidos es un fenómeno de carácter principalmente económico que responde a la combinación de factores estructurales, tales como las profundas disparidades

económicas y salariales, la complementariedad demográfica y un contexto de creciente integración económica entre ambos países.

Entre 2015 y 2020, salieron de Veracruz de Ignacio de la llave 370,958 personas para radicar en otra entidad, mientras que, en 2020, de Veracruz de Ignacio de la Llave salieron 36,493 personas para vivir en otro país, 81 de cada 100 se fueron a Estados Unidos de América (*Figura 135*).

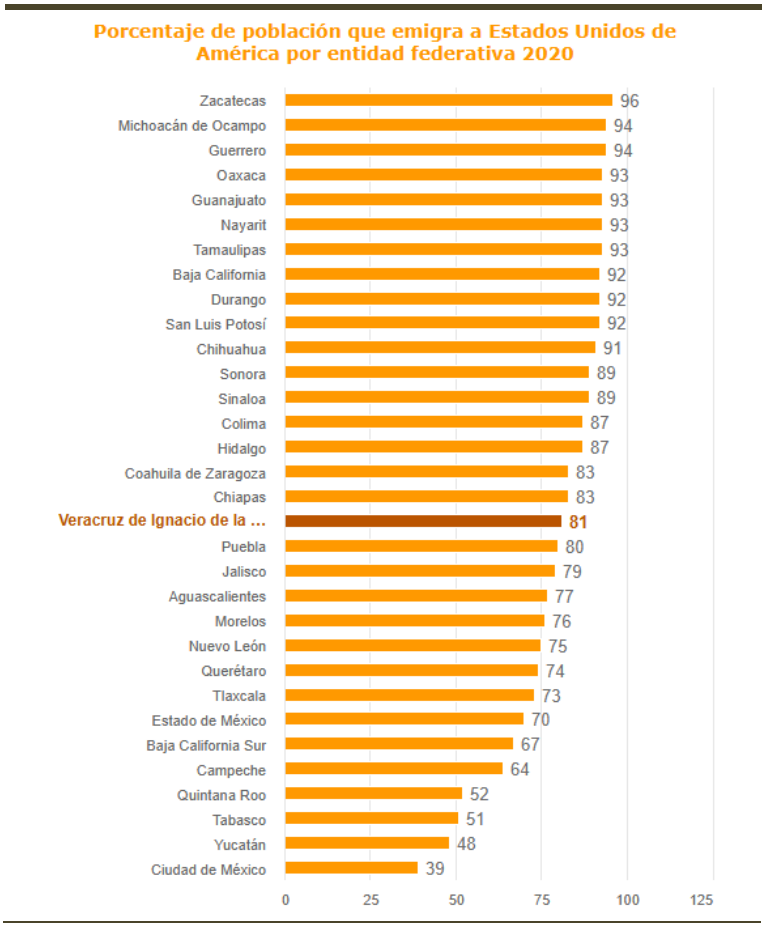


Figura 135. Población emigrante a USA por entidad federativa. Fuente: Cuéntame INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.

Las principales causas por las que migran las personas en Veracruz son para reunirse con su familia (44.4%), cambio u oferta de trabajo (12.6%) y buscar trabajo (10.8) (*Figura 136*).

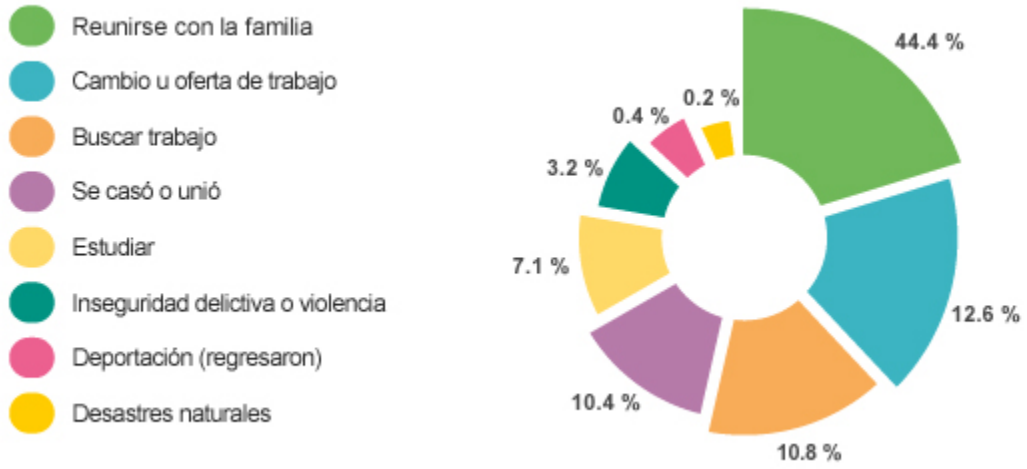


Figura 136. Causas de la migración en el estado de Veracruz Ignacio de la Llave. Fuente: Fuente: Cuéntame INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.

El grado de intensidad migratoria (*Cuadro 75*), determinado también a partir de un índice de intensidad formulado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), muestra que, en el municipio de Zentla tiene un grado de intensidad migratorio "Alto" ocupando el lugar 470, Comapa tiene un grado de intensidad migratorio "Medio" ocupando el lugar 543, y Soledad de Doblado tiene un grado de intensidad "Muy bajo" ocupando el lugar 1903 en contexto nacional.

Cuadro 75. Índice de intensidad migratoria en el municipio del SAR.

MUNICIPIO	ÍNDICE DE INTENSIDAD MIGRATORIA 2020	GRADO DE INTENSIDAD MIGRATORIA	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO NACIONAL
Comapa	61.82	Medio	543
Soledad de Doblado	64.77	Muy bajo	1,903
Zentla	61.44	Alto	470
Fuente: CONAPO, 2020.			

Propiedad de la tierra

La propiedad de la tierra o también llamada la tenencia de la tierra, es una serie de normas y reglas que las comunidades establecen para el acceso y control de estas, donde definen quiénes, qué recursos, tiempos, responsabilidades y la transferencia de la tierra. Cabe mencionar que el término tierra engloba a otros recursos naturales como el forestal o agua.

La FAO (2003) también nos dice que la tenencia de la tierra atraviesa distintas esferas como la social, política y económica, de ahí la importancia de identificar plenamente estas estructuras.

De acuerdo con el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM. 2020), en el país existen tres formas de propiedad: la pública, privada y social, ésta última cuenta con dos tipos, la ejidal y comunal.

El Registro Agrario Nacional (RAN, 2019) refiere que el 50.8% del territorio nacional cuenta con un régimen de propiedad social (99.822 millones de hectáreas) que lo constituye un 42.8% es de propiedad privada (84.102 millones de hectáreas) y el 6.4% cuenta con un régimen diferente a los anteriores (terrenos nacionales: 0.6%, colonias agrícolas y ganaderas: 2.2% y otras formas: 3.6%).

En ese 50.8% del territorio nacional se distribuyen 32,102 núcleos agrarios, 29,709 ejidos y 2,393 comunidades; el SAR concentra el 0.51% de la propiedad social del país y representa el 59.7% de su superficie total (514,539.7 ha.). No obstante que el trazo del Proyecto, el tipo de propiedad preponderante del SAR cuenta con una estructura organizacional y liderazgos comunitarios inherentes a este tipo de propiedad que el proyecto debe considerar.

La estructura orgánica de la propiedad social está constituida por tres elementos de representación y gestión: la asamblea (ejidal o comunitaria), compuesta por los ejidatarios y las ejidatarias con sus derechos agrarios legalmente reconocidos; el comisariado (ejidal o de bienes comunales) que se encarga de la ejecución de los acuerdos de las asambleas, de la representación y gestión administrativa del ejido; y el consejo de vigilancia, compuesto por un presidente y dos secretarios con sus respectivos suplentes. La asamblea ejidal es el órgano democrático de participación directa para los núcleos agrarios (CPEUM. 2020).

Las propiedades de tipo social son consideradas en ejidos y comunidades agrarias que bajo dicha modalidad la propiedad corresponde al núcleo agrario "término genérico por el cual se identifica a los núcleos ejidales o comunales, que han sido beneficiados por una resolución presidencial dotatoria o sentencia de los Tribunales Agrarios, a través de la cual les fueron concedidas tierras, bosques y aguas" (Procuraduría Agraria).

De acuerdo con la Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016 (INEGI), en México se consideraban 9.3 millones de terrenos rurales, los cuales cubren una superficie total de 190.3 millones de hectáreas. Tal superficie se clasifica según el tipo de tenencia de la tierra en ejidal, comunal, propiedad privada, colonia agrícola y propiedad pública, las cuales tuvieron los siguientes porcentajes:

Las formas más importantes de tenencia de la tierra en México son la propiedad privada (44.8%) y la ejidal (44.5%), con una diferencia marginal entre ellos. Respecto a la propiedad de la tierra, 9 de cada 10 terrenos son propiedad del productor (90.7%), el resto es rentada (2.7%), a medias o aparcería (0.4%), prestada (3.3%), concesión (0.5%) y posesión (2.5%).

Dentro del SAR se encuentran 26 ejidos, 7 se ubican en el municipio de Comapa, 12 en el municipio de Soledad de Doblado, 1 en el municipio de Zentla, 2 en el municipio de Camarón de Tejeda y 2 en el municipio de Paso de Ovejas (*Cuadro 76* y *Figura 137*).

Cuadro 76. Núcleos agrarios.

MUNICIPIO	NÚCLEO AGRARIO	TIPO	DENTRO DEL SAR
Comapa	Los Cerritos	Ejido	X
	San Francisco Nacaxtle	Ejido	X
	San Felipe y Anexos	Ejido	X
	El Limón	Ejido	X
	Vista Hermosa	Ejido	X
	Corral de Piedra	Ejido	X
	Sonora y sus Anexos Rancho de la Luz y Rincón de Yeguas	Ejido	X
	Paso Pimienta y Anexo Paso Carretas	Ejido	X
Soledad de Doblado	Mata Anona	Ejido	X
	Espinal de Santa Barbara	Ejido	X
	Hizote Tizaltepec	Ejido	X
	Colonia Jose Cardel	Ejido	X
	Laguna Blanca y Anexos	Ejido	X
	Mirador de Santa Rosa	Ejido	X
	Santa Cruz El Hizote	Ejido	X
	Tepetates y La Angostura	Ejido	X
	Mata cazuela y sus Anexos Las Rancherías de la Oriental y Otras	Ejido	X
	Paso Lagarto	Ejido	X
	Los Portales y La Unión	Ejido	X
	Colonia Emilio Carranza	Ejido	X
Zentla	Rincón Mariano	Ejido	X
Camarón de Tejeda	Plan de Oros y Anexo Mata de Agua	Ejido	X
	Villa Tejeda	Ejido	X
Paso de Ovejas	Tierra Colorada	Ejido	X
	Xocotitla	Ejido	X
	Rancho Nuevo	Ejido	X
Fuente: Registro Agrario Nacional. Ultima actualización 2024-08-29. datos.ran.gob.mx			

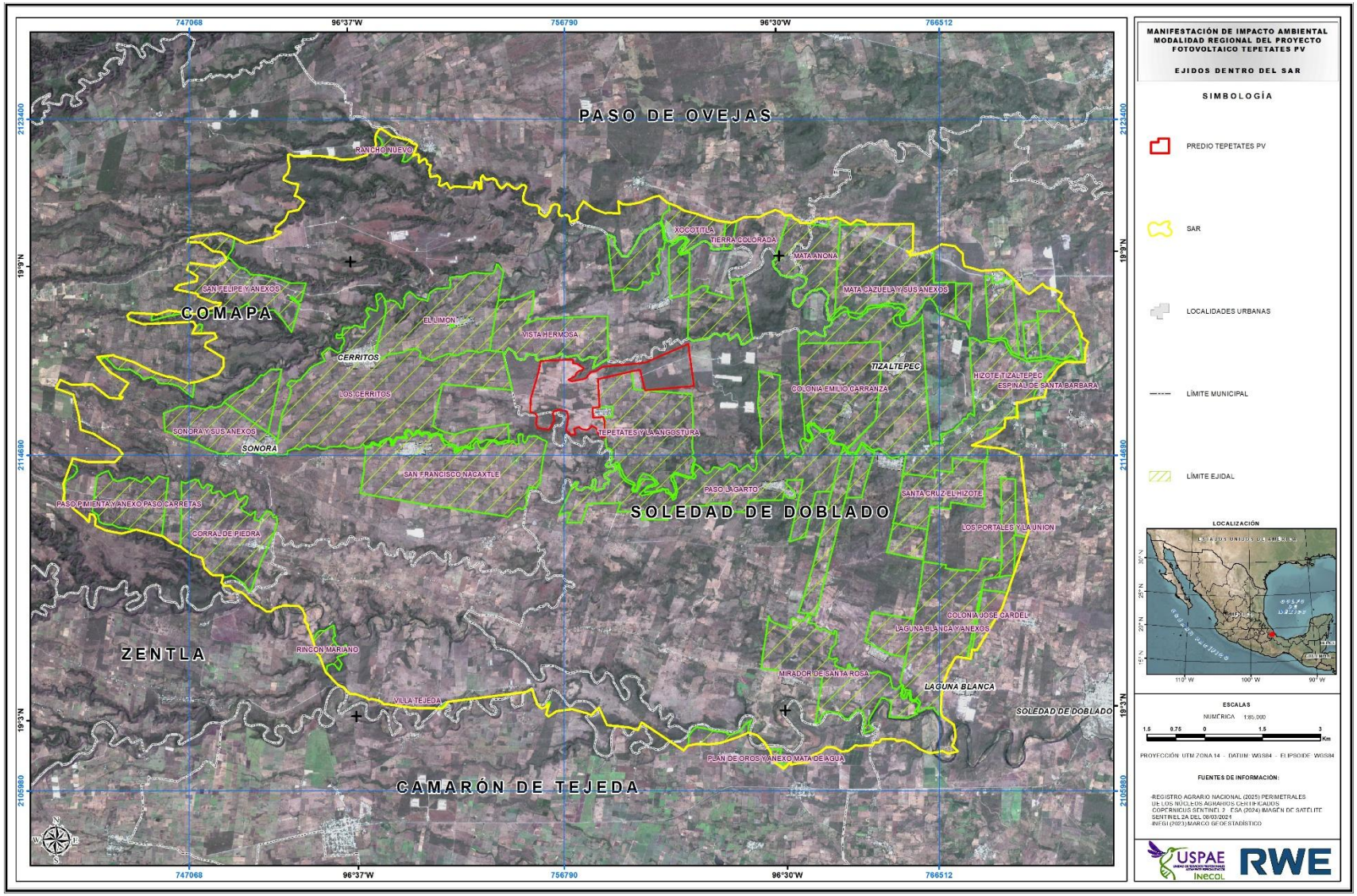


Figura 137. Núcleos agrarios dentro del SAR.

Aspectos culturales y estéticos

Los pueblos indígenas son una pieza fundamental del mosaico de culturas y tradiciones que han contribuido a la construcción de México, estos padecen de un grado de marginación social y económica muy alto, en muchos casos mayores al del resto de la población mexicana, situación que se acentuó en las últimas décadas dificultando su desarrollo y florecimiento. Debido a lo anterior, es importante tomar en cuenta a los pueblos indígenas involucrados con la realización del proyecto, puesto que esta población marginal con fuerte desintegración, desde el punto de vista del desarrollo socioeconómico, pueden recibir los impactos del proyecto y conformar una nueva dinámica.

En general, la población originara en los municipios de México alcanza niveles de desarrollo inferiores a la población no indígena (PNUD, 2010) y el Coneval (2019) nos dice que las brechas encontradas entre el bienestar de la población indígena y no indígena en 2018, es similar a las encontradas en 2008, por lo que se puede inferir que han sido 10 años en que las acciones realizadas para mejorar las condiciones de vida de la población indígena no han tenido éxito.

De acuerdo con el Catálogo de Localidades Indígenas (2020), documento realizado de manera conjunta entre el INEGI y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), ahora Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), en México el 9.9% de la población es indígena (11,132,562 habitantes).

Los procesos de globalización y apertura del campo mexicano han vulnerado cada vez más las condiciones de vida de grupos indígenas que intensificaron estrategias de migración -principalmente campo-ciudad- que datan de décadas atrás. Lo anterior se refleja en las estadísticas intercensales de 2000 y 2010 y en el conteo de población de 2005, donde se aprecia la generalizada reducción de población indígena en las zonas de origen y su aumento en las medianas y grandes ciudades cercanas a los entornos rurales.

Según el Instituto Nacional de los estados con menor porcentaje de población de lengua indígena son Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes y Coahuila (INEGI, 2022).

De acuerdo con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), Veracruz es hogar de más de un millón 101 mil personas que pertenecen a una etnia, con mayor presencia los pueblos chinanteco, huasteco, mazateco, nahua, oluteco, otomí, sayulteco, tepehua, texistepequeño, totonaco y zoque.

Con respecto al total estatal, es un porcentaje de 13.6%, formando parte de las ocho entidades con mayor concentración de población en municipios indígenas (Gobierno del Estado de Veracruz, 2018 - 2024).

Oficialmente se reconoce a 13 grupos de pueblos originarios, aunque existen otros como el tzotzil, tojolabal, tzeltal, purépechas, así como los afro descendientes que no están reconocidos formalmente.

Cabe puntualizar que, de los 47 municipios indígenas, existen 34 con alto índice de población en situación de pobreza extrema, ubicados en las regiones: Olmeca, Papaloapan, Las Montañas, Totonaca, Huasteca Baja y Huasteca Alta (Gobierno del Estado de Veracruz, 2018 - 2024).

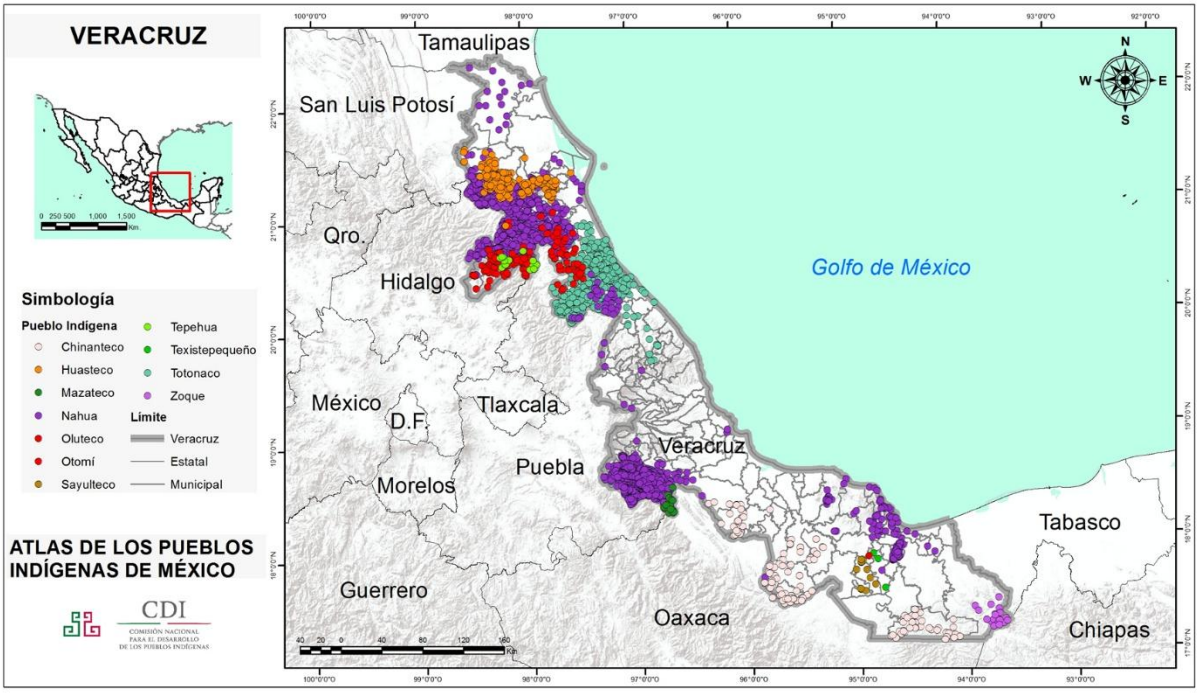


Figura 138. Pueblos indígenas en el estado de Veracruz. Fuente: Atlas de los pueblos indígenas de México. - INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas / INALI.

En los municipios presentes en el SAR según el censo de población y vivienda (2020) la población que se considera indígena es en el municipio de Comapa el 35.49%, en el municipio de Soledad de Doblado el 8.92% y en el municipio de Zentla el 9.07%. En cuanto a la condición de habla indígena para la población de los municipios el 99% no hablan una lengua indígena (*Cuadro 77*).

Para la condición de compresión de una lengua indígena el 99% de la población de los municipios no entiende alguna lengua indígena. De la población de los municipios menos del 1% entiende una lengua indígena teniendo el mayor porcentaje Zentla (0.24%), seguido de Comapa (0.21%) y por último Soledad de Doblado (0.15%) (*Cuadro 78*).

Para el año 2020 el catálogo de localidades indígenas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (2020) no registra ninguna localidad indígena dentro del SAR.

Cuadro 77. Distribución porcentual de población indígena de los municipios.

MUNICIPIO	CONDICIÓN DE AUTO ADSCRIPCIÓN INDÍGENA			CONDICIÓN DE HABLA INDÍGENA				
	SE CONSIDERA INDÍGENA	NO SE CONSIDERA INDÍGENA	NO ESPECIFICADO	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS	HABLA ESPAÑOL	NO HABLA ESPAÑOL	NO ESPECIFICADO	NO HABLA LENGUA INDÍGENA
Comapa	35.49	64.21	0.30	18,863	0.10	0.005	0.00	99.89
Soledad de Doblado	8.92	91.08	0.00	26,987	0.13	0.00	0.00	99.95
Zentla	9.07	90.70	0.22	12,039	0.16	0.00	0.00	99.81
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.								

Cuadro 78. Condición de comprensión de lengua indígena de los municipios.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS QUE NO HABLA LENGUA INDÍGENA	CONDICIÓN DE COMPRENSIÓN DE LENGUA INDÍGENA		
		ENTIENDE LENGUA INDÍGENA	NO ENTIENDE LENGUA INDÍGENA	NO ESPECIFICADO
Comapa	18,854	0.21	99.49	0.30
Soledad de Doblado	26,957	0.15	99.85	0.00
Zentla	11,998	0.24	99.53	0.23
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.				

Arqueología

Veracruz

En el estado de Veracruz se han registrado o reportado cerca de 7,000 sitios arqueológicos en la entidad, número que se incrementará en la medida en que se amplíen los reconocimientos sistemáticos en el territorio veracruzano (Ladrón de Guevara, 2012).

El pasado prehispánico de Veracruz suele identificarse con tres culturas principales —olmecas en el sur, totonacos en el centro y huastecas en el norte Ladrón de Guevara, 2012).

A lo largo del estado se distribuye sitios de suma importancia (*Figura 139*). Algunos sitios portan el nombre de la localidad donde fueron localizadas, o de la más cercana, otras llevan el nombre del río, la montaña, o el de algún otro accidente geográfico, donde se encontraron, en ocasiones se trata de grandes ciudades (Tajín, Cempoala, Laguna de Los Cerros) y en otras de pequeños sitios que contenían apenas unos cuantos vestigios.

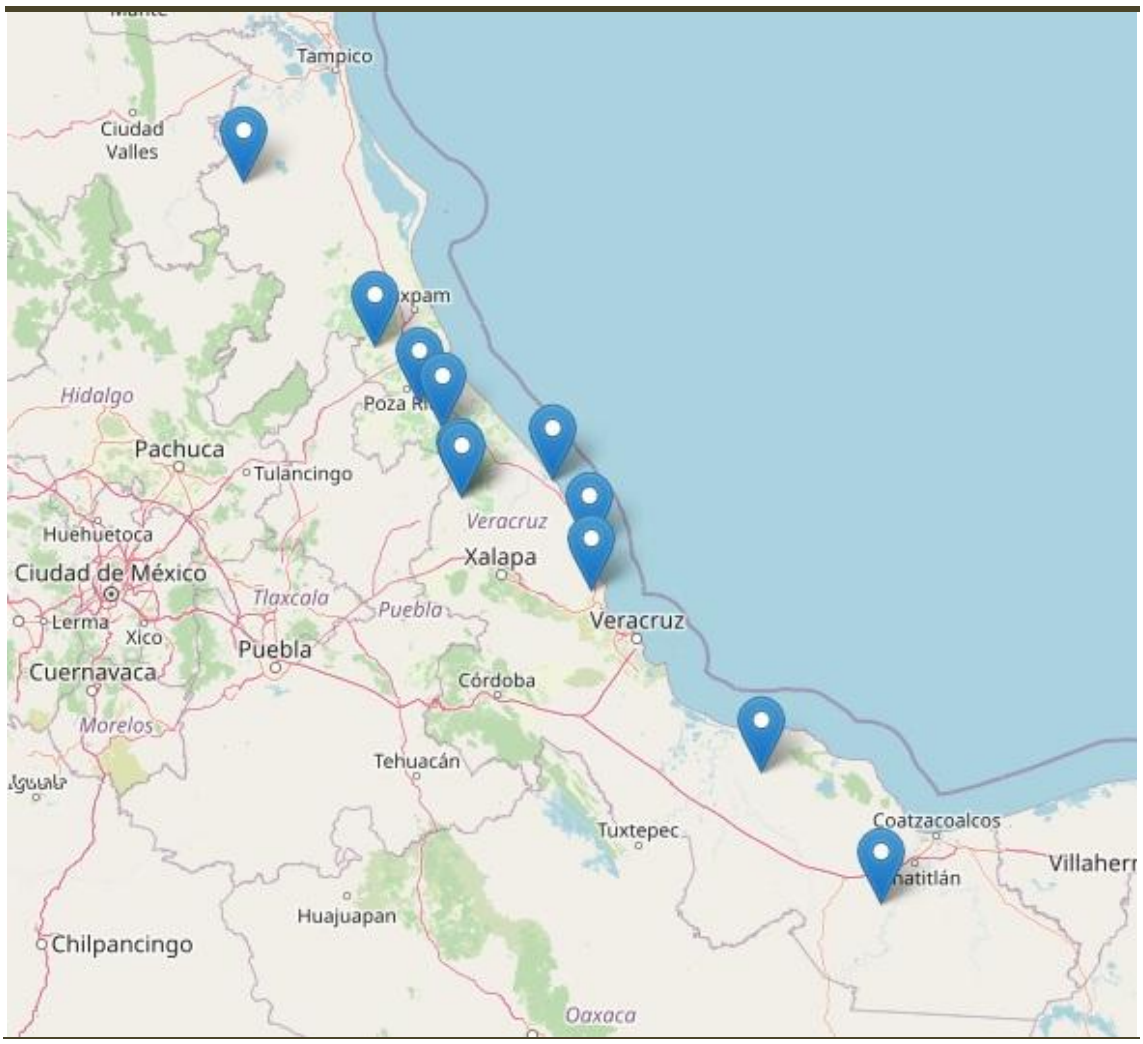


Figura 139. Sitios arqueológicos en el estado de Veracruz (Fuente; INAH, consultado en 2025).

Los sitios arqueológicos de mayor importancia son:

Castillo de Teayo

Es uno de los sitios más importantes de la Costa del Golfo debido a la pluralidad cultural que se refleja en sus restos materiales. Su nombre procede de la presencia de una estructura o basamento piramidal formado por tres cuerpos que terminan en una plataforma superior sobre la que se construyó un templo. Su estilo arquitectónico recuerda tradiciones culturales Huastecas y Mexicas, mientras que la escultura tiene fuertes influencias Mayas y Toltecas. Cronología: 900 a 1521 d. C. Ubicación cronológica principal: Posclásico Tardío, 1200 a 1521 d. C. (*Figura 140*).



Figura 140. Sitio arqueológico Castillo de Teayo. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Cempoala

Cempoala fue uno de los centros más importantes de la cultura totonaca, su poblamiento inició en el año 900 a.C. (*Figura 141*). Fue sometida por los mexicas en el periodo Posclásico tardío, a partir de entonces se conformó como cabecera de cincuenta pueblos totonacas, chinantecas y zapotecas, de esta forma en esa ciudad se reunían los tributos de toda la costa y de las tierras montañesas del sur.

La organización territorial de Cempoala era dispersa; las áreas de producción se podían encontrar tanto dentro como fuera de la ciudad, contaba con una compleja infraestructura que controlaba las aguas y un sistema de murallas que protegían la ciudad de las constantes inundaciones, además de una red hidráulica que canalizaba las aguas del río Actopan o Chachalacas para la ciudad, las aguas residuales de casas habitaciones y edificios se trasladaban por medio de ductos a las áreas de cultivo.

Las principales construcciones de esta ciudad son la Gran pirámide o Templo del sol, el Templo mayor, el Templo de Quetzalcóatl, el Templo del dios del aire Ehécatl, el Templo de las chimeneas y El Pimiento, estructura integrada por tres cuerpos decorados con cráneos de piedra. Otra estructura importante es la de Las caritas que tiene dos niveles y una decoración de cráneos de estuco. En una de sus plazas, se encontraban tres anillos de piedra escalonados que servían a los sacerdotes para medir el tiempo, las cosechas y los eclipses (INAH, consultado en 2025).



Figura 141. Sitio arqueológico Cempoala. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Cuajilote

Ciudad totonaca cuyo origen se remonta a tres mil años, con edificios que llegan a alcanzar una gran altura, amplias plazas y juegos de pelota, y señas del culto a Tezcatlipoca, el espejo negro humeante (*Figura 142*). Debido a la topografía en la que se encuentra y a las corrientes de agua que circundan al sitio, su relieve fue modelado en pequeños valles con suelos profundos y fértiles, lo que favoreció el establecimiento de una ruta de comunicación entre el centro de México y la Costa del Golfo. Este asentamiento es considerado como una ciudad tributaria de la Triple Alianza (conformada por las ciudades-estado de Teotihuacán, Texcoco y Tenochtitlan), la cual fue receptora de grandes cantidades de productos entre los que destacan las plumas de ave. (INAH, consultado en 2025).



Figura 142. Sitio arqueológico Cuajilote. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Cuyuxquihui

Ciudad totonaca surgida con la caída de El Tajín, fue importante en la región hasta que la conquistó Moctezuma Ilhuicamina hacia 1465. Sus pirámides al borde de un acantilado y su gran juego de pelota son dechado de sobriedad y fuerza (*Figura 143*).

Este asentamiento mantuvo una posición importante en la región hasta que fue conquistado por los mexicas al mando de Moctezuma Ilhuicamina, en 1465. En Cuyuxquihui se han identificado estructuras arquitectónicas similares a fortificaciones, por lo que se interpreta que diversos movimientos migratorios fueron acompañados de conflictos bélicos entre determinados grupos. (INAH, consultado en 2025).



Figura 143. Sitio arqueológico Cuyuxquihui. Fuente: INAH, consultado en 2025.

El Tajín

El Tajín que en totonaco significa "trueno" o "humo poderoso". Esta ciudad sagrada de la costa del Golfo floreció durante el periodo Epiclásico (800-1100 d.C.). Uno de los más importantes es el edificio de los Nichos, donde del 17 al 25 de marzo se registra un evento solar dentro del ciclo llamado cuartos de año (ocurren en marzo, junio, septiembre y diciembre). En ese momento se puede apreciar cómo el sol desciende desde el edificio, iluminándolo todo, mientras el resto del sitio permanece en la oscuridad (*Figura 144*).

En la antigua ciudad había dos deidades principales que también marcan la dualidad: Quetzalcóatl como dios del sol y Tláloc como dios de la lluvia, que representan nuevamente el equilibrio entre el universo y la vida en la Tierra, incluidos todos los seres vivos (plantas, animales, cerros y manantiales) de su entorno, a los cuales se les dotaba de un alma y se les pedía permiso para disponer de ellos, pues creían en la convivencia con orden y respeto: no debían cazar a un animal si no era para consumirlo, o cortar un árbol si no se iba a utilizar (INAH, consultado en 2025).



Figura 144. Sitio arqueológico El Tajín. Fuente: INAH, consultado en 2025.

El Zapotal

El sitio es conformado por estructuras monumentales elaboradas en barro sin cocción. Posiblemente se trate de un complejo urbano – arquitectónico correspondiente al periodo Clásico (300 – 900 d. C.), tanto por el tipo de distribución y monumentalidad de las estructuras, como por tratarse de un conjunto correspondiente a la zona denominada como La Mixtequilla. Entre los hallazgos más importantes se cuenta un conjunto de grandiosas figuras de cerámica, entre ellas la escultura de Mictlantecuhtli, Dios de la Muerte. Las diferentes esculturas estaban acompañadas por un osario compuesto de un centenar de figurillas de barro, entre las que destacan las llamadas caritas sonrientes y un conjunto de mujeres con el torso desnudo, a las que se denominó "Las Señoras de la Tierra", como representaciones de Cihuatetéotl. Culturalmente se localiza muy cerca del sitio Cerro de las Mesas y otros sitios pequeños pertenecientes a la cultura de Remojadas (*Figura 145*).



Figura 145. Sitio arqueológico El Zapotal. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Las Higueras

Este sitio floreció de 600 a 900, y gracias a los asombrosos murales en las paredes de sus estructuras, donde se reflejan escenas rituales, templos, personas, animales y símbolos, entre otros, ha sido posible conocer la evolución de los pueblos de la zona (*Figura 146*).

En cuanto a su arquitectura, las Higueras muestra elementos de Tajín, aunque los rasgos arquitectónicos Teotihuacanos son dominantes. La pirámide 1 es la estructura más importante puesto que muestra una serie de murales totonacos que destacan por su variedad pictórica, que permite reconstruir la secuencia de ocupación del sitio. Al parecer este edificio tuvo cuatro etapas constructivas y son la segunda y tercera las que conservan las pinturas murales. El Totonacapan, como se le conoce a esta región estaba dividido en pequeños señoríos con relaciones comerciales y alianzas políticas y de parentesco (INAH, consultado en 2025).



Figura 146. Sitio arqueológico Las Higueras. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Quiahuiztlán

Este asentamiento se localiza en las faldas del cerro Bernal, a 30km al norte Cempoala, dentro del municipio de Actopan (*Figura 147*).

Un aspecto importante es su arquitectura funeraria que conformó un cementerio dividido en tres grupos: central, oriental y un conjunto de tumbas en el sur. A pesar de que ocupó toda la falda del cerro, concentró la población en las zonas sur, poniente y norte, es necesario señalar que fue en la parte norte donde se erigieron las construcciones religiosas, civiles y funerarias.

El cementerio oriental consta de 28 tumbas agrupadas en hileras sin orden aparente, mientras que el cementerio central se compone de 36 tumbas ordenadas en dos hileras irregulares y separadas por un muro de contención. Las tumbas del sur, por su parte, tienen cuatro construcciones de mayores dimensiones colocadas en línea. Los sepulcros se construyeron con lajas de estuco de arena, cal obtenida con la cocción de conchas y moluscos, siendo elementos básicos de las tumbas un basamento, la cámara funeraria, el adoratorio, un techo y una escalinata (INAH, consultado en 2025).



Figura 147. Sitio arqueológico Quiahuiztlán. Fuente: INAH, consultado en 2025.

San Lorenzo Tenochtitlan

San Lorenzo Tenochtitlán (*Figura 148*) fue una ciudad olmeca que se desarrolló sobre una gran isla tropical, delimitada por ríos navegables y grandes llanuras de inundación en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, esto le permitió controlar la comunicación, junto con el transporte terrestre. La ocupación más antigua abarca dos fases: fase Ojochi y fase Bajío que van de 1500 a 1200 a.C.

San Lorenzo llegó a albergar a 13 mil personas antes del 900 a.C., y entre el 900 y 850 a.C. comenzó el abandono del sitio y de la región circundante, es probable que factores como conflictos, enfermedades y cambios ambientales hayan contribuido a este proceso, por lo que entre el 850 y el 600 a.C., en la fase llamada Nacastre, había alrededor de 500 personas en la región cercana (INAH, consultado en 2025).



Figura 148. Sitio arqueológico San Lorenzo Tenochtitlan. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Tres Zapotes

Sitio olmeca contemporáneo de La Venta, dicha cultura se distribuyó principalmente en el Golfo de México, aunque se desconoce la exactitud de sus límites hacia el sur y sureste, y tuvo su apogeo aproximadamente entre 1300 y 600 a. C. El asentamiento prehispánico de Tres Zapotes (*Figura 149*) se extiende por más de 3 kilómetros a lo largo del Arroyo Hueyapan y es conocido principalmente por la apreciable cantidad de esculturas de estilo Olmeca e Izapa encontradas en él. La mayoría de los edificios se localizan en la orilla oeste del arroyo, sobre el llano aluvial y una terraza natural de depósitos sedimentarios y volcánicos. A partir del recorrido se han detectado más que 150 montículos, terrazas artificiales, y rasgos naturales modificados (INAH, consultado en 2025).



Figura 149. Sitio arqueológico Tres Zapotes. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Vega de la Peña

Este sitio, debe entenderse en el contexto de la Subcuenca del Río Bobos, en la porción central de Veracruz (*Figura 150*). Esta región fue receptora y redistribuidora comercial, aprovechando la red de comunicaciones demarcada por la fisiografía. Esta red fue aprovechada por los Mexicas en su expansión hacia el Golfo, convirtiendo a los asentamientos del valle en tributarios de la triple alianza. El grupo social que se desarrolló en esta zona muestra rasgos multiculturales: Mayas, Olmecas, Huastecos, Totonacos y Toltecas; a través de los análisis de materiales se han identificado vínculos antiguos con Oaxaca y el Área Maya; hacia el Clásico con Teotihuacán y El Tajín, y finalmente con Tula y la Cuenca de México (INAH, consultado en 2025).



Figura 150. Sitio arqueológico Vega de la Peña. Fuente: INAH, consultado en 2025.

Dentro del SAR no se encuentra ningún sitio arqueológico.

Religión y tradiciones

La religión predominante en los municipios del SAR es la católica con el 93.17% (Comapa), 81.42% (Soledad de Doblado) y 95.17% (Zentla) (*Cuadro 79*). Entre las principales festividades y riquezas culturales de la región, destacan las festividades en honor a festividades religiosas (*Cuadro 80*).

Cuadro 79. Religión en el municipio del SAR.

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	CATÓLICA	POBLACIÓN CON GRUPO RELIGIOSO PROTESTANTES/ CRISTIANOS EVANGÉLICOS	OTRAS RELIGIONES	SIN RELIGIÓN
Comapa	19,876	18,518	1,022	2	331
	%	**93.17**	5.15	0.01	1.67
Soledad de Doblado	28,130	22,906	3,495	9	1,699
	%	**81.42**	12.43	0.03	6.03
Zentla	12,581	11,974	398	1	206
	%	**95.17**	3.16	0.007	1.63
Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, 2020.					

Cuadro 80. Principales festividades y riquezas culturales de la región.

MUNICIPIO	FIESTAS POPULARES Y TRADICIONES
Comapa	El 22 de julio se celebra la fiesta patronal de Santa María Magdalena. El 15 de mayo, se lleva a cabo la fiesta en honor de San Isidro Labrador, patrono del pueblo, en ésta se realizan danzas como la de los negritos y los pilatos. Con fecha movible se celebra la fiesta del Sagrado Corazón de Jesús. El 1 y 2 de noviembre es la fiesta de Todos Santos y Fieles Difuntos, en la cual se colocan altares en los centros de las casas y se ofrecen a los muertos alimentos y platillos que en vida disfrutaban. Se acostumbra en los festejos la música de banda, sones Huastecos, los cuales se ejecutan con la jarana, el violín y la guitarra. En el municipio de elaboran ladrillos en hornos caseros, para la construcción de casas. Comapa, río de las ollas, Santa María Magdalena, patrona de la cabecera municipal, producción de café, maíz, caña de azúcar, ganadera y picante comapeño.
Soledad de Doblado	El 2 de febrero se celebra la fiesta tradicional de la Virgen de la Candelaria, a través de una feria en la cabecera municipal, para cerrar con un baile. Hay ocasiones en las que la feria se realiza en el parque municipal y otras en las que se utiliza la unidad deportiva, considerando los espacios que necesitan los atractivos de la feria.
Zentla	Mayo: Feria de la Caña de Azúcar y el Café. 19 de marzo: Fiesta patronal de la comunidad: Col. Manuel González en la Parroquia de San José. 7 de octubre: Fiesta patronal de la comunidad de San José Zocapa en la capilla Nuestra Señora del Rosario. 26 de julio: Fiesta patronal de la comunidad Puentecilla en la Capilla a nuestra señora de Santa Ana. 15 de mayo: Fiesta patronal de la comunidad de Coyotepec en la Capilla a San Isidro Labrador. 30 de septiembre y 15 de mayo: Fiesta patronal de la comunidad de Zentla, en la Capilla San Jerónimo.
Fuente: Plan de Desarrollo Municipal Comapa, 2022-2025. Plan de Desarrollo Municipal Soledad de Doblado, 2022-2025. Plan de Desarrollo Municipal Zentla, 2022-2025	

IV.3.3.4 CONCLUSIONES

Los municipios dentro del SAR presentan condiciones económicas bajas para la población, más del 60% de su población son pobres, el nivel de rezago educativo se localiza por arriba del 30% y con estimaciones de crecimiento poblacional de la CONAPO está irá disminuyendo. Dentro de sus principales actividades económicas se encuentran dentro de los sectores primarios y terciarios. El proyecto podría impactar de manera positiva a los municipios del SAR, ya que este puede generar fuentes de trabajo y atraer habitantes a los municipios. Aunque si bien los impactos positivos pueden ser limitados, no se considera una negativa en fenómenos sociales, ya que en la entidad se han comenzado a instalar proyectos fotovoltaicos, por lo que el proyecto no es ajeno.

IV.3.4 PAISAJE

El paisaje puede ser visto como una parte de un territorio que puede ser observada desde un lugar determinado (RAE, 2017). Sin embargo, en el ámbito de gestión ambiental, el paisaje es un área heterogénea de varios kilómetros compuesta de una gama de ecosistemas interactuando entre sí y se repite de formas similares (Forman y Gordon, 1981).

Actualmente, el paisaje representa uno de los recursos naturales con mayor importancia y demanda social debido a su valor escénico, el cual es fuertemente apreciado por gran parte de la población. Los cambios sobre éste tienen una incidencia en el territorio, por lo tanto, las actividades y modificaciones llevadas a cabo en él deben ser justificadas para que se implementen criterios que eviten o mitiguen su degradación. En este sentido, el paisaje debe ser preservado y en especial cuando se muestra una alta calidad visual pudiéndose justificar por su valor estético, pero también por su valor potencial para usos recreativos y de conservación o bien como un patrimonio cultural (Estévez, V. *et al.*, 2012; Alberruche-del Campo, *et al.*, 2015).

IV.3.4.1 VISIBILIDAD

La visibilidad es una característica de los objetos de ser visibles, dependiendo la distancia desde donde son observados y las condiciones atmosféricas presentes (RAE, 2017b). Para ello se utiliza una cuenca visual, la cual es el área o conjunto de superficies en que un objeto o punto puede ser observado. Su estudio constituye una parte importante para el análisis del paisaje visual. Cuando se quiere efectuar una modificación en el territorio cuya superficie sea extensa, se debe de llevar a cabo este cálculo (Gonzalo, 1996).

La cuenca visual deriva del relieve del sitio, pues éste impide la visibilidad de los elementos encontrados tras éste desde el punto de vista del observador. Para este caso, se sigue la lógica de cualquier punto de observación implica un punto observado desde su propia cuenca visual, por lo que se utilizó como punto de observación los puntos a observar (obras del proyecto) (*Figura 151*).

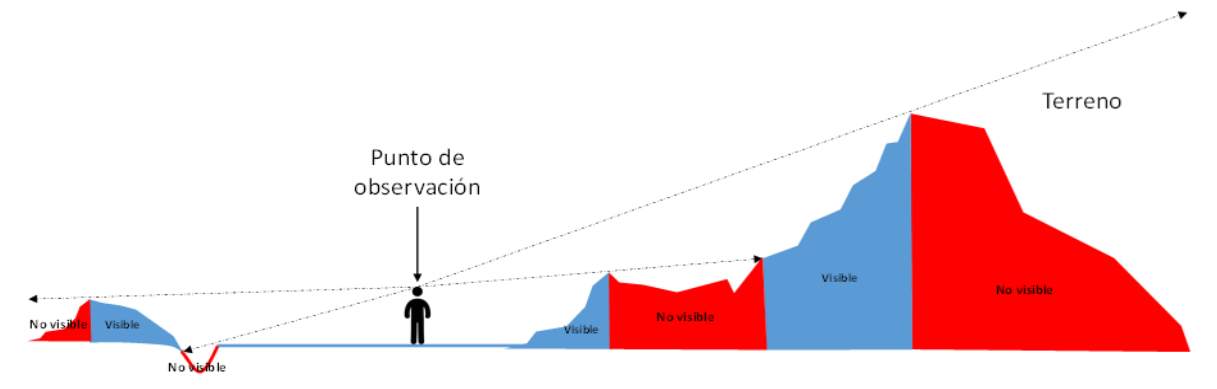


Figura 151. Diagrama de puntos de observación de una cuenca visual.

Metodología

La forma de determinar la visibilidad de las actividades u obras del SAR del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV se llevó a cabo mediante el uso del software ArcGis 10.8, en donde se consideraron los siguientes insumos:

- Modelo Digital de Elevación (MDE): Este se obtuvo del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 de INEGI, con una resolución de 15m por píxel. Dicho modelo fue previamente procesado y proyectado a una proyección UTM en zona 14.

- Altura promedio de la vegetación y uso de suelo: Se empleó la clasificación de uso de suelo y vegetación elaborada para el SAR del proyecto a partir de una imagen de satélite Sentinel 2A, misma que fue categorizada considerando la altura promedio de la vegetación y uso de suelo del SAR/proyecto, dato obtenido a partir de los recorridos de campo.

- Puntos de observación: Fueron generados 13 puntos de observación distribuidos en los sitios en donde se ubicarán las obras y predio del proyecto.

- Altura de observación: Para este insumo se consideraron sitios de observación, en donde se les asignaron la altura que corresponde a la altura de los ojos de un observador sobre el terreno.

- Alcance visual: Se estableció en 8 km puesto que en el SAR no se encuentran estructuras de gran tamaño que puedan ser distinguibles a mayores distancias; esto dado que en diversos estudios elaborados por Sullivan, Kirchler, Cothren y Winters (2013) se hace mención sobre el límite en que algunos objetos y edificaciones (siendo aerogeneradores para dicho estudio) son visibles es muy variable de acuerdo a las condiciones atmosféricas y a las dimensiones de las estructuras, causando un contraste a los 16 km en los estudios realizados en el Reino Unido y a los 8 km en los estudios hechos en Estados Unidos.

Finalmente, todos estos datos fueron procesados en el software ArcGis 10.8 para obtener la visibilidad del proyecto.

Resultados

Como resultado el proyecto tendrá una visibilidad del 3.478% (9.934 km^2) en el SAR, mientras que en el 96.522% (275.664 km^2) no será visible (*Figura 152*). Desde la porción noroeste del SAR, las obras del proyecto serán visibles ya que en esa dirección del SAR existen terrenos más altos respecto al sitio en donde se ubicará el proyecto y sus obras; situación contraria a lo que sucede en la fracción Este del SAR, ya que al ser terrenos de menor elevación respecto al predio del proyecto esto impedirá la observación del proyecto y sus respectivas obras. En cambio, por otra parte, el mayor grado de visibilidad de las obras del proyecto se presenta sobre la porción centro del SAR y justo en las inmediaciones del predio del proyecto, localizado morfológicamente en una zona de lomeríos con

llanuras que presentan ligeras ondulaciones; por lo que desde estos puntos es factible la visualización del proyecto y su infraestructura; a esta característica física del terreno se añade la presencia de sitios donde se practican actividades agropecuarias, las cuales al carecer de cobertura forestal, facilitarán la visibilidad de las obras.

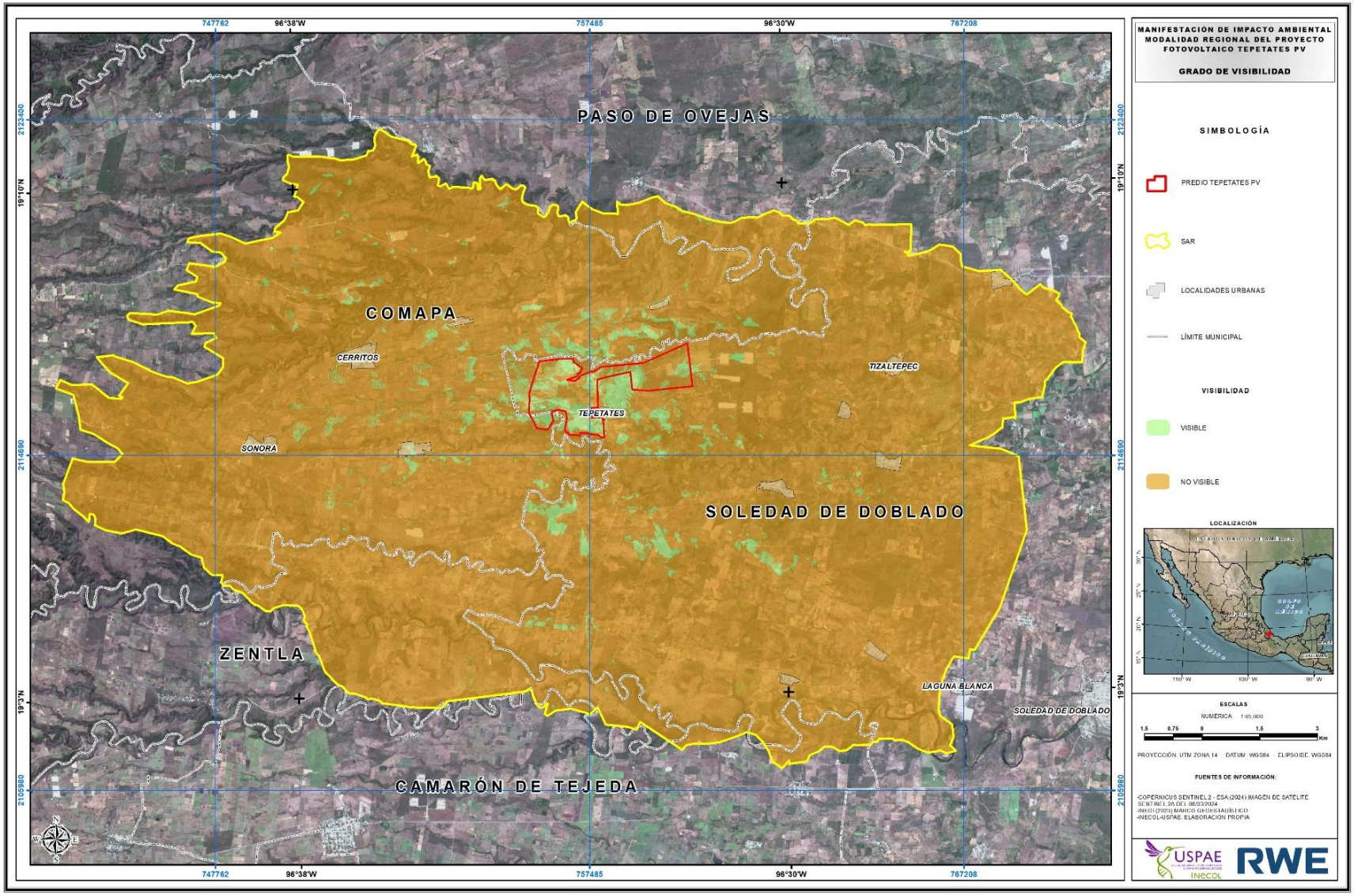


Figura 152. Mapa de visibilidad del proyecto.

IV.3.4.2 CALIDAD PAISAJÍSTICA

La calidad intrínseca de un paisaje se entiende como el estado de conservación o excelencia que presenta un paisaje determinado en función de la estructura de cada una de sus unidades de paisaje. Esta evaluación se realiza para definir los cambios en la conservación con base en las modificaciones que se desarrollan en el territorio ya sea por actividades o la inserción de obras (Estévez, V. *et al.*, 2012; Alberruche-del Campo, *et al.* 2015).

Cabe destacar que la presencia de cuerpos y corrientes de agua en la zona aumenta sustancialmente la calidad de un paisaje debido a las aportaciones de estos sobre la vegetación, la fauna y actividades económicas. De este modo, a pesar de que algunos cuerpos y corrientes de agua (canales) son de origen antrópico, éstos son los principales soportes de la diversidad faunística dentro de las áreas cercanas a éstos.

Metodología

Para calcular la calidad visual intrínseca de paisaje de cada unidad de paisaje se utilizaron los valores de peso o ponderación que proponen Alberruche-del Campo *et al.* (2015) para cada factor de la unidad de paisaje y se utilizó la siguiente fórmula para obtener un valor global por cada unidad de paisaje.

$$Cv = 0.2Cvir + 0.5Cviv + 0.2Cvia + 0.1Cviea$$

Donde,
Cv **=** Calidad visual del paisaje
Cvir **=** calidad intrínseca de relieve (pendientes)
Cviv **=** calidad visual intrínseca de vegetación
Cvia **=** calidad visual intrínseca de agua
Cviea **=** calidad visual intrínseca de elementos artificiales

*El valor de los coeficientes varía de acuerdo con el criterio del evaluador, según las características del medio en que se desarrollará el estudio.

Cabe mencionar que para delimitar las unidades de paisaje no se emplea la pendiente del terreno, por lo que fue necesario determinarla mediante un modelo digital de elevación; ello con el fin de poder utilizar los valores de la calidad intrínseca del relieve. Por lo que las pendientes del terreno se determinaron mediante un modelo digital de elevación, agrupándolas en seis diferentes rangos; esto con la finalidad de apreciar diferencias en la zona del SAR y evitar generalizar las unidades de paisaje (*Cuadro 81*).

Cuadro 81. Valores de índices de calidad visual del relieve (pendiente).

PENDIENTE DEL TERRENO	VALORES (*CVIR*)
<1°	0.3
1-5°	0.8
5-10°	1
10-20	0.8
20-30	0.7
30-45	0.6
>45	0.1

El índice de la calidad visual intrínseca de vegetación (Cviv) fue realizado con valores que fueron tomados y adaptados para los tipos de vegetación de las unidades de paisaje (*Cuadro 82*).

Cuadro 82. Valores de índices de calidad visual de la vegetación y uso del suelo.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	VALORES (*CVIV*)
Agricultura	0.3
Pastizal cultivado	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.5
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.6

El componente agua se valoró mediante la presencia de cuerpos de agua, corrientes perennes e intermitentes (en la zona del SAR, y al interior de cada unidad de paisaje). En el caso de presentarse formaciones de agua dentro de las unidades de paisaje se les asignó un valor alto (1) y en el caso de ausencia, se redujo el valor a 0.1 (*Cuadro 83*).

Cuadro 83. Valores de índices de calidad visual de la presencia de agua.

PRESENCIA DE CUERPOS Y/O CORRIENTES DE AGUA	VALOR (CVIA)
Sin presencia	0.1
Con presencia	1

Para el índice de elementos artificiales se consideraron como componentes artificiales del paisaje los núcleos de población y las zonas agropecuarias. Se partió de la premisa de que una menor ocupación de elementos artificiales representa una mayor naturalidad que significa una mayor calidad visual, mientras que una mayor cantidad de elementos artificiales implica una menor calidad visual (*Cuadro 84*). Para establecer los índices se tomaron en cuenta los tipos de vegetación de las unidades de paisaje.

Cuadro 84. Valores de índices de calidad visual de la presencia de elementos artificiales.

PRESENCIA DE ELEMENTOS ARTIFICIALES	VALOR (CVIEA)
Sin presencia	1
Uso agropecuario	0.3
Con presencia	0.1

Finalmente se aplicó la ecuación antes propuesta y los resultados se categorizaron de la siguiente forma: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta (*Cuadro 85*).

Cuadro 85. Categorización de la calidad visual intrínseca.

CATEGORIZACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA	RANGO DE VALOR
Muy baja	< 0.2
Baja	0.21 - 0.4
Media	0.41 – 0.6

CATEGORIZACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA	RANGO DE VALOR
Alta	0.61 – 0.8
Muy alta	0.81 - 1

Resultados

Dentro del SAR se identificaron tres tipos de calidad en el paisaje de manera previa a la instalación del proyecto. Estos resultados fueron Baja (0.110 %), Media (90.302 %), Alta (9.588 %). Los resultados fueron determinados en su mayoría por el uso del suelo y la vegetación existente; pues el SAR al ser constituido principalmente por zonas agropecuarias y asentamientos humanos dispersos en contraste con reducidas áreas con cobertura natural vegetal, mismas que están relegadas a barrancas de difícil acceso, da como resultado que la calidad visual de las unidades de paisaje del SAR presenten un valor medio en su calidad visual (poco más del 90% de la superficie del SAR), ya que existe una predominancia de sitios antropizados o impactados, mismos que se extienden por toda la superficie del SAR. Los sitios con calidad alta se localizan principalmente sobre las barrancas que a su vez aún resguardan cobertura de vegetación natural con diferentes grados de conservación, ubicándose en la parte noroeste y sureste del SAR (*Cuadro 86* y *Figura 153*).

Cuadro 86. Superficies para la calidad visual intrínseca del SAR.

CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	ÁREA (KM^2)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
Baja	31.340	0.313	0.110
Media	25,790.078	257.901	90.302
Alta	2,738.435	27.384	9.588
Total	28,559.853	285.599	100.000

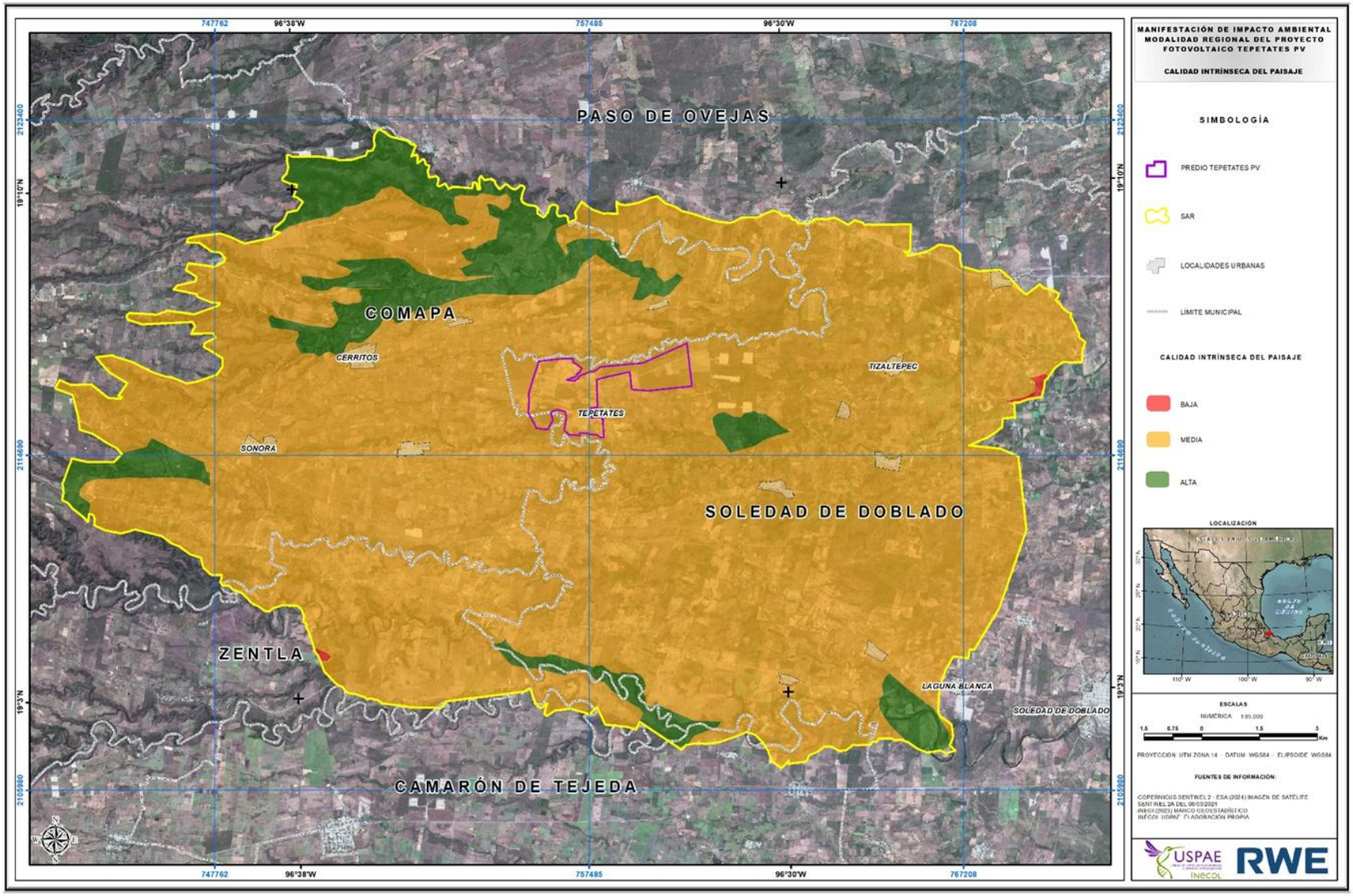


Figura 153. Calidad visual intrínseca del paisaje del SAR.

IV.3.4.3 FRAGILIDAD

La fragilidad es una característica derivada de la absorción visual, a mayor fragilidad menor será la capacidad de absorción y a menor fragilidad mayor será la capacidad de absorción, también es entendida como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla una modificación sobre él. Esta fragilidad depende de factores biofísicos que amortiguan o realzan las alteraciones visuales, los factores más significativos son el uso de suelo y vegetación, la fisiografía y la cuenca visual (Pérez, L. *et al.*, 2002; Alberruche-del campo, *et al.*, 2015).

La fragilidad visual intrínseca puede ser interpretada como el inverso de la calidad visual del paisaje, a mayor calidad visual del paisaje menor será la fragilidad y a menor calidad del paisaje mayor será la fragilidad, esto debido a que una buena calidad del paisaje contiene elementos naturales poco alterados y por lo tanto tiene una mayor capacidad de absorción.

Metodología

Para calcular la fragilidad visual intrínseca de paisaje se utilizaron los valores de peso que propone Alberruche *et al.* (2015) pero de manera modificada para el área de estudio y se utilizó la siguiente fórmula para obtener un valor global por cada unidad de paisaje.

Fvi=0.2Fvip+0.6Fviv+0.2Fvie	**Donde,** **Fvi =** Fragilidad visual intrínseca del paisaje **Fvip =** Fragilidad intrínseca de pendiente **Fviv =** Fragilidad visual intrínseca de vegetación **Fviea** = Fragilidad visual intrínseca de elementos artificiales

*El valor de los coeficientes varía de acuerdo con el criterio del evaluador, según las características del medio en que se desarrollará el estudio.

Cada uno de los elementos que compone a la calidad intrínseca del paisaje tendrá un valor de acuerdo con las variables que presente, para el caso de la pendiente del terreno, los sitios más llanos tendrán un índice mayor de fragilidad debido a la facilidad de ingresar elementos antrópicos como lo son infraestructura urbana, zonas industriales, así como la transformación al uso agropecuario (*Cuadro 87*).

Cuadro 87. Valores de índices de fragilidad visual de la pendiente.

PENDIENTE DEL TERRENO	VALORES (FVIP)
<1°	1
1-5°	1
5-10°	0.8
10-20	0.7
20-30	0.6
30-45	0.3
>45	0.1

En cuanto al uso de suelo y vegetación, aquellos tipos que presenten áreas alteradas serán las que mantengan un valor más alto para el cálculo de la fragilidad; mientras que las áreas conservadas serán las que mantengan un valor mínimo (*Cuadro 88*).

Cuadro 88. Valores de índices de fragilidad visual del uso de suelo y vegetación.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	VALOR (FVIV)
Agricultura	1
Pastizal cultivado	0.8
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.4
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.2

Dado que la presencia de elementos artificiales es crucial para determinar la capacidad de soportar los cambios producidos, una alta presencia de éstos representará una alta fragilidad; mientras que un área sin presencia de éstos implicará una mejor capacidad de absorción siendo una baja fragilidad (*Cuadro 89*).

Cuadro 89. Valores de índices de fragilidad visual de la presencia de elementos artificiales.

PRESENCIA DE ELEMENTOS ARTIFICIALES	VALOR (FVIEA)
Sin presencia	0.1
Uso agropecuario	0.8
Con presencia	1

Finalmente se aplicó la ecuación antes propuesta y los resultados se categorizaron de la siguiente forma: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta (*Cuadro 90*).

Cuadro 90. Categorización de la fragilidad visual intrínseca.

CATEGORIZACIÓN DE LA FRAGILIDAD VISUAL INTRÍNSECA	RANGO DE VALOR
Muy baja	< 0.2
Baja	0.21 - 0.4
Media	0.41 – 0.6
Alta	0.61 – 0.8
Muy alta	0.81 - 1

Resultados

La fragilidad intrínseca del SAR muestra cuatro rangos de fragilidad de los cinco posibles, siendo la fragilidad muy alta la más predominante con el 70.253 % de la superficie del SAR, seguido por la fragilidad alta con el 20.157% (*Cuadro 91* y *Figura 154*), en cambio, el restante 9.59% de la superficie del SAR presenta los dos niveles restantes de fragilidad detectados en el SAR (media y baja). Este contrate entre superficies entre los rangos de fragilidad detectados se debe a que en el SAR se encuentran grandes extensiones de zonas antropizadas (principalmente zonas agropecuarias) a diferencia de otros sitios en donde aún se aprecian algunas coberturas vegetales y sitios con pendientes medianamente pronunciadas, lo que propicia su conservación debido a lo complicado de su acceso y que a su vez; deriva en que la composición paisajística del SAR sea heterogénea.

Cuadro 91. Superficies para la fragilidad visual intrínseca del SAR.

CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	ÁREA (KM2)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
Baja	1,600.885	16.009	5.605
Media	1,138.206	11.382	3.985
Alta	5,756.719	57.567	20.157
Muy alta	20,064.044	200.641	70.253
Total	28,559.853	285.599	100.000

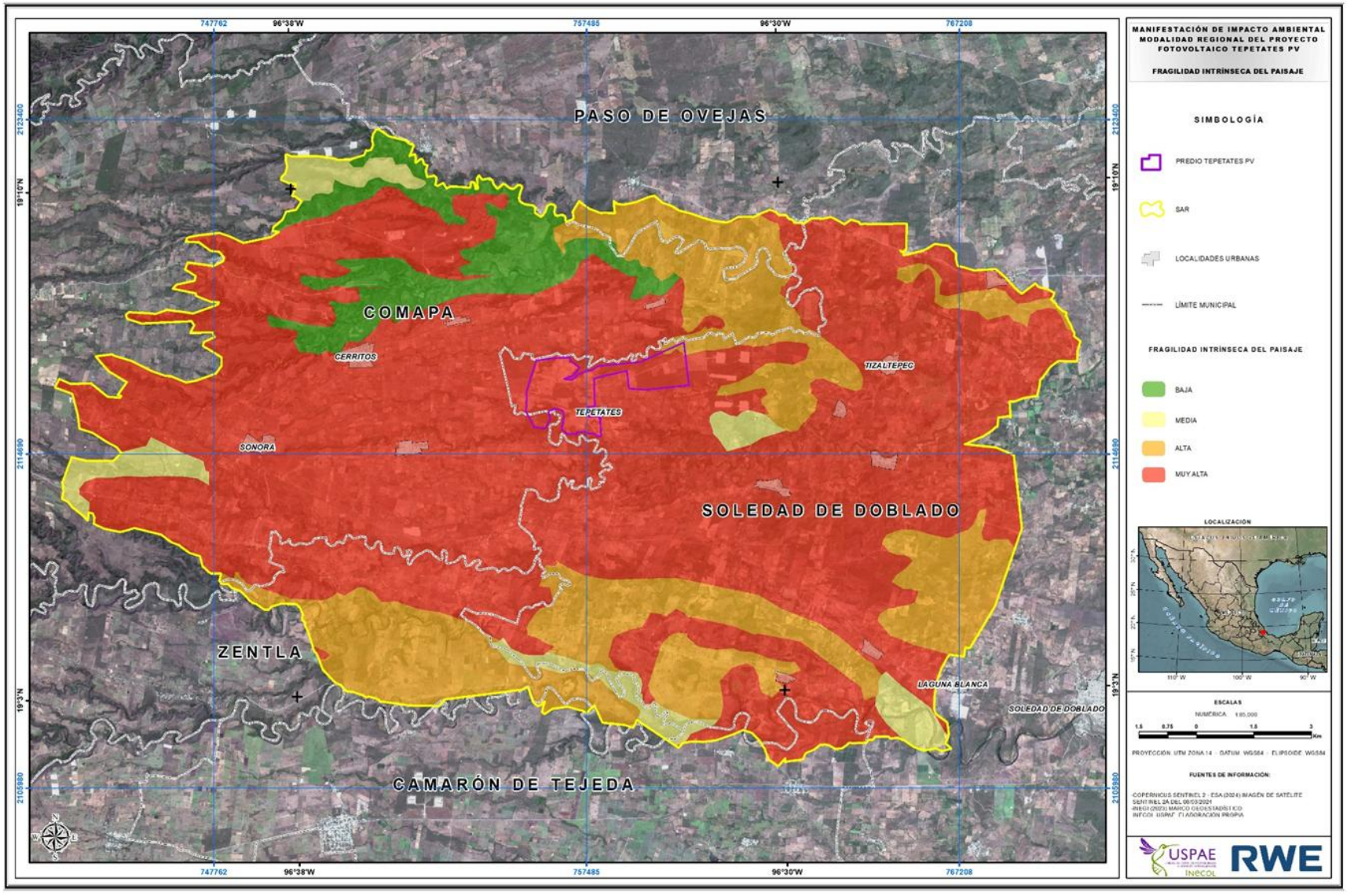


Figura 154. Fragilidad visual intrínseca del paisaje del SAR.

IV.3.4.4 CONCLUSIÓN

En gran parte de la superficie del SAR, el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV tendrá una visibilidad nula ya que en más del 96.522 % de la superficie del SAR las obras del proyecto no podrán ser apreciadas debido a que las condiciones topográficas (terrenos más bajos respecto al sitio donde se ubica el predio del proyecto) impiden la visualización de este, por lo que el impacto visual del proyecto será mínimo. En cambio, las partes en donde el proyecto será apreciable se localizan principalmente hacia el rumbo noroeste del SAR, por lo que se espera que el impacto visual en estos sitios sea reducido ya que el proyecto está inserto en una matriz en donde principalmente existe predominancia de zonas agropecuarias y desprovistas de cobertura vegetal natural, así como localidades urbanas dispersas.

La calidad visual paisajística del SAR es de una categoría de media en los sitios en donde se localizan zonas agropecuarias y asentamientos humanos y justo en donde las pendientes del terreno permiten que se desarrollen todas estas actividades humanas. Por el contrario, se observó que las zonas que ostentan una calidad visual del paisaje alta guardan una estrecha relación entre los sitios que presentan aún cobertura vegetal y pendientes del terreno con mayor inclinación, tal es el caso de la porción noroeste del SAR en donde se localizan barrancas y en la porción sureste, en donde se presentan valles; así como también a su vez, los escurrimientos de agua de mayores dimensiones; por lo que en estas zonas es donde el SAR aun guarda una mejor calidad escénica.

Respecto a la fragilidad visual paisajística del sitio, se encontró que la zona presenta una muy baja capacidad para la absorción visual de cambios en el paisaje, dado que la cobertura vegetal natural se encuentra restringida a ciertas ubicaciones especificas del SAR, así como también el relieve el cual se caracteriza en las inmediaciones del proyecto por ser predominantemente una zona de lomeríos con llanuras y ligeras ondulaciones; lo que propicia que poco más del 70% de la superficie del SAR presente una fragilidad visual muy alta. En la zona en donde se pretende instalar el proyecto la fragilidad visual del SAR se determinó como muy alta, por lo que considerando que el sitio donde será instalado el proyecto ya se encuentra previamente impactado, la instalación del mismo pasará desapercibida o será irrelevante para los ojos de un observador, lo que resultará en que la infraestructura del mismo cause muy poco o nulo impacto visual.

IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En el apartado presentado a continuación, se realiza el diagnóstico del área del proyecto y su correspondiente Sistema Ambiental Regional (SAR), el cual, como se menciona al inicio del capítulo IV, corresponde al proyecto, la información aquí plasmada se encuentra sustentada principalmente por las características del proyecto y es soportado con visitas a campo, imágenes satelitales y análisis multidisciplinario. Con estos datos se logra generar una descripción concisa del sistema ambiental desde una perspectiva integrada y congruente con el estado actual del ecosistema en la región del estado de Veracruz, donde se desarrolla el proyecto, ubicado en el municipio de Tepetates.

Se identificaron las Unidades Ambientales, así como los usos de suelo y vegetación presentes en el área del proyecto, considerando los componentes relevantes del medio físico, biótico y socioeconómico, posteriormente se realizó una valoración cuantitativa y cualitativa a través del establecimiento de indicadores ambientales (medibles en campo) para conocer el grado de conservación y vulnerabilidad del SAR, para ello se utilizó la metodología de Evaluación de la Criticalidad de las Unidades Ambientales (Maqueo, 2004) en función de los servicios ambientales y los intereses sociales para la conservación, la cual se describe más adelante.

IV.4.1 DESCRIPCIÓN BREVE DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

IV.4.1.1 CLIMA

Debido a que no existen estaciones meteorológicas al interior del SAR que tengan datos operativos suficientes, se presenta una descripción del clima del Sistema Ambiental Regional (SAR) a partir de las normales climatológicas de una estación meteorológica: Soledad de Doblado, Ver. que se ubica a 3.5 km al sureste del SAR y a unos 14 km del proyecto (SMN, 2025).

Tipo de clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se presentan dos tipos de clima en el SAR, variantes del grupo de climas muy cálidos subhúmedos: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa.

Temperatura

De acuerdo a las Normales Climatológicas 1980-2010 (que fueron publicadas temporalmente en 2024 por el SMN, y que actualmente a inicios de 2025 en la página de la misma dependencia solamente aparecen las del periodo 1970-2000) la temperatura media anual es de 25.8°C en Soledad de Doblado,

Ver. La temperatura media mensual más baja es de 21.6°C en el mes de enero, mientras que la más alta es 29.8°C en mayo, por lo que con oscilación de 8.2°C, el sitio se puede considerar de oscilación térmica extremosa (e).

La temperatura máxima extrema más alta registrada es de 46°C en durante los meses de abril, mayo, mientras que la temperatura mínima extrema más baja registrada ha sido de forma reiterada de 1°C en los meses de enero a abril e igualmente en diciembre, según los datos del SMN de 2024.

Precipitación

La región en general presenta dos franjas bien diferenciadas de variantes climáticas de clima muy cálido subhúmedo: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa debido a que recibe mayores valores de precipitación media.

La precipitación media anual de la estación Soledad de Doblado, Ver. es de 906.5 mm, con una mínima mensual de que va de 10.7 mm en febrero, y una máxima de 240.1 mm en julio. Esto significa que, además de una oscilación térmica extremosa, la precipitación también muestra una temporada de lluvias muy marcada, generando un contraste importante entre la temporada calurosa y lluviosa en el año, y la temporada relativamente menos calurosa, pero con un déficit hídrico intenso.

Vientos

El sistema de vientos dominante en la región central costera del estado de Veracruz tiene dos componentes principales durante el año. La primera y más importante para la región se presenta durante la primavera y el verano, cuando dominan los vientos del sureste, con una fuerte influencia de vientos del este, producto del desplazamiento hacia el norte tanto de la Zona Intertropical de Convergencia como de la Zona Subtropical de Alta Presión causando lluvias en verano y en parte del otoño, en el que la influencia ciclónica se recibe con mayor intensidad reforzándose el movimiento y vigor de los vientos del sureste y del este. A fines del otoño y principios del invierno la componente principal de los vientos se invierte y tienen influencia las masas de aire frío del norte o nortes.

Según la plataforma Meteoblue, en los alrededores de la localidad de Soledad de Doblado, Ver. los vientos dominantes proceden de del arco de direcciones N-ENE, con las dos componentes principales NNE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 431 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 334 h al año, así como de la dirección NE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 478 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 349 h al año.

Probabilidad de afectación por ciclones tropicales

Los ciclones son inestabilidades atmosféricas asociadas a áreas de baja presión, que propician vientos convergentes en superficie, que fluyen en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Se originan sobre aguas tropicales o subtropicales y se clasifican, por la intensidad de sus vientos en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

La probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado en dicho cuadrante es de 0,08; mientras que la probabilidad de que la región sea afectada por una perturbación tropical que alcance la categoría de tormenta tropical (con presión central entre 985,1 y 1 004 mb, y vientos entre 62,1 y 118 km/h) es de 0,051; y de 0,029 de que ingrese al área una perturbación con categoría de huracán (con presión central menor a los 985 mb, con vientos superiores a los 118,1 km/h). Esto indica que el riesgo de afectación directa por un ciclón tropical es relativamente bajo, en relación a otras regiones de México.

En el Sistema Ambiental Regional (SAR) se registraron 45 especies de avifauna, 12 de mastofauna, 22 especies de mastofauna voladora y cuatro especies de herpetofauna (*Cuadro 92*).

Cuadro 92. Número de especies de fauna registradas.

TAXA	REGISTRADAS (SAR)	REGISTRADAS (ÁREA DE INFLUENCIA)
Avifauna	45	27
Mastofauna	12	10
Mastofauna voladora	22	16
Herpetofauna	4	4
Totales	83	57

IV.4.2 ÍNDICE DE CRITICALIDAD

Para elaborar un diagnóstico ambiental completo, es necesario establecer una metodología que permita obtener indicadores y que, al analizarse, puedan arrojar la información necesaria para construir una panorámica del estado actual del ecosistema en función a la importancia y el estado de sus unidades ambientales.

Los indicadores o índices (la mayoría de ellos definidos por ecuaciones simples) que se introducirán y explicarán en el desarrollo metodológico, permiten establecer parámetros que muestren el estado en el que se encuentra cada unidad ambiental y en su conjunto asignarle un valor cualitativo al SAR del proyecto, que servirá como base para conocer su estado inicial, esto resulta muy útil al momento de establecer las fianzas ambientales, definir a su vez lo meticulosas, drásticas e intrusivas que deberán ser las medidas de mitigación y finalmente valorar los impactos ambientales ocasionados por el proyecto desde una perspectiva diferente.

Metodología

La valoración en función de la criticalidad de cada una de las unidades ambientales se generó construyendo ecuaciones que estimaron la importancia de las unidades identificadas por el tipo de vegetación que las cubre, estas funciones utilizadas son retomadas del trabajo de Pérez Maqueo (2003) en su análisis crítico de las manifestaciones de impacto ambiental. De acuerdo con los servicios ambientales relevantes que proveen estas unidades, se calculó un índice que valora la Importancia de la Unidad Ambiental (IUA). Esta medida está basada, para cada unidad, en la riqueza por grupo faunístico (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) que se estimó alberga la calidad del hábitat que proporciona para la fauna.

IV.4.2.1 ÍNDICE DE IMPORTANCIA DE LA UNIDAD AMBIENTAL "I" SEGÚN LOS SERVICIOS AMBIENTALES

La importancia de las unidades ambientales se determina haciendo un análisis de criticalidad de las áreas potencialmente afectadas por el proyecto y se traduce con el cálculo del índice denominado Importancia de la Unidad Ambiental (IUA) y se calcula a través de la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$IUA_i = RF_i \times CH_u$$

Donde:
IUAi = Importancia de la unidad ambiental i como proveedora de hábitat para la fauna.
RFi = Riqueza de fauna, es el número de especies identificadas en la unidad ambiental i.
CHu = Calidad del hábitat que brinda la vegetación en la unidad ambiental u dependiendo de su estado de conservación.

Dicho índice se conforma por dos parámetros, el primero de ellos (RFi) cuantifica la riqueza por grupo faunístico (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) que se estimó para cada unidad ambiental. El segundo parámetro Calidad del hábitat como una medida de la calidad de la unidad ambiental.

IV.4.2.2 CALIDAD DEL HÁBITAT

Para evaluar la calidad del hábitat se toma en cuenta la complejidad fisonómica-estructural de la vegetación, que a su vez es indicadora de la disponibilidad de sitios de refugio y recursos alimenticios para cada clase faunística; además se cuantifica en función de la cobertura relativa (Ki) de cada uno de los estratos (j) de cada tipo de vegetación presente en el área. En el caso de la cobertura relativa de vegetación, los datos corresponden a la descripción de los sitios de muestreo representativos de cada unidad ambiental. Para calcular la calidad de hábitat para la fauna se toman en cuenta dos factores, el primero es la cobertura de la vegetación por estrato (hierbas, arbustos, árboles) y el segundo es la importancia que cada estrato tiene para cada grupo faunístico. La calidad de hábitat para la fauna se calcula entonces con la Ecuación 2.

Ecuación 2

$$CH_i = \sum_g \sum_j K_{ij}\ Y_{jg}$$

Donde:
CHi = Calidad del hábitat de la Unidad Ambiental i
Kij= Disponibilidad de cuerpos de agua y cobertura del estrato j en la Unidad Ambiental i
j: =Es el estrato de vegetación en el sitio de muestreo 1= hierbas, 2= arbustos 3= árboles y 4= cuerpos de agua
Yjg = Coeficiente de importancia de disponibilidad de agua y del estrato j para la clase g
g: = Clase (1...4) 1= anfibios, 2 = reptiles, 3 = aves y, 4 = mamíferos

La importancia del estrato (complejidad estructural) se pondera de acuerdo con los puntajes que se obtienen con base a la opinión de expertos (distribuyendo tres puntos para calificar la importancia de los estratos de vegetación para la sobrevivencia de cada grupo faunístico en el área de estudio). Por lo tanto, la importancia del hábitat se pondera (Yjg) de acuerdo con los puntajes que se obtienen de la opinión de expertos. En el *Cuadro 93* se muestran los puntajes empleados en este análisis.

Cuadro 93. Coeficientes de importancia estructural del hábitat para cada clase.

CLASE	ARBÓREO	ARBUSTIVO	HERBÁCEO
Anfibios	1	3	1
Reptiles	2	3	1
Aves	3	3	1
Mamíferos	3	3	1
Nivel de importancia: 0= mínima, 1= baja, 2= media, 3= alta			

IV.4.2.3 ÍNDICE DE IMPORTANCIA POR ESPECIES

Uno de los parámetros de valoración ecosistémica, es la importancia de las especies que lo conforman (tipo de especies). En la práctica, es justificado hacer grandes esfuerzos para salvar algunas especies (programas de rescate de flora y fauna), se considera que el valor de las especies viene a ser sustituto del valor del ecosistema y estas generalmente se encuentran catalogadas dentro de listas de

protección como la NOM-059-SEMARNAT-2010, el CITES (www.cites.org) o la lista roja de la IUCN (www.iucnredlist.org).

Frecuentemente estas listas contienen a aquellas especies de orden mayor en la cadena trófica, las que, al tener mayores requerimientos de hábitat, son indicativas de la salud del ecosistema entero (Goulder & Kennedy, 1997). Por lo tanto, la inclusión de las especies NOM como un parámetro de valoración de cada una de las áreas resulta indispensable en el análisis de criticalidad que se realiza en la propuesta. En este sentido, para cada unidad ambiental la estimación se basa, para cada especie, en dos aspectos: el estatus de conservación (s), y la confiabilidad de su presencia en el área (c). En primer lugar, se pondera el estatus en el que está catalogada cada especie de flora y fauna de acuerdo con la siguiente escala: en peligro de extinción = 3, Amenazada = 2 y Sujeta a protección especial = 1. La información relacionada con el método de identificación de la especie se utiliza como una medida de la confiabilidad en la determinación de la especie. Así, si los individuos fueron colectados, observados u oídos en el estudio se considera altamente confiable y se le asigna un valor de 4. Si la presencia de la especie fue determinada por métodos indirectos en el sitio (huellas, excretas, rascaderos, o echaderos) se considera información confiable y se le asigna un valor de 3. Para las especies que han sido capturadas u observadas en otros estudios en la región se les asigna el valor 2. Finalmente, si la especie sólo ha sido reportada con distribución potencial en el sitio por CONABIO u otra fuente bibliográfica se califica con 1. Con las calificaciones del estatus y la confiabilidad en la determinación de la especie se calcula el índice de importancia por especies NOM (VNj), a través de la Ecuación 3.

Ecuación 3

$$VN_j = \sum_e s_e \, c_{ie}$$

Donde:
Se= es el coeficiente asociado con el estatus (1…4) de la especie e (1, 2, 3,..n)
Cie = es la confiabilidad de la ocurrencia de la especie "e" en la unidad ambiental "j".

La confiabilidad de la información está dada por el método de identificación y por la forma y tipo de los registros; el método de identificación que es una función directa de la confiabilidad del registro se valora según el tipo de registro de la especie (*Cuadro 94*), basándose en todas las especies catalogadas en la NOM correspondiente, incluyendo plantas.

Cuadro 94. Tipo de registro de la especie "e" en la unidad ambiental.

TIPO DE REGISTRO	DESCRIPCIÓN DE LA CONFIABILIDAD	VALOR
Entrevista	Información indirecta de lugareños de observaciones hechas por los mismos o de individuos colectados por los lugareños.	1
Rastros	Rastros indirectos (Huellas, excretas, rascaderos, echaderos, pelos, piel, caparazón, uñas, cráneos, huesos, nidos, cascarones, vestigios de comida, letrinas	2
Impreso	Fotografías del espécimen o el registro en libretas de campo hechos de observación directa por el prospector con experiencia considerable.	3
Espécimen	Individuo(s) colectados (piel + cráneo), identificación directa de individuos capturados y liberados.	4

Posterior a esta clasificación, según el tipo de registro se reclasifican según su confiabilidad determinada principalmente por la fuente del registro (*Cuadro 95*).

Cuadro 95. Valores de confiabilidad ponderados para obtener el índice de importancia por especies.

CONFIABILIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA CONFIABILIDAD	VALOR
Poco confiable	Especie reportada con distribución potencial por CONABIO, u otra fuente bibliográfica, siempre y cuando no sea información puntual del sitio.	1
Moderadamente confiable	Especies capturadas u observadas en otros estudios en la zona.	2
Confiable	Especie determinada por rastros indirectos en el sitio por el prospector con experiencia considerable.	3
Altamente Confiable	Individuos colectados, observados u escuchados con un rango alto de certidumbre (Método directo)	4

De manera paralela, se pondera el estatus en el que está catalogada cada especie de flora y fauna con el estatus de conservación que establece la NOM-059-SEMARNAT-2010, ambos valores serán utilizados en la Ecuación 4 (*Cuadro 96*).

Cuadro 96. Valores del estatus de conservación según las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ESTATUS DE CONSERVACIÓN	CLAVE	VALOR
Protección especial	Pr	1
Amenazada	A	2
En peligro de extinción	P	3

IV.4.2.4 VALOR DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN

El valor de importancia para la conservación es otro aspecto importante que debe ser considerado para evaluar el estado del ecosistema, pues representa el interés de los grupos sociales para la conservación. Dicho interés se incorporó en el análisis como una función dentro del área ocupada por el proyecto, la superficie de la unidad ambiental (u) contenida en la propuesta (p) para la conservación (Ap), ponderado por el nivel de compromiso logrado (Op). La incorporación de las áreas de interés social para la conservación se hizo, integrando la superficie del área ocupada por el proyecto dentro de la Unidad Ambiental (i) contenida en la propuesta (p) para la conservación (Aip), ponderado por el nivel de compromiso logrado {(O vale 2 si la propuesta (p) ha sido legalmente decretada y 1 si sólo está propuesta (p) formalmente y está siendo activamente considerada para su posible reconocimiento oficial)}. Para normalizar el estimador se emplea el área total ocupada por el proyecto (Ai) de la unidad ambiental que contiene al área de protección.

La forma de obtenerlo ecuación que permite obtenerlo esta modelada por la Ecuación 4:

Ecuación 4

$$VIC_i = \frac{\sum_p A_{ip} O_p}{A_i}$$

Donde:
VICi= es el valor de importancia para la conservación de la unidad ambiental i.
Aip= Área de cada unidad ambiental i contenida en la propuesta p
Ai= Área que ocupa el proyecto en cada unidad ambiental

p = Propuesta de conservación (1,2,...n)
0p = Nivel de compromiso O de la propuesta p
O = (1,2) 1 = no decretada, 2 = legalmente decretada

La manera simple de describir esta ecuación es hacer la sumatoria de todas las multiplicaciones producto de la superficie abarcada de cada unidad ambiental por la propuesta de conservación OP, que se limita a ser decretada o no decretada (decretada=2; no decretada=1) y dividir ese resultado entre el área total del proyecto.

También es importante contabilizar la superficie efectiva de conservación (ACi) en cada unidad ambiental. En ocasiones ocurre que las propuestas de conservación se traslapan unas con otras en algún grado. Así, este estimador valora exclusivamente la magnitud de la superficie de interés para la conservación, eliminando los posibles traslapes de acuerdo con la Ecuación 5.

Ecuación 5

$$AC_i = \frac{AI_i}{A_i}$$

Donde:

AC_i = Área efectiva de conservación

AI_i = Área de unidad ambiental i-ésima protegida por al menos una propuesta de conservación.

A_i = Área que ocupa el proyecto en cada unidad ambiental

IV.4.2.5 VALOR DE CRITICALIDAD DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

Finalmente, con el objetivo de obtener un solo Valor de Criticalidad (VCi) de las unidades ambientales analizadas, se establece este índice, que no es sino una recopilación de todos los anteriores, que nos permite obtener un valor cuantitativo de criticalidad en cada unidad ambiental para conocer el grado de conservación que cada una posee. El valor de criticalidad más alto corresponderá a la unidad ambiental que tenga una importancia ecológica más notable dentro del inventario ambiental del SAR y la zona del proyecto, entendiéndose por importancia ecológica el poseer una riqueza importante de especies y un ambiente poco o nulamente deteriorado (calidad del hábitat) y así en decremento de acuerdo con los resultados de cada índice calculado por unidad ambiental.

La Ecuación 6 es la que modela el Valor de Criticalidad de las Unidades Ambientales.

Ecuación 6

$$VC_u = IUA_i + VN_j + VIC_i^{N-1}$$

Es importante remarcar que para realizar la suma que indica la ecuación 6, los valores de IUAi, VNj y VIC iN-1 deben estar normalizados, pues solo así se vuelven adimensionales y pueden ser operados como cifras estadísticas.

IV.4.3 RESULTADOS OBTENIDOS POR LAS ECUACIONES

El proyecto PF Tepetates puede afectar a lo largo de su ubicación zonas con características distintas, estas zonas pueden diferir por la calidad de los bienes y servicios ambientales o por el uso de suelo que se le da. Por lo tanto, el análisis debe realizarse para cada una de las zonas o unidades ambientales por donde se sitúa el proyecto, así como para el conjunto de ellas para evaluar la calidad ambiental existente y considerar la repercusión total del proyecto. Derivado de la necesidad de realizar la evaluación sobre las unidades ambientales presentes en el SAR definido para el proyecto, se presentan a manera de lista las unidades que serán sometidas a análisis:

- Agropecuario
- Vegetación Secundaria de Selva baja Caducifolia (VSSBC)

La criticalidad del ecosistema se refiere a la fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección.

Con los datos anteriores se generó un mapa de criticalidad que muestra las diferencias entre la calidad ambiental existente.

El índice de criticalidad, al estimar la relevancia de las zonas del Sistema Ambiental Regional puede usarse como referencia para identificar y dimensionar los impactos del capítulo V de este MIA.

IV.4.3.1 RIQUEZA FAUNÍSTICA (RFI)DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

Para efectos de este análisis la mayor riqueza faunística dentro del SAR del proyecto la posee la unidad Agropecuario con 69 especies registradas, seguida de la unidad Vegetación Secundario de Selva Baja Caducifolia con 37 especies registradas. Estos datos están relacionados directamente con el número de especies registradas durante el trabajo de campo por parte de cada uno de los especialistas en cada área (aves, mastofauna, herpetofauna, etc.). Para análisis práctico de la calidad e importancia de cada una de las unidades ambientales establecidas dentro del sistema ambiental, es importante considerar todas las especies por unidad ambiental, algunos datos que se manejan para realizar este análisis pueden ser la disponibilidad de refugios, sitios de anidación y alimentación para la fauna, gracias a estos datos se puede determinar la calidad de cada unidad y su importancia con relación a la fauna que habita dentro del sistema ambiental.

Tomando lo anterior en consideración, la unidad ambiental que alberga en su interior el mayor número de especies es la de mayor valor de importancia, en este sentido, la unidad ambiental de Agropecuario resulta la de mayor importancia (*Cuadro 97*).

Cuadro 97. Riqueza faunística (RFi) encontrada en el SAR.

TAXA	TOTAL DE ESPECIES	RFI POR UNIDAD AMBIENTAL		ESTATUS	
		AGROPECUARIO	VEGETACIÓN SECUNDARIO DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	ESPECIES NOM	ENDÉMICAS
Mamíferos	29	18	11	5	0
Aves	69	47	22	10	0
Anfibios	0	0	0	-	-
Reptiles	248	4	4	0	2
∑ Rfi =	106	69	37	15	2

El mayor peso en cuanto a la riqueza faunística lo tienen las aves, en comparación con los mamíferos y reptiles. La mayor diversidad de especies de aves se observa en la unidad ambiental Agropecuario, que es la UA más extensa en comparación a la UA VS SBC. Por otra parte, y complementado los motivos de la diversidad, se puede indicar que las aves al tratarse de organismos voladores tienen la facilidad de desplazarse entre las unidades ambientales que componen al sistema ambiental. El segundo puesto en riqueza faunística lo ocupa la UA VS SBC, que a pesar de presentar las características necesarias para albergar más especies de fauna es la que menos extensión presenta.

IV.4.3.2 CALIDAD AL HÁBITAT

Para determinar la calidad del hábitat del sistema ambiental, se determinaron los valores de cobertura relativa por estrato, estos datos fueron obtenidos por personal del equipo técnico encargado de realizar los trabajos en campo (*Cuadro 98*).

Cuadro 98. Cobertura relativa total (%) de cada estrato en las unidades ambientales.

ESTRATO	VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO (UA)		
	AGROPECUARIO	VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	PROMEDIO
Árboles	5	60	32.5
Arbustos	15	25	20
Hierbas	75	15	45

Los valores presentados en el *Cuadro 98* son porcentajes de cobertura foliar por estrato determinados visualmente en cuadrantes de 400 m^2, la suma de estos no es equivalente a 100 en todas las unidades ambientales debido a las secciones de suelo desprovistas de cobertura vegetal.

El promedio de los valores de cobertura relativa de todas las unidades ambientales analizadas por estrato sugiere que estas unidades son (en su conjunto), de importancia relevante para el ecosistema que comprende el área del proyecto. Es particularmente importante la cobertura del estrato arbóreo, tanto para la fauna como para las interacciones ecológicas que se desarrollan en el ecosistema.

El análisis de calidad del hábitat (CHu) se realizó aplicando la Ecuación 2 en la cual los datos de entrada son los valores de los coeficientes de importancia estructural y los valores de cobertura relativa, los valores de (CHu) se normalizan usando como parámetro de normalización el valor de (CHu) máximo y cada valor de (CHu) obtenido se divide entre este parámetro. De los datos normalizados del análisis de calidad del hábitat (CHu), se observó que, de las dos unidades, una unidad resultó con un valor alto, la Selva Baja Caducifolia, con un valor de 1 (*Cuadro 99*), lo cual indica que esta unidad posee un nivel de importancia alto y por este motivo se debe procurar la conservación de la misma.

Cuadro 99. Calidad del hábitat calculado y normalizado para cada unidad ambiental.

UNIDAD AMBIENTAL	CH U	
	CALCULADO	NORMALIZADO
Agropecuario	525	0.583
Selva Baja Caducifolia	900	1
∑ CH u	1425	1.583

Bajo una óptica general, las unidades ambientales previamente mencionadas presentan un resultado lo suficientemente alto como para ser consideradas de alta importancia (arriba de 0.5 normalizado en una escala donde el valor más alto es 1).

IV.4.3.3 ÍNDICE DE IMPORTANCIA POR ESPECIES

El índice de importancia por especies está construido a partir del catálogo de especies protegidas de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se calcula utilizando la Ecuación 3 y una vez obtenido un valor para cada unidad ambiental, se procede a normalizar cada resultado.

El índice de importancia por especies de la unidad ambiental Agropecuario tiene el valor más alto con un valor normalizado y adimensional de 1. La unidad ambiental VS SBC tiene un valor de 0.63 (*Cuadro 100*).

Cuadro 100. Índice de importancia por especies NOM (VNJ).

UNIDAD AMBIENTAL	VNJ (C)	VNJ (N)
Agropecuario	52	1.00
Vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia	33	0.63
∑ VN j=	85	1.63

Con el objetivo de respaldar la información presentada en el **Cuadro 100** se presentan a continuación, de mayor a menor importancia y en los *Cuadro 101* y *Cuadro 102*, los datos de las especies NOM encontradas por unidad ambiental, en los que se incluye el estatus de conservación, la descripción de confiabilidad para hacer el registro y el nombre de cada especie catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro 101. Especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de la unidad ambiental Agropecuario.

AGROPECUARIO						
NO.	NOMBRE DE LA ESPECIE	ESTATUS DE CONSERVACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA CONFIABILIDAD		RESULTADO
		VALOR	CLAVE	VALOR	CLAVE	
1	*Tigrisoma mexicanum*	1	Pr	4	AC	4
2	*Buteogallus anthracinus*	1	Pr	4	AC	4
3	*Buteo albonotatus*	1	Pr	4	AC	4
4	*Buteo platypterus*	1	Pr	4	AC	4
5	*Ictinia mississippiensis*	1	Pr	4	AC	4
6	*Mycteria americana*	1	Pr	4	AC	4
7	*Vireo griseus*	2	A	4	AC	8
8	*Herpailurus yagouaroundi*	2	A	3	C	6
9	*Lontra longicaudis*	2	A	3	C	6
10	*Myotis nigricans*	2	A	4	AC	8
					∑ CH u =	**52**

Cuadro 102. Especies con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de la unidad ambiental Selva Baja Caducifolia.

VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA						
NO.	NOMBRE DE LA ESPECIE	ESTATUS DE CONSERVACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA CONFIABILIDAD		RESULTADO
		VALOR	CLAVE	VALOR	CLAVE	
1	*Amazona autumnalis*	2	A	4	AC	8
2	*Psarocolius montezuma*	1	Pr	4	AC	4
3	*Accipiter cooperii*	1	Pr	4	AC	4
4	*Lontra longicaudis*	2	A	3	C	6
5	*Bassariscus sumichrasti*	1	Pr	3	C	3
6	*Centronycteris centralis*	2	A	4	AC	8
					∑ CH u =	**33**

Como análisis final se concluye que la unidad ambiental Agropecuario alberga más especies de aves, mamíferos voladores y no voladores con estatus Pr (Sujeta a protección especial) y A (Amenazada) según la NOM-059, que la unidad ambiental VS SBC. Con base en dichos resultados, se determina la necesidad de establecer programas de conservación y protección de la unidad Selva Baja Caducifolia que eviten el deterioro o perdida de la calidad del hábitat de estas especies de alto valor según lo estipulado por la normatividad vigente mexicana.

IV.4.3.4 VALOR DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN

Un aspecto importante para obtener el valor de criticalidad que existe en el SAR del proyecto e integrarlo a su vez dentro del inventario ambiental, es el índice de importancia para la conservación que existe en la zona del municipio de Soledad de Doblado, mismo que muchas veces representa el interés de grupos sociales y está respaldado por Organizaciones No Gubernamentales como World Wildelife Fund (WWF), El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. (FMCN), Birdlife International y también Gubernamentales como la CONABIO y la CONANP. El valor de importancia para la conservación puede incorporarse en el análisis como un índice semi cuantitativo que es posible normalizar y volver adimensional para operarse con los anteriormente obtenidos, como lo establece el método integrado por Pérez Maqueo (2003).

Para casos prácticos y necesarios para el cálculo de este índice, se consideran el programa AICAS y la RHP, definidas para este proyecto. En el *Cuadro 103* pueden observarse los resultados obtenidos:

Cuadro 103. Valores de importancia para la conservación del Sistema Ambiental y Área del Proyecto.

P	OP	AGROPECUARIO		VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	
		ÁREA	RESULTADO	ÁREA	RESULTADO
RHP	2	984.8862	1,969.77	939.489	1,878.98
AICAS	2	20090.41	40,180.83	8129.1214	16,258.24
∑ Aip =		42,150.60		18,137.22	
Ai =		179.84		57.00	
VICi =		234.38		318.20	
Aci =		10.95		32.96	
VIC_i^{N-1}		0.74		1.00	

Es importante considerar que para el SAR propuesto para el proyecto no se cuenta con superficies de sitios de conservación como EBA, RTP o ANP por lo que esos datos no se consideran dentro del análisis.

IV.4.3.5 VALOR DE CRITICALIDAD DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

El valor de criticalidad de las unidades ambientales es la culminación de todo el trabajo realizado previamente y el dato cuantitativo que permite asignar una escala para conocer el estado de conservación del ecosistema dentro del SAR del proyecto y emitir un diagnóstico fidedigno e imparcial a través de los indicadores medibles calculados con anterioridad. De acuerdo con la metodología utilizada (Pérez Maqueo, 2003) los valores presentados en el análisis general *Cuadro 104*, incorporan la importancia de las unidades ambientales y el ecosistema del proyecto desde el punto de vista funcional y de interés humano, es decir, biológico, medioambiental y socioeconómico, integrando con índices cuantitativos modelados con ecuaciones de primer grado (lineales) la importancia de las especies NOM-059-SEMARNAT-2010 (VNJ); la Importancia de cada Unidad Ambiental (IUA) a su vez

integrado por la Riqueza Faunística (RF) junto con la Calidad del Hábitat; y el Valor de Importancia para la Conservación (VIC), como se muestra en la Ecuación 6 en la metodología de este apartado.

Cuadro 104. Resumen de los índices calculados, índices normalizados para su operación y Valor de Criticalidad (VC) para cada unidad ambiental.

UNIDAD AMBIENTAL	AGROPECUARIO	VS SELVA BAJA CADUCIFOLIA
∑ IUA i=	136500	77400
∑ VN j =	52	33
∑ VICi =	234.37	318.19
∑ VCu =	136786.37	77751.19
NORMALIZADOS		
∑ IUA i=	1	0.567
∑ VN j =	1	0.634
∑ VICi =	0.736	1
∑ VCu =	2.73	2.20

El siguiente análisis se realiza a partir de los índices normalizados del valor de criticalidad por unidad ambiental, tomando como valor punta de la escala al más crítico, es decir 2.20 en el caso particular de este diagnóstico. Resulta pertinente recordar que los valores normalizados son adimensionales.

Los resultados de este diagnóstico muestran a la VS SBC como la unidad ambiental más crítica para el proyecto. La importancia de la VS SBC radica en que es la Unidad Ambiental con menor extensión en el SAR, pero a pesar de esto, puede albergar mayor riqueza faunística permanentemente en comparación con la otra unidad ambiental, que pueden albergar riqueza faunística solo por temporadas.

En los valores de índices de criticalidad no hay valores o índices cercanos a ceros, por lo que puede considerarse que la unidad sujeta a este estudio es importante, aunque en diferente medida, la prioridad a la que se deben destinarse las medidas de protección y control es:

- Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia

IV.4.4 CONCLUSIONES (ÍNDICE DE CRITICALIDAD)

Con los datos anteriores se generó un mapa que se muestra los valores de criticalidad obtenidos y permite apreciar las diferencias entre el grado de conservación e importancia (*Figura 155*).

El área más crítica es la VS SBC ya que esta unidad ambiental ocupa solo el 10.7 % de la superficie del SAR, y es el área que presentó el menor número de especies de aves y mamíferos. En este tipo de vegetación se registraron tres especies de aves, *Amazona autumnalis, Psarocolius montezuma y Accipiter cooperii,* la primera con estatus A (Amenazada) y las otras dos con estatus Pr (sujeta a protección especial) según la NOM-059-SEMARNAT-2010. También se registraron tres especies de mamíferos, *Lontra longicaudis y Centronycteris centralis,* con estatus A (Amenazada) y *Bassariscus sumichrasti* con estatus Pr (sujeta a protección especial).

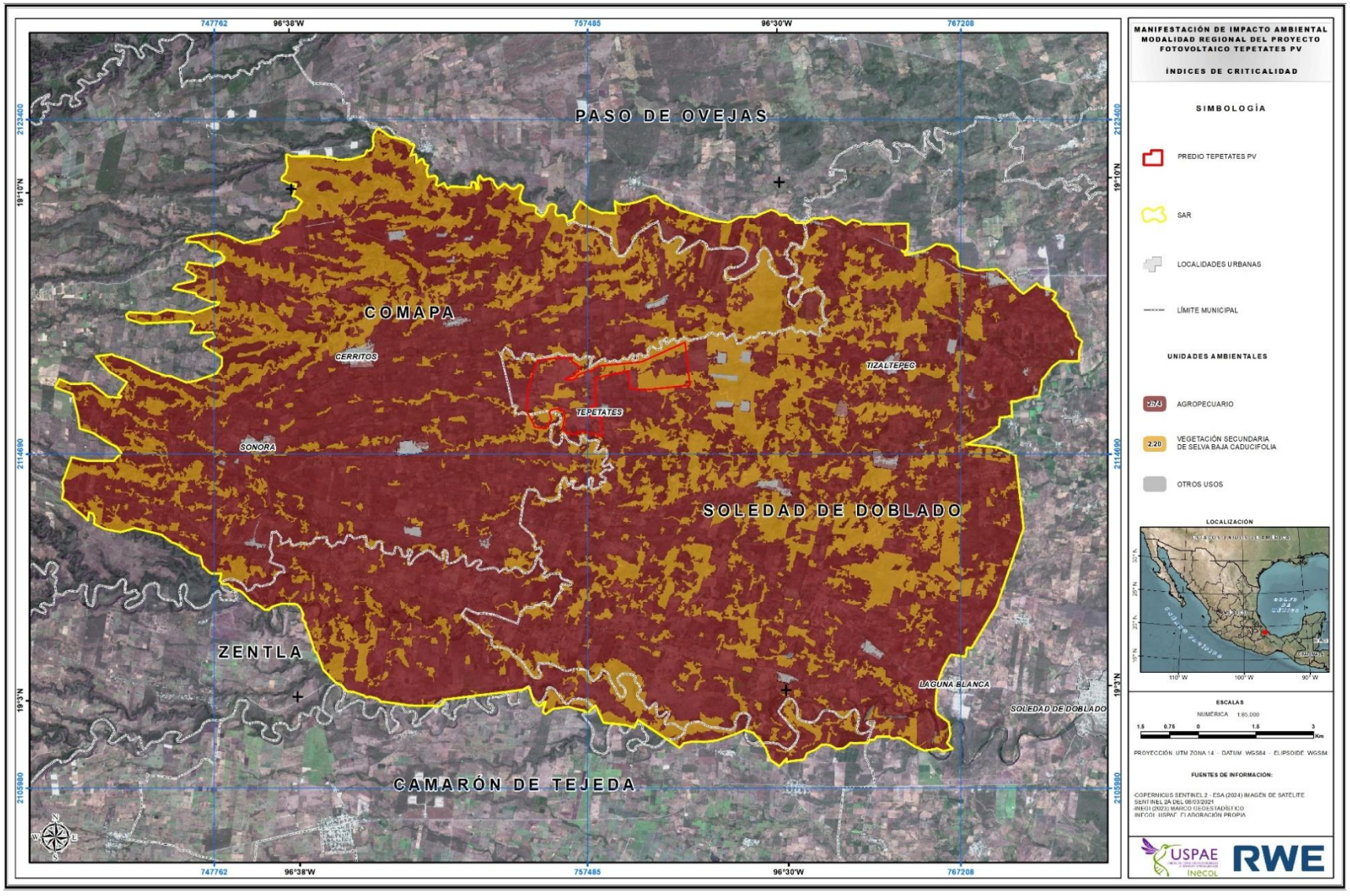


Figura 155. Representación visual de los valores de criticalidad existentes en el SAR del proyecto.

IV.4.5 ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR

Para el análisis retrospectivo de la calidad ambiental, se realizó una comparación geoespacial de la cartografía de uso de suelo y vegetación (USV) de las series IV y VII del INEGI (2010 y 2018), utilizando el programa ArcGIS 10.2 para estimar la superficie de USV en km^2 del SAR. Es importante resaltar, que las series utilizadas tienen diferentes criterios para la denominación de las categorías de USV por lo que se analizaron por separado, es decir, se compararon las series IV y VII.

Para esto, primero se calculó la tasa de transformación del hábitat, δ, (Ecuación 7), la cual es un indicador que mide la proporción del área de vegetación que ha sido transformada por actividades antropogénicas para un tipo de uso de suelo en un período de tiempo determinado (FAO, 1996). Los valores de δ son negativos o positivos dependiendo de la reducción o aumento en la superficie del USV de un periodo al otro respectivamente. Las categorías del USV que no presentaron cambio (valores de δ igual 0), se consideran únicamente para indicar que esos USV no presentaron modificaciones en el lapso analizado. Los valores de δ son altos cuando miden los cambios en la superficie de USV con áreas pequeñas, lo que permite identificar la transformación de áreas poco representativas en una región.

Ecuación 7

$$\delta=1-(1-(S_1-S_2)/S_1)\ ^\wedge\ (1/n)$$

Donde:
δ = Tasa de transformación
S1 = Superficie de USV al inicio del periodo
S2 = Superficie de USV al final del periodo
n = Número de años entre cada periodo

Es importante señalar que la tasa de transformación del hábitat (δ) permite hacer comparaciones temporales y espaciales de los procesos de cambio en los ecosistemas, es por eso que se considera útil este método para analizar el SAR y así determinar si las condiciones ambientales existentes en cada uno de estos niveles se han visto afectados debido a la ampliación de zonas urbanas, así como los proyectos regionales y particulares que se llevan en estas delimitaciones.

Es por ello por lo que se considera que este análisis muestra una línea base que permita contar con un diagnóstico del SAR, y al mismo tiempo, de los elementos de análisis que ayuden a reconocer los daños ambientales potenciales que pudieran generarse durante la implementación del proyecto (Franco López, 2020).

IV.4.6 ANÁLISIS SAR

El INEGI usa una clasificación de USV como se muestra en la *Figura 156* y *Figura 157*, en los años 2010 a 2018. Se hizo un ajuste de USV según lo que se observó en el trabajo de campo de este proyecto, esto es, se realizaron equivalencias de USV entre lo que se observó en campo y en lo establecido por INEGI para poder calcular la tasa de transformación de hábitat del USV. Para el SAR la tasa de transformación del hábitat de las Series IV y VII del INEGI que abarcan el periodo del año 2010 a 2018 (*Cuadro 105*, *Figura 156* y *Figura 157*) muestran que para las unidades ambientales ubicadas en el SAR hubo tasa de cambio (*Cuadro 105*).

Cuadro 105. Tasa de transformación (δ) del hábitat del USV de las series IV y VII para la superficie del SAR del Proyecto PF Huerta. Se muestran las equivalencias observadas durante el trabajo de campo.

USV	SUPERFICIE (KM2)		Δ
	SERIE IV	SERIE V	
Agropecuario	251.32	253.66	-0.001159
Selva baja caducifolia	34.01	30.66	0.012878
Zona Urbana	0.27	1.27	-0.213543

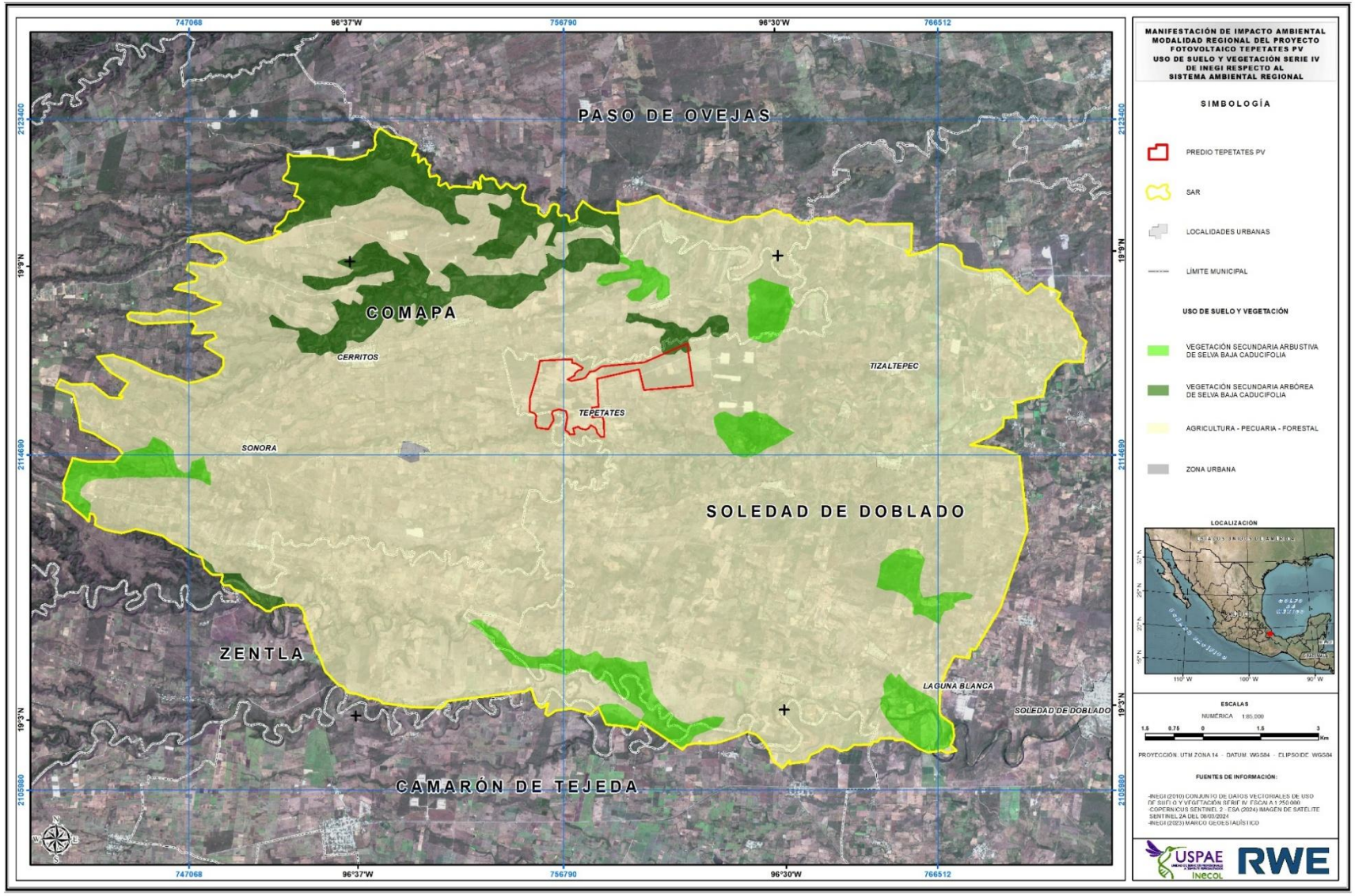


Figura 156. Distribución de los USV para la serie IV en el SAR.

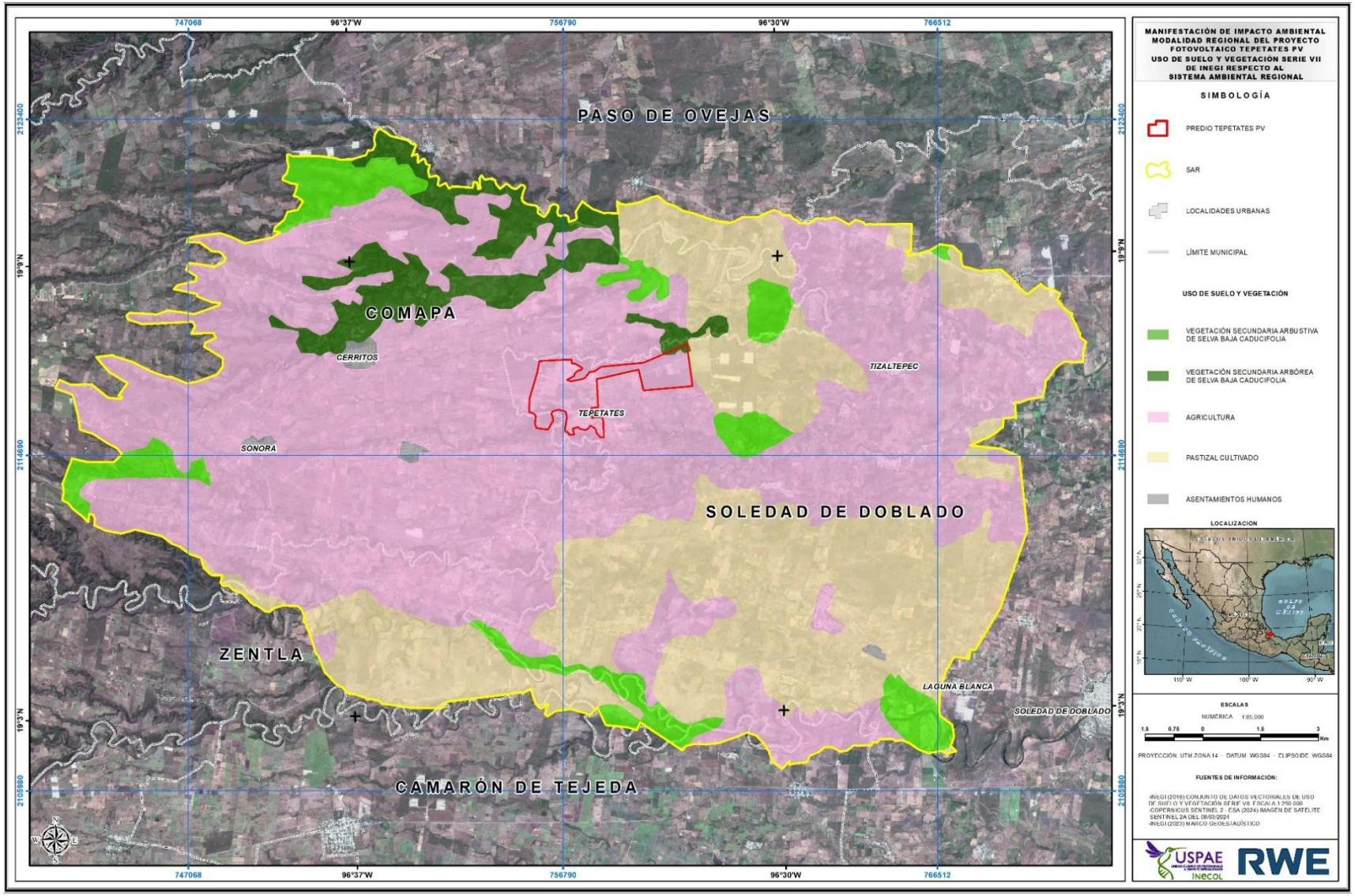


Figura 157. Distribución de los USV para la serie VII en el SAR.

Es importante señalar que la tasa de transformación del hábitat nos da un panorama general del estado actual del SAR y de cómo ha evolucionado desde el año 2010 hasta el 2018 (Serie IV y VII de INEGI), por lo que se toma como una referencia inicial para realizar un diagnóstico ambiental integral que permita visualizar en un periodo y espacio el estado de conservación o deterioro de los ecosistemas presentes.

IV.4.7 INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA

La integridad ecológica es un método holístico que permite medir de manera sistemática, confiable y frecuente el estado de conservación y funcionalidad de los ecosistemas (Equihua *et al.* 2014, Sánchez-Parra 2014, García-Alaniz y Schmidt 2016). Debido a esta solidez la integridad ecológica es una medida que sirve como fundamento científico para orientar acciones de conservación y aprovechamiento de la naturaleza.

La evaluación de la Integridad Ecológica es una herramienta muy útil tanto en escalas geográficas bajas (cuencas, regiones, áreas naturales protegidas) como altas (países, biomas). En México se ha implementado un programa de evaluación de la integridad ecosistémica a nivel del país entero (García-Alaniz y Schmidt 2016; García-Alaniz *et al.* 2017), llamado Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/). Los resultados de este programa son de gran interés y utilidad para la comunidad académica, para las agencias de conservación y manejo de la naturaleza, para los órganos de administración y gobierno y para la comunidad empresarial. El mapa de la integridad ecológica de México (*Figura 158*) nos muestra lo distinto que es un ecosistema actual de una condición original y deseada (García-Alaniz *et al.,* 2017) y al mismo tiempo nos muestra el grado de influencia humana en las regiones modificadas por nuestras actividades productivas.

A lo largo del tiempo es posible (y deseable) realizar evaluaciones periódicas de la integridad mediante el monitoreo de los indicadores elegidos. Como se mencionó al inicio de este apartado, la CONABIO a través del Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad desarrolló una estrategia para estimar la correspondencia entre diversos atributos de la biodiversidad y su organización en ecosistemas funcionales con el objetivo de reconocer la condición de integridad en la que se encuentran los ecosistemas del país.



Figura 158. Mapa de Integridad Ecosistémica del país elaborado por la CONABIO.

Para poder comparar los resultados obtenidos con los índices de criticalidad (que tienen una ponderación inclinada a la fauna), se elaboró una imagen en ampliación con el uso de Sistemas de Información Geográfico del mapa elaborado por la CONABIO con el objetivo de mostrar la Integridad Ecosistémica (la cual pondera a las especies vegetales) que existe en el Sistema Ambiental Regional del proyecto, la cual se muestra en la *Figura 159*.

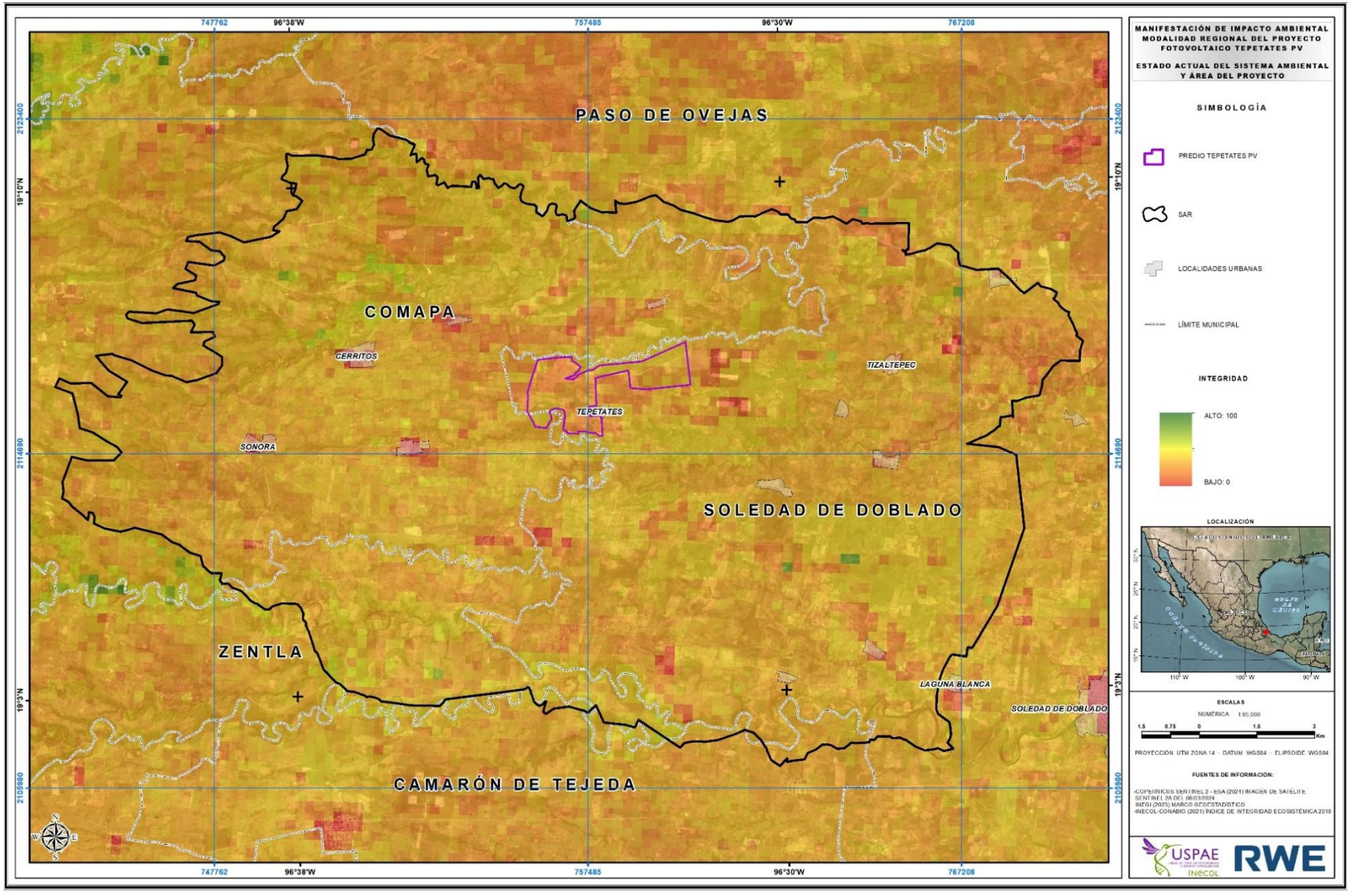


Figura 159. Integridad Ecosistémica existente en el SAR del proyecto.

Esta evaluación inicial de la integridad ecológica servirá para establecer una línea de base a partir de la cual sea posible observar el comportamiento de la integridad ecológica a través de evaluaciones periódicas.

En la *Figura 159* se puede observarse que el SAR presenta una integridad ecosistémica baja, debido a que la unidad Agropecuario está presente en gran extensión del SAR. La presencia de varias especies de aves, mamíferos y reptiles bajo algún estatus de protección según NOM-059-SEMARNAT-2010, a pesar de la baja integridad ecosistémica, indica que hay elementos que permiten la presencia de estas especies, que son necesarios conservar para continuar con la presencia de estas especies.

IV.4.8 SÍNTESIS OBJETIVA Y CONGRUENTE DEL ESTADO ACTUAL DEL SAR

A lo largo del análisis realizado del medio biótico y abiótico del proyecto se puede determinar que, para el caso del componente abiótico del SAR, la mayoría de los elementos a los que se enfrentará el proyecto son situaciones naturales, tales como aspectos fisiográficos y tipos de suelos presentes principalmente.

En cuanto al componente biótico se analizaron los componentes de flora y fauna presentes a lo largo del SAR definido para el proyecto, el componente de flora obtuvo como resultado la identificación de las unidades ambientales objeto de análisis, las cuales corresponde a:

- Agropecuario
- VS de Selva Baja Caducifolia

Estos componentes se analizaron a través del método de criticalidad para analizar el estado de conservación de cada unidad y para obtener un indicador que permitiera identificar el estado su estado de conservación. Debido a que este método requiere datos sobre la fauna presente sobre las unidades ambientales definidas para el proyecto, solo se consideró en este análisis a las unidades dentro del SAR, las cuales se mencionan en el párrafo anterior.

Los resultados del método de criticalidad para las unidades ambientales objeto de análisis obtuvieron, en una escala del 1 al 4 (donde 1 indica una unidad perturbada y 4 una unidad más conservada), una evaluación de 2.74 para la unidad Agropecuario y 2.20 para la unidad VS SBC, indicando un estado Conservado. Estos resultados, que corresponden a indicadores ambientales del estado de conservación de las unidades ambientales, dan un panorama general del estado actual del SAR.

IV.4.9 INTERACCIONES ECOLÓGICAS DE IMPORTANCIA EN EL AI

No se registraron interacciones ecológicas de importancia en el Área de Influencia.

IV.4.10 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que para el método de criticalidad (Pérez Maqueo, 2003), los valores individuales normalizados van de 0 a 1, donde 1 significa la condición óptima y 0 la peor situación, la puntuación global según la escala que plantea el método de criticalidad mostrada en *Figura 160* de acuerdo con número de índices analizados va de cero a cuatro, en dónde la puntuación máxima es un Sistema Ambiental ampliamente conservado.

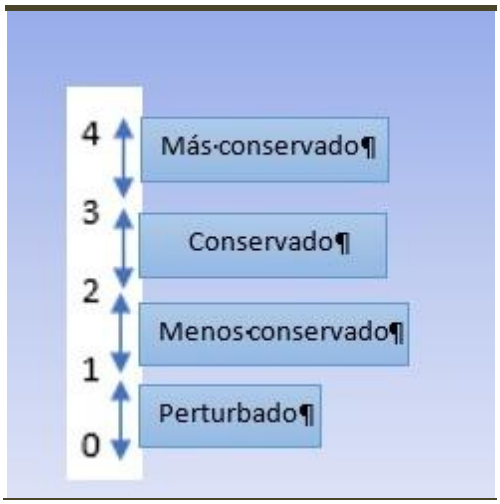


Figura 160. Escala para la emisión del diagnóstico con base en índices de criticalidad.

En el *Cuadro 106* se presenta la valoración final de cada unidad ambiental en función de los índices de criticalidad obtenidos para el proyecto:

Cuadro 106. Diagnóstico del Sistema Ambiental donde pretende desarrollarse el proyecto.

UNIDAD AMBIENTAL	ÍNDICES AMBIENTALES					
	CALIDAD DEL HÁBITAT (CH)	IMPORTANCIA DE LA UNIDAD AMBIENTAL (IUA)	IMPORTANCIA POR ESPECIES (VNJ)	VALOR DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN (VIC)	CONDICIÓN FINAL	DIAGNÓSTICO
Agropecuario	0.58	1	1	0.73	3.31	Más conservado
VS Selva baja caducifolia	1	0.57	0.63	1	3.2	Más Conservado

Para el caso de este proyecto, se observó la mayor riqueza faunística en la unidad ambiental Agropecuario, que, si bien es una unidad creada a partir del disturbio de otros tipos de vegetación, presenta un valor de conservación alto, debido a la presencia de más especies de vertebrados que la unidad VS SBC, ya que sobre todo las aves, utilizan estas áreas para alimentarse principalmente y se registraron especies bajo algún estatus de protección dado por la NOM-059.

Con los datos obtenidos a partir del análisis de los índices de criticalidad y su comparación con la integridad ecosistémica en el SAR, se puede decir que, la gran parte de la zona cuenta con un nivel medio de alteración tanto en el mapa elaborado con información de la CONABIO como en el de criticalidad, así como en el análisis elaborado para la tasa de transformación del SAR, aunque si se observan zonas restringidas con un valor alto de integridad. El análisis de integridad ecosistémica muestra que en el área del proyecto se encuentra con una integridad media.

Por lo anterior, se deduce que las obras que se pretenden desarrollar por el proyecto, tendrán un efecto directo en el espacio que será ocupado de forma temporal o permanente (AP y AI); y como resultado del análisis realizado y como en la construcción de todo proyecto se generarán impactos ambientales significativos cuya ocurrencia es inevitable y respecto de los cuales deben de adoptarse medidas claras de compensación (Calle *et al.*, 2014), por lo que el proyecto implementará las medidas de mitigación y compensación para minimizar las afectaciones que el proyecto generará.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre-León, G. (2011). Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina, S. y C. López-González (Editor). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro - Instituto de ecología A.C. (pp. 61-85). Querétaro, México.

Amador, L. (Ed) 2010. "Técnicas para el Monitoreo de Vertebrados". Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Aranda M. 2000. "Manual para la identificación de huellas y otros rastros de los Mamíferos grandes y medianos de México". INECOL, CONABIO, México

Aukema, J. E., & Martínez del Rio, C. (2002). Where does a fruit-eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment. Ecology, 83, 3489-3496.

B. Dzib-Castillo, C. Chanatásig-Vaca, N.A. González-Valdivia. (2014). Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México Revista Mexicana de Biodiversidad, 85. pp. 167-178.

Böhm, M., Collen, B., Baillie, J.E.M., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., Hammerson, G., Hoffmann, M., Livingstone, S.R., Ram, M., Rhodin, A.G.J., Stuart, S.N., Van Dijk, P.P., Young, B.E., Afuang, L.E., Aghasyan, A., García, A., Aguilar, C., Ajtic, R., Akarsu, F., Alencar, L.R.V., Allison, A., Ananjeva, N., Anderson, S., Andrén, C., Ariano-Sánchez, D., Arredondo, J.C., Auliya, M., Austin, C.C., Avci, A., Baker, P.J., Barreto-Lima, A.F., Barrio-Amorós, C.L., Basu, D., Bates, M.F., Batistella, A., Bauer, A., Bennett, D., Böhme, W., Broadley, D., Brown, R., Burgess, J., Captain, A., Carreira, S., Castaneda, M.D.R., Castro, F., Catenazzi, A., Cedeño-Vázquez, J.R., Chapple, D.G., Cheylan, M., Cisneros-Heredia, D.F., Cogalniceanu, D., Cogger, H., Corti, C., Costa, G.C., Couper, P.J., Courtney, T., Crnobrnja-Isailovic, J., Crochet, P.A., Crother, B., Cruz, F., Daltry, J.C., Daniels, R.J.R., Das, I., de Silva, A., Diesmos, A.C., Dirksen, L., Doan, T.M., Dodd, C.K., Doody, J.S., Dorcas, M.E., Duarte de Barros Filho, J., Egan, V.T., El Mouden, E.H., Embert, D., Espinoza, R.E., Fallabrino, A., Feng, X., Feng, Z.J., Fitzgerald, L., Flores-Villela, O., França, F.G.R., Frost, D., Gadsden, H., Gamble, T., Ganesh, S.R., Garcia, M.A., García-Pérez, J. E., Gatus, J., Gaulke, M., Geniez, P., Georges, A., Gerlach, J., Goldberg, S., Gonzalez, J.C.T., Gower, D.J., Grant, T., Greenbaum, E., Grieco, C., Guo, P., Hamilton, A.M., Hare, K., Hedges, S.B., Heideman, N., Hilton-Taylor, C., Hitchmough, R., Hollingsworth, B., Hutchinson, M., Ineich, I., Iverson, J., Jaksic, F.M., Jenkins, R., Joger, U., Jose, R., Kaska, Y., Kaya, U., Keogh, J.S., Köhler, G., Kuchling, G., Kumlutaş, Y., Kwet, A., La Marca, E., Lamar, W., Lane, A., Lardner, B., Latta, C., Latta, G, Lau, M., Lavin, P., Lawson, D., LeBreton, M., Lehr, E., Limpus, D., Lipczynski, N., Lobo, A.S., López-Luna, M.A., Luiselli, L., Lukoschek, V., Lundberg, M., Lymberakis, P., Macey, R., Magnusson, W.E., Mahler, D.L., Malhotra, A., Mariaux, J., Maritz, B., Marques, O.A.V., Márquez, R., Martins, M., Masterson, G., Mateo, J.A., Mathew, R., Mathews, N., Mayer, G., McCranie, J.R., Measey, G.J., Mendoza-Quijano, F., Menegon, M., Métrailler, S., Milton, D.A., Montgomery, C., Morato, S.A.A., Mott, T., Munoz-Alonso, A., Murphy, J., Nguyen, T.Q., Nilson, G., Nogueira, C., Núnez, H., Orlov, N., Ota, H., Ottenwalder, J., Papenfuss, T., Pasachnik, S., Passos, P., Pauwels, O.S.G., Pérez-Buitrago, N., Pérez-Mellado, V., Pianka, E.R., Pleguezuelos, J., Pollock, C., Ponce-Campos, P., Powell, R., Pupin, F., Quintero-Díaz, G.E., Radder, R., Ramer, J., Rasmussen, A.R., Raxworthy, C., Reynolds, R., Richman, N., Rico, E.L., Riservato, E., Rivas, G., da Rocha, P.L.B., Rödel, M.O., Rodríguez Schettino, L., Roosenburg, W.M., Ross, J.P., Sadek, R., Sanders, K., Santos-Barrera, G., Schleich, H.H., Schmidt, B.R., Schmitz, A., Sharifi, M., Shea, G., Shi, H.T., Shine, R., Sindaco, R.,

Slimani, T., Somaweera, R., Spawls, S., Stafford, P., Stuebing, R., Sweet, S., Sy, E., Temple, H.J., Tognelli, M.F., Tolley, K., Tolson, P.J., Tuniyev, B., Tuniyev, S., üzüm, N., van Buurt, G., Van Sluys, M., Velasco, A., Vences, M., Veselý, M., Vinke, S., Vinke, T., Vogel, G., Vogrin, M., Vogt, R.C., Wearn, O.R., Werner, Y.L., Whiting, M.J., Wiewandt, T., Wilkinson, J., Wilson, B., Wren, S., Zamin, T., Zhou, K., Zug, G. (2013): The conservation status of the world's reptiles. Biol. Conserv. 157: 372-385.

Broad, S., Luxmoore, R. & Jenkins, M. 1988. "Significant trade in wildlife: A review of selected species in CITES Appendix II". Vol. 1. CITES. EUA.

Carmona-Galindo, V.D. & Carmona, T.V. (2013). La Diversidad de los Análisis de Diversidad. Bioma, 14: 20-28.

Ceballos G & Arroyo-Cabrales J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No. 2.

Ceballos G y Arroyo-Cabrales J. 2012. "Lista actualizada de los mamíferos de México". Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No.2

Ceballos, G. & G. Oliva. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.

Ceballos, G.; Oliva, G. 2005. "Los Mamíferos Silvestres de México". CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.

Challenger A. (1998). Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Universidad Nacional Autónoma de México/Agrupación Sierra Madre S. C., México, D.F.

CIES. Datos de la Secretaría de Salud, Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES). Ultima modificación 20 de diciembre de 2024.

CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Colchero F; O´Farril y Medellín R.A. Didelphis marsupialis. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.

Colwell, R.K. (2013). EstimateS: Statistic estimation of species richeness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL: <purl.oclc.org/estimates>

Colwell, Robert & Chao, Anne & Gotelli, Nicholas & Lin, SY & Mao, Chang Xuan & Chazdon, Robin & Longino, John. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. Journal of Plant Ecology. 5. 3-21.

CONABIO. (2008). La Diversidad Biológica de México: Estudio de País 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAGUA. 2014. Estadísticas del agua en México. Edición 2014. Recuperado en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf.

CONAGUA. 2018. Atlas del Agua en México, edición 2018. 143 pp.

CONAGUA. 2018. Estadísticas del Agua en México, edición 2018. 303 pp.

CONAGUA-SMN. 2017. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y lluvia [Monthly Summaries of Temperatures and Rain], http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-ylluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

CONAPO. 2020. Índice de intensidad migratoria.

CONAPO. Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios 1990-2040. Consultado en 2025.

CONEVAL. Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2010, la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010, el Modelo Estadístico 2015 para la continuidad del MCS-ENIGH, la Encuesta Intercensal 2015, el Modelo Estadístico 2020 para la continuidad del MCS-ENIGH y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2020.

CONEVAL. Estimaciones del CONEVAL con base en el Modelo Estadístico 2020 para la continuidad del MCS-ENIGH y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2020. Consultado en 2024.

Cruz, J.; Meave, J. y Pérez-García, E. (2005). Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 76. 10.17129/botsci.1701.

Dearborn, D. C., & Kark, S. (2010). Motivations for conserving urban biodiversity. Conservation biology, 24(2), 432-440.

Equihua Z., M., N. García-Alaniz, O. Pérez-Maqueo, G. Benítez-Badillo, M. Kolb, M. Schmidt, J. Equihua B., P. Maeda & J.L. Álvarez-Palacios, 2014. Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. En: González, C.A., Vallarino, A., Pérez, J.C., Low, A.M. (Eds.). 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México (pp. 687-710).

FAO. 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. IUSS Working Group WRB.

Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. (p. 3-108). En T.P. Rammamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.), Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución, México DF, México: Universidad Autónoma de México (UNAM). 793pp.

Flores-Villela, O., & Canseco-Márquez, L. (2004). Amphibians and Reptiles of Mexico: A Natural History. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Galindo-González, J., Guevara, S. & Sosa, V., 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. Conservation Biology, 14 (6): 1693-1703.

Gallina, S. & C. López-Gonzales (Editor). 2011. "Manual de Técnicas para el Estudio de la fauna". Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp. (On line: http: www. Uaq.mx)

García-Alaniz, N., M. Equihua, O. Pérez-Maqueo, J. Equihua B., P. Maeda, F. Pardo U., J.J. Flores M., S.A. Villela G. y M. Schmidt, 2017. The Mexican National Biodiversity and Ecosystem Degradation Monitoring System. Current Opinion in Environmental Sustainability 26: 62–68.

González Romero A." Métodos de estimación, contención y captura de mamíferos". En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro. PP. 124.

H. Ayuntamiento. Plan municipal de desarrollo del H. Ayuntamiento de Zentla, Veracruz. 2022-2025. H. Ayuntamiento.

H. Ayuntamiento. Plan municipal de desarrollo del H. Ayuntamiento de Soledad de Doblado, Veracruz. 2022-2025. H. Ayuntamiento.

H. Ayuntamiento. Plan municipal de desarrollo del H. Ayuntamiento de Comapa, Veracruz. 2022-2025. H. Ayuntamiento.

Hammer, Oyvind & Harper, David & Ryan, Paul. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica. 4. 1-9.

INAH. Sitio arqueológico Castillo de Teayo. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Cempoala. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Cuajilote. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Cuyuxquihui. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico El Tajín. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico El Zapotal. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Las Higueras. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Quiahuiztlán. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico San Lorenzo Tenochtitlan. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Tres Zapotes. Consultado en: INAh.gob.mx.

INAH. Sitio arqueológico Vega de la Peña. Consultado en: INAh.gob.mx.

INEGI. Censo de población y vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Consultado en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html

INPI. Pueblos indígenas del estado de Guanajuato. Atlas de los pueblos indígenas de México. INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Consultado en 2025.

INPI. Pueblos indígenas del estado de Veracruz. Atlas de los pueblos indígenas de México. INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Consultado en 2025.

IUCN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (IUCN Red List of Threatened Species). <www.iucnredlist.org>

IUCN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (IUCN Red List of Threatened Species). <www.iucnredlist.org>

Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista ibérica de aracnología, 8, 151-161.

Jochimsen, D. M., Peterson, C. R., Andrews, K. M., Gibbons, J. W., & Drawer, E. (2004). A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to minimize those effects. Idaho Fish and Game Department, USDA Forest Service.

Jones C; Mc Shea W.J; Conroy M.J & Kunz T.H. Chapter 8 Capturing mammals. En Wilson D.E, Russell F.C; Nichols J.D; Rudran R. & Foster M.S. »Measuring and monitoring biological diversity: Standar method for Mammals. 1996. Smithsonian Institution Press. Washinton & London.

Ladrón de Guevara, S.; Vásquez, S. Arqueología. Universidad Veracruzana. Consultado en: Secretaría de Educación de Veracruz.

Leopold, A. S. 1959. "Wildlife of Mexico: the game birds and mammals". 538. Univ. California Press. EUA. p. 538

López-Gonzpalez C.A, Carmma E., Guitierrez-González y Lara-Díaz N.E. 2011. "Carnivoros: Inventario y monitoreo". En En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro.

López-Wilchis, R. & López-Jardínes, J. 1998. Los Mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá, Volumen I. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México.

MacSwiney, M. C., F. M. Clarke & P. A. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. Journal of Applied Ecology 45:1364-1371.

Magurran, A. E. (1998). Measuring richness and evenness. Trends in ecology & evolution, 13(4), 165-166.

Márquez Ramírez, W., & Márquez Ramírez, J. (2009). Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. Foresta Veracruzana, 11(2), 43-50.

Matteucci, D. S. y A. Colma. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168p.

Medellín, R. & Gaona O., 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. Biotropica. 31 (3): 478-485.

Medellín, R. A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-354 in Avances en el estudio de los mamíferos de México (Medellín, R. A., y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.

Medellín, R., H. Arita & O. Sánchez. 2008. Identificación de los Murciélagos de México, clave de campo. 2a ed. Instituto de Ecología, UNAM, México, DF.

Melic, A. (1993). Biodiversidad y riqueza biológica: Paradojas y problemas. Zapateri: Revista aragonesa de entomología, 3, 97-103.

Miller, J. R., & Hobbs, R. J. (2002). Conservation where people live and work. Conservation biology, 16(2), 330-337.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad, vol. 1.M & T–Manuales y Tesis SEA, . Zaragoza. 84 p.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

Neuweiler, G., 2000. The biology of bats. Oxford university press, Oxford.

O'Farrell, M. & W. Gannon. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. Journal of Mammology, 80(1): 24-30.

O'Farrell, M. J., & B. W. Miller. 1999. Use of vocal signatures for the inventory of freeflying Neotropical bats. Biotropica. 31: 507-516.

Oliveira, T. G. 1994. "Neotropical cats. Ecology and Conservation". EDUFMA. Brasil.

Pérez Maqueo, O. M. (2003). Las manifestaciones de impacto ambiental: Un análisis crítico. Ciudad de México: UNAM.

Pounds, J. A., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P., Foster, P. N., ... & Young, B. E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. Nature, 439(7073), 161-167.

Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Berriozabal-Islas, C., DeSantis, D. L., Johnson, J., Rocha, A., Garcia-Padilla, E., Mata-Silva, V., Fucsko, L., & Wilson, L. D. (2021). The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. Amphibian & Reptile Conservation, 15(2): 72–155.

RAN. Núcleos Agrarios que conforman la Propiedad Social (2024). Consultado en: Ultima actualización 2024-08-29. datos.ran.gob.mx.

Reid, F. (2008). A field guide to mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press.

Roemer, G. W., Gompper, M. E. & Valkenburgh, B. V. 2009. "The ecological role of the mammalian mesocarnivore". Bioscience. 59(2):165-173

Rydell, J., H. T. Arita, M. Santos & J. Granados. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatán, México. Journal of Zoology. 257:27-36.

Sánchez-Hernández C., García-Estrada C., Romero-Almaraz Ma. De L. 2000 "Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. UNAM.

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

Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México. Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaria de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 78 p.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio -Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México. Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaria de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 78 p.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Silva-Trejo M.; Castro-Ramírez A.; Castillo-Campos, G. y Perales, H. (2018). Estructura de la vegetación leñosa en tres áreas con Selva Baja Caducifolia en el Istmo-Costa de Oaxaca, México. Revista de biología tropical. 66.

Souza, E. D., Lima-Santos, J., Marques, O. A. V., & Hingst-Zaher, E. (2024). Concrete survivors: the herpetofauna of an urban green area over 100 years of increasing urbanization. Biota Neotropica, 23, e20231480.

Ticul S; Álvarez-Castañeda; González-Ruiz. 2015. "Guía para identificar los Mamíferos de México." Centro de investigaciones biológicas del Noroeste.

Torres-Hernández, L. A., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Berriozabal-Islas, C., DeSantis, D. L., ... & Wilson, L. D. (2021). The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. Amphibian and Reptile Conservation, 15(2), 72.Wake, D. B. (1991). Declining amphibian populations. Science, 253:860.

Williams-Guillén, K., Perfecto, I. y Vandermeer, J., 2008. Bats Limits Insects in a Neotropical Agroforestry System. Science, 320, 69-70.

Yang, L., Zhao, S., & Liu, S. (2022). A global analysis of urbanization effects on amphibian richness: Patterns and drivers. Global Environmental Change, 73, 102476.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 1
V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 2
V.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES 4
V.1.2 ACCIONES DEL PROYECTO SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS 7
V.1.3 FACTORES DEL AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTOS 8
V.1.4 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 11
V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS 13
V.2.1 INDICADORES DE IMPACTO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO 21
V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS 22
V.3.1 VALORACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA 25
V.3.2 DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS 28
V.4 IMPACTOS RESIDUALES 43
V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS 47
V.5.1 METODOLOGÍA 48
V.5.1.1 Identificación de los acontecimientos regionales de interés 49
V.5.1.2 Selección de componentes valorados del ecosistema (CVES) 49
V.5.1.3 Identificación de limites espaciales y temporales 50
V.5.2 IMPACTOS ACUMULATIVOS IDENTIFICADOS 50
V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES 52
LISTADO DE ANEXOS 53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Referencias de las metodologías y herramientas empleadas.* 5
Cuadro 2. *Actividades contempladas por el proyecto.* 7
Cuadro 3. *Identificación de factores y subfactores ambientales para el proyecto* 9
Cuadro 4. *Desagregación de los componentes ambientales en factores, subfactores y sus unidades de importancia (UIP).* 10
Cuadro 5. *Interacciones (causa – efecto) durante las etapas del proyecto.* 13
Cuadro 6. *Indicadores ambientales y sus unidades de medición* 21
Cuadro 7. *Criterios de valoración de impacto potencial.* 24
Cuadro 8. *Importancia de las actividades respecto a los impactos generados.* 28
Cuadro 9. *Superficies de afectación respecto al desplante del proyecto, tipo de vegetación y uso de suelo.* 35
Cuadro 10. *Resumen de los criterios para la caracterización de los impactos residuales.* 46
Cuadro 11. *Impactos potencialmente residuales para el proyecto fotovoltaico y sus criterios.* 47

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Inicio del proceso metodológico para la evaluación de impactos ambientales.* 2
Figura 2. *Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.* 5
Figura 3. *Tabla de ecuaciones para calcular la importancia absoluta al medio ambiente.* 26
Figura 4. *Tabla de ecuaciones para calcular la importancia absoluta ponderada a las acciones del Proyecto.* 26
Figura 5. *Tabla de ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada al medio ambiente.* 26
Figura 6. *Tabla de ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada a las acciones del Proyecto.* 27
Figura 7. *Tabla de valores de relevancia de impacto.* 27
Figura 8. *Pasos en la evaluación de los efectos residuales.* 43

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

En este capítulo se lleva a cabo un estudio de impacto ambiental (parte medular), que servirá como base para desarrollar estrategias de prevención y mitigación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales que se abordarán en el siguiente capítulo. El proceso consiste en la identificación, caracterización, ponderación y evaluación de los impactos ambientales, con un enfoque especial en aquellos que son relevantes o significativos. Entre estos, se prestará especial atención a los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos que puedan surgir durante las distintas fases del proyecto. Estos impactos se relacionarán con los componentes ambientales específicos de la región donde se desarrollará el proyecto.

El análisis de los impactos ambientales se fundamenta en la comparación con una "línea base" o escenario de referencia. Esto significa que los impactos se evaluarán en función de la diferencia entre las condiciones ambientales previstas en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el área de influencia del proyecto, en caso de que este no se lleve a cabo, y las condiciones que se anticipan como resultado de su implementación y desarrollo.

La gestión del proyecto, sometido al procedimiento de evaluación mediante una manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional, no solo considera la calidad ambiental del sitio en el momento inicial, sino que también incluye la identificación de los proyectos y obras en curso dentro del sistema ambiental regional definido. Para este análisis, se utiliza el Sistema de Información Geográfica (SIG).

En el ámbito de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), existen diversas metodologías para abordar los impactos de una obra o actividad, todas ellas relacionadas con la naturaleza del proyecto. Sin embargo, estas metodologías comparten tres funciones analíticas clave: la identificación, caracterización y evaluación de los impactos. La metodología utilizada en este estudio comienza con el análisis del diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental Regional (SAR), con el fin de identificar los factores y subfactores que podrían verse significativamente afectados por alguno de los componentes del proyecto. A través del análisis de las interacciones entre estos factores y los componentes del proyecto, se busca interpretar gradualmente el comportamiento del sistema ambiental en su conjunto (*Figura 1*).

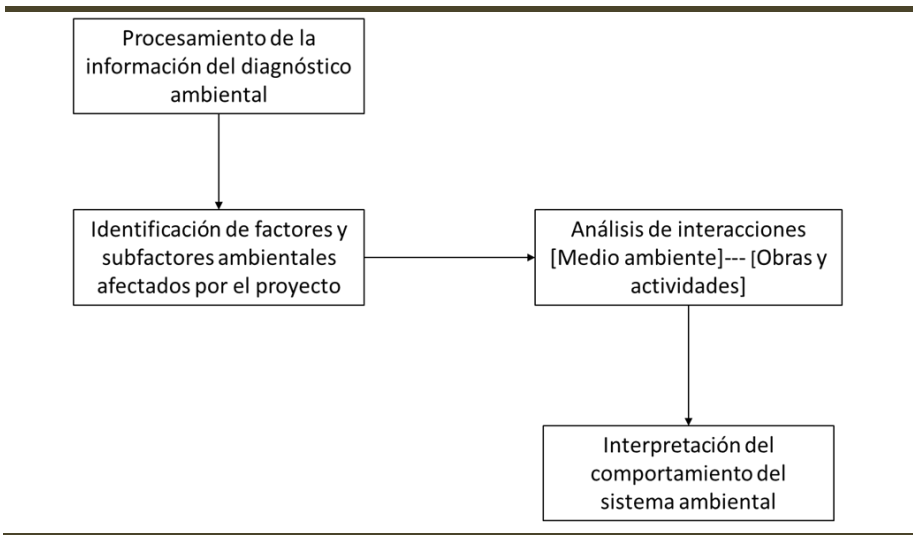


Figura 1. Inicio del proceso metodológico para la evaluación de impactos ambientales.

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

De acuerdo con la Guía para la elaboración de la MIA modalidad regional emitida por SEMARNAT 2022, un de los primeros pasos para la identificación de los impactos es conocer los componentes del proyecto que podrán ocasionar impactos al ambiente o en su defecto interacciones irrelevantes. La ejecución del proyecto considera las siguientes etapas:

- **Preparación del sitio:** Esta etapa incluye todas las actividades necesarias para acondicionar el terreno antes del inicio de la construcción. Implica tareas como la limpieza del área, remoción de vegetación, nivelación del terreno, delimitación del sitio, y preparación de accesos. Durante esta fase, se evalúan y gestionan posibles impactos ambientales iniciales, como pérdida de cobertura vegetal o alteración del hábitat.

- **Construcción:** En esta fase, se llevan a cabo las actividades destinadas a materializar las instalaciones del proyecto. Incluye el uso de maquinaria, instalación de infraestructura, manejo de materiales, y generación de residuos. Es una etapa con alto potencial de impacto ambiental, incluyendo contaminación por polvo, ruido, alteración del suelo, y posibles afectaciones a la fauna local.

- **Operación y Mantenimiento:** Esta etapa abarca las actividades necesarias para el funcionamiento efectivo y sostenido del proyecto, así como las medidas para garantizar su óptimo rendimiento: En proyectos energéticos, como una central fotovoltaica, incluye la generación de energía, monitoreo del sistema, reparación de equipos y cuidado del entorno. Se busca minimizar impactos como generación de residuos o emisión de contaminantes, manteniendo medidas de control ambiental.

- **Desmantelamiento y abandono:** Corresponde a las acciones para retirar las estructuras e instalaciones una vez concluida la vida útil del proyecto. Incluye el desmontaje de infraestructura,

reciclaje de materiales, rehabilitación del sitio, y restauración de las condiciones originales del terreno, en la medida de lo posible. Este proceso es crítico para evitar impactos negativos a largo plazo, como la contaminación residual o la pérdida de funcionalidad ecológica.

De igual manera, para este apartado se consideraron los componentes del proyecto (etapas y actividades) y del medio ambiente, siguiendo los criterios:

- **Relevantes:** Son aquellos elementos, factores o aspectos que tienen una importancia significativa en el análisis o la toma de decisiones dentro del contexto ambiental. En la gestión ambiental, lo "relevante" se refiere a aspectos que generan impactos significativos, positivos o negativos, sobre el entorno físico, biológico o socioeconómico, y que requieren atención prioritaria para garantizar la sostenibilidad del proyecto o actividad.

- **Excluyentes y no dependientes:** Se refieren a criterios o condiciones que permiten eliminar opciones o variables del análisis sin que ello afecte las decisiones finales, ya que no tienen interdependencia directa con otros factores considerados.

    - Excluyentes: Son aquellos aspectos o criterios que, de no cumplirse, descartan automáticamente una opción o alternativa.

    - No dependientes: Indican que dichos factores no están condicionados por otros, por lo que su análisis se puede realizar de manera autónoma.

- **Objetivos:** Se refiere a análisis, evaluaciones o juicios basados en hechos verificables y criterios medibles, libres de interpretaciones personales o sesgos subjetivos. Se fundamentan en datos cuantitativos o evidencia científica, lo que permite una evaluación imparcial y precisa de las condiciones ambientales.

- **Mensurables:** Se refiere a aquellos aspectos que pueden cuantificarse o medirse de manera precisa, ya sea en términos físicos, químicos, biológicos o económicos. La capacidad de medición es crucial para evaluar el cumplimiento de metas ambientales y realizar un seguimiento efectivo.

- **Ubicables:** Indica que los aspectos o impactos pueden ser geográficamente identificados y localizados en un espacio físico específico. En gestión ambiental, esto es esencial para mapear áreas afectadas, priorizar zonas de intervención y diseñar estrategias adaptadas a las características locales.

- **Determinadas en un momento:** Hace referencia a aspectos o condiciones que pueden identificarse, analizados o establecidos en un momento específico del tiempo, lo que permite realizar diagnósticos o evaluaciones temporales. Esto es clave para estudios de línea base o evaluaciones comparativas en gestión ambiental.

No obstante, la metodología para identificar los impactos a generar por el proyecto requiere de los pasos contemplados en el siguiente apartado.

V.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Las metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) están destinadas a sistematizar y potenciar el proceso de evaluación, sin embargo, una metodología por buena que sea no excluye la subjetividad presente para algunos aspectos ambientales. En consecuencia, es necesario elegir una metodología adecuada a los fines, conocer sus posibilidades y limitaciones y utilizarla para hacer el mejor trabajo.

En apego a lo que sugiere la guía regional, en cuanto al desarrollo de este apartado, el proceso de identificación y evaluación se desarrollará en tres etapas: la primera consiste en la identificación de las acciones del proyecto; la segunda corresponde a la selección de los indicadores de impacto que van a ser valorados y finalmente la selección y justificación de la metodología de evaluación.

Para el caso de la evaluación de impactos ambientales producto de las actividades del proyecto materia de esta investigación, se ha considerado como metodología de identificación de impactos, el análisis matricial causa-efecto, modificada (Leopold,1971) adaptándola a las condiciones de interacción entre las actividades de los procesos del proyecto y los factores ambientales, permitiendo identificar y ponderar los impactos de la actividad generados por el proyecto en el área de influencia.

En este sentido se ha elaborado una matriz de evaluación causa-efecto en la cual se analizan las interacciones entre las acciones del proyecto y los factores ambientales posiblemente afectados (Leopold,1971). Por otro lado, se elaboró una matriz de calificación de impactos ambientales que se genera producto del desarrollo del proyecto (Conesa-Fernández, 2010).

Para la aplicación de la metodología de evaluación fue necesario definir los indicadores de impacto con respecto a los efectos potenciales sobre el medio durante las distintas etapas de ejecución del proyecto.

La metodología considera lo siguiente: Identificación de las acciones del proyecto, factores generadores de impacto, componentes ambientales e indicadores de impacto, matriz cribada de impactos ambientales, valoración y Evaluación cualitativa de los impactos potenciales, descripción cualitativa de impactos relevantes (*Figura 2*)

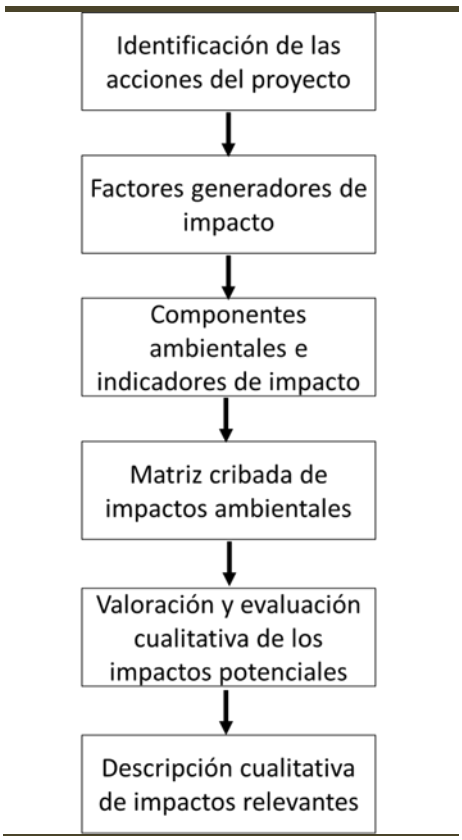


Figura 2. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Así mismo se emplearon herramientas de apoyo para la identificación y evaluación de impactos ambientales, las cuales se muestran a continuación (*Cuadro 1*):

Cuadro 1. Referencias de las metodologías y herramientas empleadas.

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN EN EL PROYECTO
Análisis de cartografía temática y uso del Sistema de Información Geográfica.	La cartografía, fotografías aéreas e imágenes de satélite (Sentinel, Landasat, Google Earth), son herramientas metodológicas muy útiles para la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, edafología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate *et al.*, 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos Gómez-Orea, 2003).	Los mapas temáticos de la zona de estudio; así como por la información obtenida en campo para retroalimentar al SIG (ver Capítulo IV), permitieron analizar y evaluar la situación ambiental actual del mismo, considerando como contexto el SAR.

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN EN EL PROYECTO
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los factores ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de esta.	En el caso del proyecto se usó una matriz como base para identificar y evaluar posteriormente de forma cuantitativa los impactos ambientales que el proyecto puede ocasionar. Se elaboró una matriz de interacciones que incluye en las columnas las actividades que pueden generar impacto y en las filas los factores ambientales que pueden verse afectados. Esta correlación se presenta como "Matriz de identificación de interacciones potenciales" (Matriz de Leopold, 1971 mod.).
Juicio de expertos	Con base a la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores es posible identificar y dimensionar la magnitud de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos. Al contar con información, reconocimiento del área de estudio e identificar su problemática, un grupo de expertos que participaron en la descripción de los componentes ambientales, así como de temas relevantes en la región se coordina para analizar cuestionamientos sobre los posibles efectos al desplantar el proyecto en el área de estudio; dentro del proceso del flujo de información entre el grupo de expertos surge la retroalimentación para lograr establecer un nivel de acuerdo e identificar aquellos componentes vulnerables y las acciones que podrían causar efectos directos e indirectos. Este es un método de prospectiva que incluso puede facilitar previo a los estudios requeridos para el desarrollo del proyecto, identificar los temas regionales de interés.	Una vez que se obtuvo la aproximación a las relaciones causa-efecto derivadas de la ejecución del proyecto se procedió a calificarlas a través de una metodología estandarizada, en la cual participaron diversos expertos a fin de no realizar un ejercicio subjetivo.
Evaluación cuantitativa	La valoración cuantitativa de impactos ambientales permite la determinación de la magnitud y naturaleza de los impactos ambientales identificados	Se empleó la metodología descrita por Conesa Fernández-Vitora (1997) misma que se puede definir como una metodología semicuantitativa ya que su valoración se deriva de atributos cualitativos que toman significado numérico, es una metodología que incluye los atributos necesarios para hacer un diagnóstico de los posibles impactos negativos sobre el ambiente y su influencia sobre el mismo.

Las metodologías arriba mencionadas se utilizaron para evaluar este proyecto considerando su aplicación y replica en otros estudios similares, además de considerar criterios de evaluación sugeridos por la guía de SEMARNAT 2022; siendo elementos que aproximan a una evaluación de manera adecuada respecto a la interacción de los componentes ambientales y las actividades del proyecto.

V.1.2 ACCIONES DEL PROYECTO SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS

Las actividades del proyecto se definen como aquellas acciones y operaciones que a partir de la naturaleza de la obra se desarrollarán y se infiere tendrán un potencial de generar efectos sobre el ecosistema.

Con base en la descripción del capítulo II se seleccionaron las etapas para el desarrollo del proyecto y sus actividades, se asignaron grupos de actividades de acuerdo con la naturaleza de éstas con el fin de ser excluyentes y no dependientes, evitando duplicar impactos (*Cuadro 2*).

Cuadro 2. Actividades contempladas por el proyecto.

ETAPA	ACTIVIDADES (AGRUPADAS)	
1. Preparación del Sitio	1	Desmonte
	2	Despalme
2. Construcción	3	Nivelación del terreno
	4	Adecuación de caminos existentes
	5	Apertura de caminos nuevos
	6	Apertura de zanjas
	7	Instalación de pilotes
	8	Instalación del sistema fotovoltaico
	9	Montaje de paneles solares
	10	Obra civil subestación
	11	Retiro de maquinaria y materiales
3. Operación y Mantenimiento	12	Generación de energía
	13	Conducción eléctrica (subterránea)
	14	Transformación
	15	Mantenimiento de paneles solares
4. Desmantelamiento y Abandono	16	Desconexión de paneles
	17	Desmontaje de paneles
	18	Desmantelamiento instalaciones eléctricas
	19	Retiro de cimentaciones

V.1.3 FACTORES DEL AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTOS

El medio ambiente puede entenderse como un sistema abierto que intercambia energía y materia con su entorno. Está compuesto por diferentes subsistemas que interactúan entre sí. Los subsistemas del medio ambiente incluyen el medio físico, y el medio social.

El medio físico es el subsistema que hace referencia a los elementos no vivos y los vivos que interactúan en el entorno natural y que constituyen los recursos esenciales para la vida. Este se conforma de los componentes abióticos y bióticos, los cuales funcionan como un sistema interrelacionado y esencial para los procesos naturales y ecológicos.

Factores del medio abiótico son:

- Atmósfera: Aire, gases, clima.
- Geosfera: Geoformas (relieve), suelos, rocas, minerales.
- Hidrosfera: Agua en todas sus formas (líquida, sólida y gaseosa).

Estos aspectos se encuentran relacionados con la energía solar ya que la radiación solar permite la fotosíntesis y regula el clima.

En cuanto al medio biótico, sus factores principales son:

- Flora: Plantas y vegetación (árboles, arbustos, pastos, algas, etc.), microflora (bacterias, hongos, y otros organismos microscópicos fotosintéticos o descomponedores).
- Fauna: Animales (herpetofauna, mastofauna voladora y no voladora, avifauna), microfauna (organismos microscópicos como protozoos).

Dentro del sistema ambiental, subsistema medio físico, para el componente biótico también tenemos interacciones con los factores mencionados como son:

I. Microorganismos: Bacterias y arqueas, virus (aunque no están considerados vivos, influyen en el ecosistema), hongos y líquenes.

II. Comunidades Biológicas: Poblaciones de distintas especies que interactúan en un área específica (biocenosis).

III. Relaciones Bióticas: Relaciones intraespecíficas (entre individuos de la misma especie); competencia, cooperación, jerarquías, etc., y relaciones interespecíficas (entre diferentes especies); depredación, simbiosis, mutualismo, parasitismo, competencia, etc.

IV. Biomasa: Cantidad total de materia orgánica disponible en los organismos vivos.

V. Ciclos Biogeoquímicos (componente funcional): Rol de los organismos en ciclos como el carbono, nitrógeno y fósforo.

VI. Ecosistemas y Hábitats: Áreas específicas donde interactúan organismos vivos y su entorno físico.

En cuanto al medio social este se refiere al conjunto de elementos y relaciones que configuran las dinámicas humanas en un territorio determinado, incluyendo los aspectos económicos, culturales, políticos y perceptuales que influyen en las interacciones entre los seres humanos y su entorno. Desde un enfoque de sistemas, el medio social puede entenderse como un subsistema dentro del sistema ambiental, que interactúa directamente con otros subsistemas, como el medio físico y el medio biótico.

Este subsistema integra dos componentes clave: el socioeconómico y el perceptual, que permiten analizar las relaciones humanas desde una perspectiva multidimensional.

Los factores ambientales corresponden a los componentes del ecosistema, aquellos susceptibles de recibir impactos por el desarrollo del proyecto. A su vez los subfactores derivan de una desagregación de los factores A continuación, se presenta la lista de los factores y subfactores, elaborada con base a lo recomendado por Canter (1998), Conesa-Fernández (2010) y la Guía de SEMARNAT 2022 (*Cuadro 3*).

Cuadro 3. Identificación de factores y subfactores ambientales para el proyecto

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL
Medio ambiente	Medio físico	Abiótico	Aire	Calidad del aire
				Nivel de polvo
				Confort sonoro
			Geoforma	Relieve
			Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial
				Calidad fisicoquímica del agua subterránea
				Disponibilidad de agua
				Escorrentía
			Suelo	Erosión hídrica y eólica
				Contaminación
		Biótico	Flora	Cubierta vegetal
				Especies protegidas
			Fauna	Especies y poblaciones terrestres
				Especies y poblaciones voladoras
				Especies protegidas

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL
				Hábitat faunístico
	Medio social	Socioeconómico	Economía y población	Nivel de empleo
				Economía local
				Servicios e infraestructura
				Aceptación social
			Cultura	Patrimonio cultural
		Perceptual	Paisaje	Visibilidad
				Fragilidad
				Calidad escénica

Continuando con la metodología, a los subfactores se les asigna un valor de importancia, expresado en Unidades de Importancia (UIP), que resulta de la distribución de 1000 unidades asignadas al total de los factores (Bolea, 1984 citado en Conésa-Fernández, 2010); no obstante, la cantidad de UIP distribuidas entre los subfactores ambientales pueden ser modificadas por un panel de expertos, de acuerdo, a la descripción del ambiente descrito en el capítulo IV, dándole más peso a los más importantes presentes para el área de influencia del Proyecto. Estas UIP son utilizadas para una posterior ponderación de relevancia de los impactos ambientales (*Cuadro 4*).

Cuadro 4. Desagregación de los componentes ambientales en factores, subfactores y sus unidades de importancia (UIP).

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	UIP	CLAVE
Aire	Calidad del aire	20	A
	Nivel de polvo	30	B
	Confort sonoro	35	C
Geoforma	Relieve	25	D
Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial	25	E
	Calidad fisicoquímica del agua subterránea	45	F
	Disponibilidad de agua	20	G
	Escorrentía	25	H
Suelo	Erosión hídrica y eólica	40	I
	Contaminación	20	J
Flora	Cubierta vegetal	70	K
	Especies protegidas	30	L
Fauna	Especies y poblaciones terrestres	45	M
	Especies y poblaciones voladoras	60	N
	Especies protegidas	30	Ñ
	Hábitat faunístico	45	O

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	UIP	CLAVE
Economía y población	Nivel de empleo	70	P
	Economía local	70	Q
	Servicios e infraestructura	70	R
	Aceptación social	70	S
Cultura	Patrimonio cultural	40	T
Paisaje	Visibilidad	35	U
	Fragilidad	30	V
	Calidad escénica	50	W
Medio ambiente (total)		1000	---

V.1.4 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Los criterios y metodologías de evaluación de impactos ambientales se definen considerando los elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto u obra: basándose en la identificación de subfactores, se genera la **matriz cribada de interacciones potenciales (Anexo V-1)**, lo que permite determinar las relaciones causales entre las acciones del proyecto y los indicadores de impacto. Para la estructura de la matriz, se colocan las actividades por etapas en las columnas y los subfactores ambientales en las filas.

Como primer paso se identifican factores y subfactores específicos para el proyecto, de acuerdo con la información contenida en el capítulo VI, así como las actividades de éste presentadas en el capítulo II, posteriormente se analiza cada interacción a fin de identificar qué acciones del proyecto pueden representar una fuente de cambio para el Sistema Ambiental Regional, dando así como resultado la matriz para cada etapa del proyecto, en donde queda señalado con un "0" la inexistencia de interacción y con "1" las interacciones independientemente de su naturaleza, dicho análisis binario representa lo siguiente:

- **Impactos relevantes:** Son impactos que tienen una repercusión considerable en el área del proyecto, capaz de generar cambios sustanciales que afecten a las funciones de los componentes a corto, mediano y/o largo plazo, que por su naturaleza se consideran positivos (+) o negativos (-). En la matriz cribada se representan con el número "1".

- **Impactos no relevantes:** Se considera a todos los impactos que no fueron estimados como relevantes y que pueden presentar alteraciones al sistema sin causar la perdida de funciones ecosistémicas pero que deben ser atendidos por las medidas de mitigación. En la matriz cribada se presentan con el "0".

De acuerdo con la matriz de cribada, se determinaron un total de 165 interacciones potenciales de generar impactos; la etapa con mayor número de interacciones se presenta en la construcción, debido a que, durante ésta, se llevarán a cabo el mayor número de actividades. No obstante, muchas de las

actividades a realizar durante la construcción y preparación del sitio, son puntuales y temporales, por lo que se infiere que la mayoría de los impactos resultado del desarrollo de las etapas, sean reversibles, puntuales y mitigables. Aunado a lo anterior, en cuanto a los componentes con mayor número de interacciones (proyecto-ambiente) se identificó el medio físico pues dentro de su clasificación se encuentran los aspectos bióticos y abióticos del ecosistema.

Es importante distinguir las interacciones como acciones que resultan de las actividades para llevar a cabo el Proyecto y no como impactos ambientales, ya que estos se entienden como un cambio cualitativo y cuantificable para los componentes ambientales del sistema ambiental definido para el Proyecto. Una diferencia adicional es que, una interacción se refiere a cualquier variación o modificación de los factores ambientales por la acción de un proyecto, mientras que un impacto ambiental se vincula a una valoración de la significancia positiva o negativa producida sobre la calidad ambiental (Espinoza, 2002).

V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Una vez que se identificaron las interacciones en la matriz de cribada, se elaboró un cuadro en el que se describe de acuerdo con las actividades en cada etapa del proyecto (causa), la alteración esperada para posteriormente cuantificar y calificar los impactos ambientales potenciales(efecto) (*Cuadro 5*).

Cuadro 5. Interacciones (causa – efecto) durante las etapas del proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
1.Preparación del sitio.	1. Desmonte y 2. Despalme.	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas a la atmósfera, variando los niveles de calidad de esta; asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos incrementando los niveles sonoros con alcance local.	Aire	Remoción de vegetación y movimiento de suelo	Aumento de partículas suspendidas (polvo) por erosión eólica y actividades de maquinaria. Posible afectación a la calidad del aire local.
		Se podrá generar alteraciones en el relieve debido al retiro de vegetación y movimiento de tierras, modificando la pendiente y estructura del relieve a nivel área del Proyecto.	Geoforma	Modificación del relieve	Alteración de la topografía original, posibles cambios en la estabilidad del suelo y aumento del riesgo de erosión.
		Las actividades de preparación del sitio pueden generar escenarios en donde la modificación de escorrentías pluviales principalmente se vea modificadas de su patrón de drenaje natural. Por otro lado, el manejo inadecuado de los residuos generados durante la obra genera un riesgo de contaminación para cuerpos de agua subterráneos.	Agua	Eliminación de cobertura vegetal y alteración del drenaje natural	Reducción de infiltración, mayor escurrimiento superficial, posible contaminación por sedimentos en cuerpos de agua cercanos.
		El despalme y movimientos de tierra como las excavaciones, nivelaciones y rellenos, así como el retiro de la capa vegetal, podrá generar incrementos en los procesos erosivos al dejar desprovisto al suelo y modificar su estructura permitiendo arrastre de material por acción eólica o pluvial. Por otro lado, la generación de residuos sólidos y/o líquidos derivados de un manejo inadecuado podrían alterar la composición fisicoquímica del suelo.	Suelo	Retiro de la capa superficial y compactación por maquinaria	Pérdida de suelo fértil, compactación que reduce permeabilidad y capacidad de infiltración, mayor riesgo de erosión hídrica y eólica.
		La actividad de desmonte generará la pérdida de cobertura vegetal, por lo que se infiere una alteración a especies de flora en cuanto a diversidad y	Flora	Remoción de vegetación natural	Pérdida de cobertura vegetal, reducción de biodiversidad vegetal, eliminación de especies endémicas o protegidas.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		abundancia dentro del área del proyecto.			
		Las actividades de preparación del sitio generarán alteraciones para la fauna silvestre, de inicio con la modificación se su hábitat y generación de condiciones ajenas al estado natural en donde se sitúan; además la presencia de personal, generación de ruidos y residuos puede afectar a especies sensibles o singulares y en caso contrario beneficiar a especies oportunistas.	Fauna	Pérdida de hábitat y aumento del ruido	Desplazamiento o pérdida de especies animales locales, interrupción de corredores biológicos, aumento del estrés en fauna remanente.
		Las actividades por realizar en la preparación del sitio implican el requerimiento de personal para actividades de jornada y especializadas, lo que tendrá un efecto benéfico en cuanto a remuneraciones por empleo, así como el consumo de servicios.	Economía y población	Cambios en el uso del suelo y empleo temporal	Generación de empleo en la fase, pero posible afectación a actividades económicas previas.
		La modificación del área por acciones de desmonte, despalme y movimientos de tierra, tendrán un efecto de alteración a las condiciones paisajísticas en cuanto a su visibilidad y componentes naturales.	Paisaje	Transformación del entorno visual	Alteración del paisaje natural, reducción del valor escénico de la zona
2. Construcción	3. Nivelación del terreno	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas a la atmósfera, variando los niveles de calidad de esta; asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos incrementando los niveles sonoros con alcance local.	Aire	Movimiento de suelo, uso de maquinaria pesada	Aumento de partículas suspendidas (polvo), afectación a la calidad del aire.
		Se podrá generar alteraciones en el relieve al movimiento de tierras, como excavaciones, rellenos y nivelaciones, modificando la pendiente y estructura del relieve a nivel área del Proyecto.	Geoforma	Modificación de la topografía original	Pérdida de micro relieves naturales, cambios en el escurrimiento del agua.
		Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	Suelo	Compactación y pérdida de suelo fértil	Disminución de la infiltración, aumento del riesgo de erosión.
	4. Adecuación de caminos	Durante las maniobras de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra	Agua	Reducción de infiltración y	Posible aumento de escorrentía y erosión,

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.		cambios en el drenaje	alteración de cuerpos de agua.
		Se podrá generará la pérdida de cobertura vegetal, por lo que se infiere una alteración a especies de flora en cuanto a diversidad y abundancia dentro del área del proyecto.	Flora	Eliminación de vegetación en las áreas de paso	Pérdida de biodiversidad vegetal y de servicios ecosistémicos.
	5. Apertura de nuevos caminos	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos o colisiones con la infraestructura del proyecto y la movilidad en su operación. Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se podrá afectar el hábitat de fauna silvestre y sus hábitos.	Fauna	Fragmentación del hábitat y ruido por maquinaria	Desplazamiento de fauna, alteración de corredores biológicos.
		La modificación del área por acciones de construcción y movimientos de tierra, tendrán un efecto de alteración a las condiciones paisajísticas en cuanto a su visibilidad y componentes naturales.	Paisaje	Cambio en la estructura del paisaje natural	Reducción del valor escénico.
	6. Apertura de zanjas	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas a la atmósfera, variando los niveles de calidad de esta; asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos incrementando los niveles sonoros con alcance local.	Aire	Emisión de polvo y material particulado	Contaminación del aire, afectación a la salud de trabajadores y población cercana.
		Los movimientos de tierra como las excavaciones, nivelaciones y rellenos, así como el retiro de la capa vegetal, podrá generar incrementos en los procesos erosivos al dejar desprovisto al suelo y modificar su estructura permitiendo arrastre de material por acción eólica o pluvial.	Suelo	Remoción de la capa superficial del suelo	Aumento del riesgo de erosión y pérdida de suelo fértil.
	7. Instalación de pilotes	Se podrá generar alteraciones en el relieve al movimiento de tierras, como excavaciones, rellenos y cimentaciones, modificando la estructura del relieve a nivel área del Proyecto.	Geoforma	Perforación y cimentación	Modificación del subsuelo, compactación del área circundante.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de escorrentías intermitentes, por lo que se podría modificar el patrón de drenaje natural. Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.	Agua	Alteración de capas freáticas en caso de excavaciones profundas	Posible impacto en la disponibilidad de agua subterránea.
	8. Instalación del sistema fotovoltaico	Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.	Economía y Población	Generación de empleo en la fase de construcción	Beneficio económico temporal, necesidad de capacitación especializada.
	9. Montaje de paneles solares	El montaje y desplante de componentes ajenos al paisaje natural generarán una modificación de las condiciones naturales del paisaje.	Paisaje	Introducción de estructuras artificiales en el entorno	Cambio en la percepción visual del territorio.
	10. Obra civil de la subestación	El uso de materiales para la obra y su manipulación mediante maquinaria generará humos y partículas suspendidas a la atmósfera, variando los niveles de calidad de esta con alcance local.	Aire	Uso de cemento y materiales de construcción	Emisión de partículas contaminantes y CO_2.
		Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra se incrementa el consumo de agua y pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.	Agua	Consumo de agua en la construcción	Presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico local.
	11. Retiro de maquinaria y materiales	La generación de residuos sólidos y/o líquidos derivados de un manejo inadecuado podrían alterar la composición fisicoquímica del suelo.	Suelo	Disposición inadecuada de residuos y desechos	Contaminación por residuos sólidos y derrames de aceites o combustibles.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
3. Operación y mantenimiento		Durante la operación se requiere un mantenimiento periódico para garantizar la eficiencia y longevidad de los paneles solares y otros componentes. Este mantenimiento puede implicar emisiones indirectas asociadas, aunque no sean propiamente alcance del proyecto como son por ejemplo la fabricación y transporte de estos componentes la cual genera emisiones en su cadena de suministro, especialmente en la producción de silicio, vidrio y metales conductores, de igual manera, el envío de equipos desde fábricas hasta el sitio del proyecto implica emisiones de CO_2 derivadas del transporte por carretera, mar o aire.	Aire	Emisión indirecta de GEI por mantenimiento de equipos y uso de transporte	Contribución mínima a la huella de carbono en la operación.
	12. Generación de energía	Los paneles solares están montados sobre estructuras ancladas en el suelo mediante pilotes o cimentaciones. La distribución de peso sobre el terreno puede causar compactación localizada, especialmente en terrenos con baja capacidad de carga. En suelos arcillosos o con alto contenido de humedad, puede haber hundimientos diferenciales. El uso continuo de camionetas, grúas y camiones ligeros en la inspección y mantenimiento de los paneles solares genera compactación en los caminos internos. La compactación excesiva disminuye la porosidad del suelo, afectando la infiltración de agua y la disponibilidad de oxígeno para la biota del suelo.	Suelo	Presión estructural sobre el terreno	Compactación del suelo en áreas con tráfico frecuente.
		Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	Economía y población	Producción de energía limpia	Reducción de costos energéticos y generación de empleos.
	13. Conducción eléctrica subterránea	La modificación del relieve genera cambios temporales en la topografía y posibles hundimientos diferenciales. Puede afectar la capacidad de infiltración del agua, generando encharcamientos o aumento de escorrentía.	Geoforma	Excavación para tendido de cableado	Alteración del subsuelo y posible afectación de capas freáticas.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		La disminución de la permeabilidad puede generar problemas de drenaje, acumulación de agua superficial	Agua	Posible afectación a flujo subterráneo	Cambios en la infiltración y recarga de acuíferos.
		las instalaciones subterráneas quedan completamente ocultas bajo tierra, evitando la alteración del entorno visual.	Paisaje	Reducción de impacto visual en comparación con líneas aéreas	Menor afectación a la percepción escénica del entorno.
	14. Transformación de energía	Los transformadores y subestaciones generan calor como subproducto de la conversión y distribución de energía eléctrica. Este calor se disipa mediante radiadores, ventiladores o sistemas de enfriamiento con aceite dieléctrico.	Aire	Generación de calor en transformadores y subestaciones	Posible efecto térmico localizado sin impacto significativo en el aire.
		Los transformadores, inversores y otros equipos eléctricos requieren cimentaciones robustas que generan presión sobre el suelo. La vibración y el calor generado por estos equipos pueden alterar las propiedades fisicoquímicas del suelo en su entorno inmediato.	Suelo	Instalación de subestaciones	Sellado parcial del suelo y modificación de sus propiedades y la capacidad de absorción de agua.
		Un suministro estable de electricidad asegura que la energía generada sea útil y confiable para los consumidores finales, lo que tiene un impacto positivo en la economía y en la calidad de vida de la población.	Economía y población	Suministro estable de energía eléctrica	Mejora de infraestructura energética y mayor atracción de inversión.
	15. Mantenimiento de paneles solares	La maquinaria y vehículos en maniobras de mantenimiento generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.	Aire	Movilización de vehículos y personal para inspección	Emisión de contaminantes por vehículos de mantenimiento.
		La limpieza regular de los paneles solares es fundamental para mantener su eficiencia, lo que implica el uso de agua y productos de limpieza.	Suelo	Uso de agua y productos de limpieza	Posible infiltración de residuos químicos en el suelo.
		La disponibilidad puede estar limitada en algunas y la calidad del agua debe ser adecuada para evitar la acumulación de residuos en los paneles.	Agua	Lavado de paneles solares	Consumo periódico de agua, impacto en disponibilidad hídrica local.
		Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos o colisiones con la infraestructura del	Fauna	Presencia de personal y equipos	Posible alteración temporal de la fauna local y vegetación.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		proyecto y la movilidad en su operación. Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010.			
		El mantenimiento regular evita la acumulación de suciedad, corrosión o desperfectos visibles que puedan afectar la apariencia del parque solar. La supervisión constante de las estructuras y soportes de los paneles evita que se deterioren o presenten daños visibles. Se asegura que la planta fotovoltaica se mantenga en condiciones adecuadas sin generar un contraste excesivo con el paisaje natura	Paisaje	Conservación del funcionamiento del parque solar	Reducción del impacto visual a largo plazo al evitar deterioro estructural.
4. Desmantelamiento y abandono	16. Desconexión de paneles	La maquinaria y vehículos en maniobras de desmantelamiento generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.	Aire	Uso de vehículos y maquinaria para traslado	Emisión de gases contaminantes por combustión de diésel y polvo suspendido.
		La compactación excesiva disminuye la porosidad del suelo, afectando la infiltración de agua y la disponibilidad de oxígeno para la biota del suelo.	Suelo	Manipulación de estructuras y materiales pesados	Posible compactación del suelo por maquinaria.
		La desconexión de paneles marca el inicio del cierre parcial o total de la planta, lo que reduce la demanda de trabajadores en mantenimiento, operación y logística. La planta fotovoltaica puede haber generado empleos en la comunidad, apoyado negocios locales y contribuido con impuestos. Su desconexión reduce estos beneficios.	Economía y población	Reducción de actividad económica	Pérdida de empleos asociados al mantenimiento de la planta.
	17. Desmontaje de paneles	Las actividades de restauración permitirán la restitución del relieve, disminuyendo la presión en la estructura de este y por lo tanto su modificación.	Geoforma	Movimiento de estructuras metálicas y soportes	Alteración mínima del relieve en las áreas de cimentación.
		Durante las maniobras de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.	Agua	Posible generación de residuos peligrosos	Filtración de aceites o solventes en caso de mal manejo.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		El aumento de la actividad humana puede causar daño a la vegetación local, especialmente si se utilizan maquinarias pesadas o se realizan trabajos de excavación. El aumento de la actividad humana puede perturbar el hábitat natural de las especies locales, lo que puede causar estrés y alterar sus patrones de comportamiento.	Flora y fauna	Aumento de la actividad humana en la zona	Desplazamiento temporal de fauna local y alteración del hábitat.
		Las actividades de restauración como la reforestación permitirán recuperar el paisaje de manera gradual, lo que traerá el restablecimiento de los servicios ecosistémicos.	Paisaje	Eliminación progresiva de las estructuras visibles	Recuperación del paisaje natural
	18. Desmantelamiento de instalaciones eléctricas	La maquinaria y herramientas en maniobras de desmantelamiento generará humos y partículas suspendidas.	Aire	Uso de herramientas y equipos de corte y soldadura	Emisión de partículas y residuos de metales pesados.
		Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos de manera adecuada.	Suelo	Remoción de cableado y transformadores	Posible contaminación del suelo por residuos eléctricos y aceites dieléctricos.
		La restauración generará las condiciones del sitio previo al desarrollo del proyecto, restableciendo la calidad visual y paisajística.	Paisaje	Eliminación de estructuras visualmente impactantes	Mejora del entorno visual al restaurar el paisaje original.
	19. Retiro de cimentaciones	Durante retiro de estructuras existirá alteración temporal del relieve, pero las actividades de restauración permitirán la restitución del suelo, disminuyendo la presión en la estructura de este y por lo tanto su modificación.	Geoforma	Excavación y retiro de bases de concreto	Modificación del relieve y alteración del perfil del suelo.
		Si los escombros contienen materiales peligrosos (como metales pesados o sustancias químicas), pueden contaminar el suelo, afectando su fertilidad y la salud de los organismos que habitan en él. La mezcla de escombros con el suelo natural puede modificar sus propiedades químicas y físicas, como el pH, la textura y la capacidad de retención de nutrientes.	Suelo	Generación de escombros	Necesidad de disposición adecuada de residuos de construcción.
		Los movimientos de tierra, así como el retiro de la capa vegetal, podrá generar incrementos en los procesos erosivos al dejar desprovisto al	Agua	Aumento de escorrentía en áreas afectadas	Posible erosión en suelos sin cobertura vegetal.

ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN	FACTOR	CAUSA	EFECTO (IMPACTO POTENCIAL)
		suelo y modificar su estructura permitiendo arrastre de material por acción eólica o pluvial.			
		Las actividades por realizar para el desmantelamiento implican el requerimiento de personal para actividades de jornada y especializadas, lo que tendrá un efecto benéfico en cuanto a remuneraciones por empleo, así como el consumo de servicios.	Economía y población	Demanda de mano de obra para desmantelamiento	Generación temporal de empleos en la fase de cierre del proyecto.

V.2.1 INDICADORES DE IMPACTO Y DE CAMBIO CLIMÁTICO

Según Canter (1998) los indicadores se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema físico o socioeconómico

En el siguiente cuadro se muestran los indicadores de impacto considerados para cada factor, es decir, los elementos del ambiente afectado por las acciones del proyecto, así como las unidades en que se expresa dicho indicador (*Cuadro 6*).

Cuadro 6. Indicadores ambientales y sus unidades de medición

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
Aire	Calidad del aire	Índice de calidad del aire	%
	Nivel de polvo	Concentración de polvos en el aire	µg/m³
	Confort sonoro	Nivel sonoro	dBA
Geoforma	Relieve	Grado de modificación del relieve	Estimativo
Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial	Índices de calidad del agua	Índice
	Calidad fisicoquímica del agua subterránea	Índice de calidad del agua	Índice
	Disponibilidad de agua	Cantidad recargada	Hm3
	Escorrentía	Flujo escurrido	m³/seg., índice adimensional
Suelo	Erosión hídrica y eólica	Pérdida de suelo	%, ppm, g/l
	Contaminación	Grado de contaminación	Tm/ha, año
Flora	Cubierta vegetal	Porcentaje de la superficie vegetal	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional
Fauna	Especies y poblaciones terrestres	Población terrestre afectada	%
	Especies y poblaciones voladoras	Población voladora afectada	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
	Hábitat faunístico	Hábitat afectado	%
Economía y población	Nivel de empleo	Variación en el nivel de empleo	%
	Economía local	Incremento de ingresos	Millones de $
	Servicios e infraestructura	Longitud relativa de los servicios	Km
	Aceptación social	Índice de aceptación	%
Cultura	Patrimonio cultural	Capital cultural	Diversidad creativa
Paisaje	Visibilidad	Grado de visibilidad	%
	Fragilidad	Grado de fragilidad	%, adimensional
	Calidad escénica	Grado de calidad	%, adimensional

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Tras identificar las interacciones con potencial de causar impactos dentro de la matriz cribada, se elaboró una **matriz de valoración del impacto potencial (Anexo V-2)** para cada una de las etapas, considerando el componente afectado. Los criterios empleados para esta clasificación se tomaron de Conesa Fernández (2009) y se presentan en el siguiente listado y su respectiva tabla de criterios de valoración (*Cuadro 7*):

Naturaleza (NA): Indica si las acciones del proyecto deterioran o mejoran las características del atributo ambiental, es decir, si es benéfico o adverso. Esta característica se denota por los signos positivo (+) o negativo (-).

Intensidad (IN): Se refiere al grado de incidencia de la acción, sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos 2 términos reflejaran situaciones intermedias.

Extensión (EX): Se refiere al área de extensión teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área, respeto al entorno, en que se manifiesta el impacto). Si la acción produce un impacto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su graduación, como impacto parcial (2) y extenso (4).

Momento (MO): El plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado. Así cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año será corto plazo, asignándole

en ambos casos un valor (4). Si es un periodo que va de 1 a 5 años, este será mediano plazo (2), y si el efecto tarde en manifestarse más de cinco años, el periodo será largo plazo (1).

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años, será temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente, asignándole un valor de (4). La persistencia es independiente de la reversibilidad.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Si es corto el plazo se le asigna un valor (1), si es a medio plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados en el parámetro anterior.

Sinergia (SI): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción, actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

Periodicidad (PR): se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular).

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). Así, si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2), según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente el efecto es mitigable y toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la humana) le asignamos un valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).

Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de esta. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene

lugar a partir de un efecto primario, actuando en este como una acción de segundo orden. Este término toma el valor (1) en el caso de que el efecto sea secundario y el valor (4) cuando sea directo.

Acumulación (AC): Este atributo se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continua o reiterada a la acción que lo genera. Así, cuando una acción no genera efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4).

Cuadro 7. Criterios de valoración de impacto potencial.

CRITERIOS	NATURALEZA (NA)	VALOR	INTENSIDAD (IN)	VALOR	EXTENSIÓN (EX)	VALOR	MOMENTO (MO)	VALOR
	Impacto benéfico	+	Baja	1	Puntual	1	Largo plazo	1
	Impacto adverso	-	Media	2	Parcial	2	Mediano plazo	2
			Alta	4	Extenso	4	Inmediato	4
			Muy alta	8	Total	8	Critico	(+4)
			Total	12	Critica	(+4)		
	PERSISTENCIA (PE)	**VALOR**	**REVERSIBILIDAD (RV)**	**VALOR**	**SINERGIA(SI)**	**VALOR**	**PERIODICI-DAD (PR)**	**VALOR**
	Fugaz	1	Corto plazo	1	Simple	1	Irregular	1
	Temporal	2	Mediano plazo	2	Sinérgico	2	Periódico	2
	Permanente	4	Irreversible	4	Muy sinérgico	4	Continuo	4
	RECUPERABILIDAD (MC)	**VALOR**	**EFECTO (EF)**	**VALOR**	**ACUMULA-CIÓN (AC)**	**VALOR**	Valoración Impacto Potencial (Conesa-Fernández, 2009)	
	Recuperable inmediatamente	1	Indirecto	1	Simple	1		
	Recuperable a mediano plazo	2	Directo	4	Acumulativo	4		
	Mitigable	4						
	Irrecuperable	8						

Los valores de relevancia se obtienen utilizando el índice de importancia del impacto. Este índice se obtiene por medio de un modelo matemático cuyos valores son calculados a partir de la calificación de la matriz con base en los valores expuestos en el cuadro anterior

El resultado se muestra expresado en valores absolutos y relativos. El modelo matemático se expresa en la siguiente ecuación. Donde I es el impacto potencial, el signo en el inicio significa la naturaleza del impacto negativo o adverso (-) y positivo o benéfico (+).

$I = \pm (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	**Donde:** I = Importancia del impacto ambiental IN = Intensidad EX = Extensión MO = Momento PE = Persistencia RV = Reversibilidad SI = Sinergia AC = Acumulación EF = Efecto PR = Periodicidad MC = Recuperabilidad

V.3.1 VALORACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA

De acuerdo con Conesa Fernández Vítora, 2009, los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Considerando que cada factor representa sólo una parte del medio ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto y además ofrezcan una imagen de la situación al hacerlo, por lo que es necesario llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menos contribución a la situación del medio ambiente.

Con este fin se atribuye a cada factor un peso o índice ponderal, expresado en unidades de importancia (UIP), y el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de 1000 unidades asignadas al total de factores ambientales. Esteban Bolea, 1984.

La metodología para ponderar los distintos factores se basa en consultas a paneles de expertos (o personal especializado que realizo investigación de campo y gabinete en el área de estudio) y por lo tanto la asignación de pesos específicos a los factores y componentes ambientales, podrá variar en casos concretos y específicos. Por lo anterior se considera que puede ser necesario variar las UIP, en función del proyecto con base principalmente a que las acciones de un proyecto causan efectos en determinados factores ambientales y las de otro en factores que serán los mismos o distintos.

De la matriz cribada, se seleccionan las relaciones de causa-efecto relevantes según los criterios de los evaluadores, estas relaciones son las generadas entre las actividades y los indicadores de impacto, posteriormente es calificado siguiendo los criterios antes mencionados para generar la **matriz de importancia de impactos ambientales (Anexo V-3).**

Para ponderar la importancia del impacto de manera absoluta y relativa respecto a las actividades y niveles de desagregación del medio ambiente, se realizan las ecuaciones respectivas a los cuadros siguientes, esto permite analizar de manera más general y resumida los impactos ambientales generados por el proyecto (*Figura 3*, *Figura 4*, *Figura 5*, *Figura 6*)

Importancia absoluta de los efectos producidos por cada una de las acciones	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor $_j$	$I_{ij} = \pm(3IN_{ij} + 2EX_{ij} + MO_{ij} + PE_{ij} + RV_{ij} + SI_{ij} + AC_{ij} + EF_{ij} + PR_{ij} + MC_{ij})$
Componente $_m$	$I_{i(m)} = \Sigma_j I_{ij}$
Subsistema $_x$	$I_{i(x)} = \Sigma_m I_{i(m)}$
Sistema $_a$	$I_{i(a)} = \Sigma_x I_{i(x)}$
Medio Ambiente	$I_{i(MA)} = \Sigma_a I_{i(a)}$

Figura 3. Tabla de ecuaciones para calcular la importancia absoluta al medio ambiente.

Importancia absoluta de los efectos producidos por la actividad	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor $_j$	$I_j = \Sigma_i I_{ij}$
Componente $_m$	$I_{(m)} = \Sigma_i I_{i(m)} = \Sigma_j I_j$
Subsistema $_x$	$I_{(x)} = \Sigma_i I_{i(x)} = \Sigma_m I_m$
Sistema $_a$	$I_{(a)} = \Sigma_i I_{i(a)} = \Sigma_x I_x$
Medio Ambiente	$I = \Sigma_i I_{i(MA)} = \Sigma_a I_a$

Figura 4. Tabla de ecuaciones para calcular la importancia absoluta ponderada a las acciones del Proyecto.

Importancia relativa de los efectos producidos por cada una de las acciones	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor $_j$	$I_{Rij} = I_{ij} * P_j/\Sigma_j P_j$
Componente $_m$	$I_{Ri(m)} = \Sigma_j I_{ij} * P_j/\Sigma_j P_j$
Subsistema $_x$	$I_{Ri(x)} = \Sigma_m \Sigma_j I_{ij} * P_j/\Sigma_m P_m$
Sistema $_a$	$I_{Ri(a)} = \Sigma_x \Sigma_m \Sigma_j I_{ij} * P_j/\Sigma_x P_x$
Medio Ambiente	$I_{Ri(MA)} = \Sigma_a \Sigma_x \Sigma_m \Sigma_j I_{ij} * P_j/\Sigma_a P_a$

Figura 5. Tabla de ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada al medio ambiente.

Importancia relativa de los efectos producidos por la actividad	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor $_j$	$I_{Rj} = \Sigma_i I_{ij} P_j / \Sigma_r P_r = I_j P_j / \Sigma_a P_a$
Componente $_m$	$I_{Rm} = \Sigma_i I_{Ri(m)} * \Sigma_j P_j / \Sigma_a P_a = \Sigma_j I_{Rj}$
Subsistema $_x$	$I_{Rx} = \Sigma_i I_{Ri(x)} * \Sigma_m P_m / \Sigma_a P_a = \Sigma_m I_{Rm}$
Sistema $_a$	$I_{Ra} = \Sigma_i I_{Ri(a)} * \Sigma_x P_x / \Sigma_a P_a = \Sigma_x I_{Rx}$
Medio Ambiente	$I_R = \Sigma_i I_{Ri(MA)} = \Sigma_x I_{Ra}$

Figura 6. Tabla de ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada a las acciones del Proyecto.

Una vez calculada la importancia absoluta y relativa, la matriz es depurada, para obtener la **matriz de resultados (Anexo V-4)**, la cual concentra el resultado del valor de importancia por impacto relacionado con las etapas del proyecto, agrupando los valores potenciales de afectación más relevantes, la escala de estos valores se muestra en la siguiente imagen (*Figura 7*).

Valor cualitativo	*Interpretación*
> + 76	IMPACTO BENÉFICO MUY ALTO
ENTRE +51 Y +75	IMPACTO BENÉFICO SIGNIFICATIVO
ENTRE +26 Y +50	IMPACTO BENÉFICO MODERADO
< +25	IMPACTO BENÉFICO IRRELEVANTE
±0	NO SE ESPERA QUE OCURRA UN IMPACTO
< -25	IMPACTO ADVERSO IRRELEVANTE
ENTRE -26 Y -50	IMPACTO ADVERSO MODERADO
ENTRE -51 Y -75	IMPACTO ADVERSO SEVERO
> - 76	IMPACTO ADVERSO CRITICO

Figura 7. Tabla de valores de relevancia de impacto.

Con base en este razonamiento, se cuenta con los elementos necesarios para generar la descripción de los impactos ambientales significativos, su análisis cualitativo cada una de las medidas de mitigación que serán propuestas en el capítulo VI.

V.3.2 DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

Una vez que se determinó el valor de importancia en la matriz de resultados a continuación, se describen los impactos considerados significativos (benéficos y/o adversos). Previo a una descripción es importante mencionar que con base a los valores obtenidos (importancia del impacto) se considera que en las etapas de preparación del sitio y construcción se presenta el mayor número de interacciones con potencial de generar efectos positivos y/o negativos, en su mayoría, los impactos potenciales resultan temporales y mitigables para las primeras etapas, por lo que se espera que el impacto al ecosistema sea moderado y reversible con la ayuda de medidas de mitigación propuestas en el siguiente capítulo VI. En el caso de la etapa operativa y de mantenimiento, existen algunos impactos que se mantendrán durante la vida útil del proyecto, por ejemplo, la intervención del paisaje que resulta como impacto residual e impactos acumulativos como la pérdida de individuos para la fauna silvestre. No obstante, dichos impactos se abordarán bajo acciones de control y seguimiento que permitan minimizar los efectos adversos a los componentes ambientales.

Cabe mencionar que los impactos potenciales de ocurrir se concentran principalmente dentro del área de influencia del proyecto, es decir, la superficie que abarcan las obras permanentes y asociadas, lo que genera una presión sobre la vulnerabilidad de los componentes ambientales. A continuación, se muestran las principales actividades de acuerdo con el grado de importancia de afectación durante cada etapa del proyecto (*Cuadro 8*).

Cuadro 8. Importancia de las actividades respecto a los impactos generados.

ORDEN DE AFECTACIÓN	ETAPA DEPREPARACIÓN DEL SITIO	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	DESMSNTELAMIENTO Y ABANDONO
1	Desmonte (12.88%)	Apertura de caminos nuevos (9.46%)	Mantenimiento de paneles solares (8.40%)	Desmontaje de paneles (8.51%)
2	Despalme (12.80%)	Adecuación de caminos existentes (4.85 %)	Conducción eléctrica subterránea (0.93 %)	Desconexión de paneles (3.01%)
3	----------	Instalación de pilotes (1.58%)	----------	Retiro de cimentaciones (2.61%)
4	----------	Montaje de paneles solares (1.03%)	----------	----------
5	----------	Obra civil subestación (0.34%)	----------	----------

DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Impactos en el subsistema medio físico componente abiótico

Para el apartado de medio físico abiótico se identificaron ocho impactos ambientales potenciales de ocurrir durante el desarrollo y operación del proyecto, que a continuación se describen y están repartidos entre:

- Factor aire
- Factor geoforma
- Factor agua
- Factor suelo

AIRE

El análisis de los impactos sobre el factor aire, para motivos de este estudio se dividió en tres subfactores con sus determinados indicadores que facilitarán establecer los parámetros requeridos en el Programa de Vigilancia Ambiental; cabe señalar que estos indicadores mantienen una normatividad dentro de las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales exponen los valores máximos permisibles de emisiones, lo cual apoya en el combate al cambio climático.

1. Calidad del aire, medido en indicadores relacionados con la densidad de distintos compuestos en el aire (%).
2. Nivel de polvos, medido en la concentración en el aire ($\mu g/m^3$).
3. Confort sonoro, establecido por el nivel sonoro medido en decibeles (dBA).

Impactos

1. Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera (AT1)

El uso y desplazamiento de maquinaria y vehículos de automotor, particularmente en las etapas de preparación del sitio y construcción, generarán una moderada emisión de gases y partículas a la atmósfera, estas fuentes de emisión móvil se consideran intermitentes para un periodo fijo y no permanente, esto implicará una ligera disminución temporal de la calidad del aire en corto tiempo debido a la emisión de gases y componentes como: CO, CO_2, NO_x, SO_x y otros hidrocarburos no quemados (HC).

De lo anterior se puede inferir que las emisiones que se generarán durante el desarrollo del proyecto en comparación con las que genera la industria y desplazamiento de vehículos automotores, serán mínimas y temporales, por lo que no generará de manera significativa alguna alteración a la calidad atmosférica de la región.

En lo que respecta a la etapa operativa, una vez el parque esté funcionando, el tránsito de vehículos disminuirá de manera que las emisiones a la atmósfera resulten no significativas dentro del área del proyecto y por ende el SAR.

2. Alteración de la calidad del aire por dispersión de partículas suspendidas (AT2)

Debido a las características edafológicas del área de estudio, el tránsito de vehículos, maquinaria y movimientos de tierra es posible que se genere una dispersión de polvos durante las primeras etapas del proyecto, lo que ocasionaría una ligera alteración en la calidad del aire, puntualmente para el área del proyecto. Aunado a lo anterior, las fuentes de emisión móviles e intermitentes para un periodo fijo y no permanente, implicaría una ligera disminución de la calidad del aire debido a la emisión de partículas finas.

El impacto considerado como alteración a la calidad del aire, estaría presente de manera temporal y limitado al área del proyecto, la mayor intensidad en cuanto a dispersión de polvos se presentaría durante la preparación del sitio y construcción, por lo que se deberán implementar acciones y medidas puntuales para minimizar el impacto a la atmósfera y al personal que opere durante las etapas mencionadas.

3. Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras (AT3)

La alteración de los niveles acústicos que se infiere suceda por el desarrollo del proyecto, está relacionada a la emisión de ruido proveniente de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados, durante la etapa de preparación del sitio y construcción, los cuales, de acuerdo con la NOM-080-SEMARNAT-1994 deben mantener límites permisibles máximos de 92 dBA, considerando un peso bruto de 3,000 y 10,000 kg. Se infiere que no se sobrepasen valores arriba de 90 dBA resultado de la operación de maquinaria principalmente.

El aumento en los niveles acústicos se presentará durante las etapas de preparación del sitio y construcción, debido al uso de maquinaria, vehículos y personal para el desplante de la obra como ya se mencionó, este efecto de aumento sonoro se dará principalmente en horario diurno y se prevé que se enmascare con el ruido emitido por otras fuentes como el paso de vehículos en carreteras, por lo que una vez se finalice la jornada de trabajo el ruido estará relacionado únicamente al ruido ambiental, por lo que el efecto adverso se considera temporal.

GEOFORMA

Este factor, debido a la naturaleza de las interacciones producidas con el proyecto, contiene solo un Subfactor acompañado por su indicador y unidad de medida:

1. Relieve, el cual podrá medirse con el grado de modificación del relieve de dos maneras: 1) el volumen del relieve modificado (m^3) y 2) la pendiente, indicando el grado de inclinación.

Impactos

4. Modificación de la topografía original (GE1)

De acuerdo con el análisis realizado en el apartado de Geomorfología (capítulo IV), el área circundante al proyecto presenta terrenos clasificados como Leptosol 97% y Phaeozem 2.91%, para el área del proyecto.

Los leptosoles son superficiales y poco desarrollados, típicos de zonas con pendientes pronunciadas o lomeríos. Su origen azonal, derivado de materiales piroclásticos, indica que son suelos jóvenes y con baja capacidad de retención de nutrientes. En cuanto a su Impacto ambiental, debido a su poca profundidad y baja fertilidad, son susceptibles a la erosión, especialmente en zonas de lomeríos y mediana ondulación. La intervención en estas áreas (como deforestación o construcción) podría acelerar la pérdida de suelo y generar sedimentación en zonas bajas, afectando cuerpos de agua y ecosistemas circundantes.

La actividad volcánica que originó estos suelos también sugiere que la zona puede ser propensa a eventos geológicos, lo que podría aumentar el riesgo de deslizamientos o inestabilidad del terreno si no se maneja adecuadamente.

Los phaeozems son más fértiles y profundos, típicos de zonas de terrazas bajas. Su relación con los Vertisoles indica que tienen alta capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que los hace ideales para actividades agrícolas. En relación con el impacto ambiental, podemos mencionar que, aunque son más estables que los Leptosoles, su presencia en zonas de barrancas y terrazas bajas los hace vulnerables a la erosión incisiva, especialmente si se altera la cobertura vegetal.

Su ubicación en zonas bajas también los hace más propensos a la acumulación de sedimentos y contaminantes transportados desde zonas altas, lo que podría afectar la calidad del suelo y del agua.

Si bien el proyecto requiere en su ingeniería básica una nivelación del terreno, esto implica una remoción de la capa superficial del suelo mediante acciones de despalme, acción que tendrá un impacto directo sobre el relieve natural, para posteriormente realizar las actividades de construcción en donde los movimientos de tierra ejercen cambios al relieve de manera temporal como permanente lo que podría generar efectos como desplazamiento de suelo.

AGUA

El agua es uno de los factores de mayor importancia en el medio que se desarrollará el proyecto, puesto que el vital líquido ofrece distintos servicios en el contexto de la región como elemento indispensable para la hidratación de la flora y fauna silvestre, riego de los campos, hidratación de ganado, insumo para consumo y uso en actividades de recreación.

La precipitación media anual de 906.5 mm indica que la región tiene un clima subhúmedo, con una disponibilidad de agua moderada pero concentrada en ciertos meses del año. En cuanto a los impactos

ambientes tenemos que, la cantidad de lluvia es suficiente para sostener ecosistemas terrestres y actividades agrícolas, pero su distribución irregular puede generar estrés hídrico en temporadas secas. De igual manera, la precipitación muestra una marcada estacionalidad, con una mínima mensual de 10.7 mm en febrero (temporada seca) y una máxima de 240.1 mm en julio (temporada de lluvias) por lo que la temporada de lluvias intensas (junio-septiembre) puede causar inundaciones, erosión del suelo y deslizamientos, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas o suelos degradados. La temporada seca (especialmente febrero-abril) genera un déficit hídrico que puede afectar la disponibilidad de agua para los ecosistemas, la agricultura y el consumo humano.

Dada su gran variedad de usos y características, se dispusieron de cuatro subfactores para el análisis del impacto ambiental, siendo:

1. Calidad fisicoquímica del agua superficial medida en índices de calidad del agua.
2. Calidad fisicoquímica del agua subterránea, medida en diversos indicadores de calidad, siendo concentraciones de coliformes, compuestos químicos, pH, etc.
3. Disponibilidad de agua, medido en la cantidad de agua recargada (Hm^3)
4. Escorrentías o escurrimiento superficial, dispuesto en flujo escurrido metros con relación al cauce desviado en m^3, según la cantidad de agua intervenida en un lapso.

Impactos

5. Modificación del volumen de infiltración (AG1)

La composición geohidrológica dentro del SAR es conformada por dos unidades. La primera unidad consiste en Material no consolidado con posibilidades altas de funcionar como acuífero (68.90%) y la segunda se constituye por Material no consolidado con posibilidades bajas. Ambas están constituidas por una cuña de rocas sedimentarias que descansan sobre rocas del Mesozoico y tienen un espesor que varía de pocos metros, cerca de sus límites hacia tierra, a más de 6,000m bajo el Golfo de México.

Las acciones de desmonte y despalme contribuirán a disminuir la capacidad de infiltración, la pendiente topográfica y la capacidad de infiltración del terreno genera que la recarga de aguas se realice en prácticamente toda la superficie. El retiro de vegetación tendrá un efecto adverso hacia la infiltración asociado en la retención de agua que esta pueda obtenerse por la cobertura vegetal.

Los trabajos de preparación del sitio, específicamente en las actividades de desmonte y despalme, contemplan utilizar maquinaria y un consecuente aumento de la circulación de vehículos, propiciando la modificación de las propiedades del suelo (compactación), impactando en el valor de la infiltración en toda el área del Proyecto. En el proceso constructivo, continuará afectándose la infiltración, sin embargo, puede mitigarse al implementar obras de ingeniaría verde y manejo de la recarga.

6. Modificación de las escorrentías superficiales (AG2)

El SAR del proyecto se encuentra en términos hidrológicos configurado por tres subcuencas, sin embargo, la que mayor peso concentra en los patrones de escurrimientos es la subcuenca del R. Jamapa, ya que concentra fuertes disecciones de valles profundos con áreas interfluviales con ondulamiento ligero. La subcuenca del R. San Francisco cuenta con la mayor extensión superficial dentro del SAR, sin embargo, para esta subcuenca la disección es menor debido al corto recorrido de los escurrimientos, aunque también se llegan a presentar desniveles profundos por la alta erodabilidad de la parte media de la cuenca conformada principalmente por materiales clásticos no consolidados. Por último, la menor superficie de subcuenca que se presenta en el SAR pertenece al Río Paso de Ovejas, morfológicamente corresponde a un parteaguas en la parte media de la unidad.

En el SAR del proyecto todos los patrones de escurrimientos están orientados en dirección oeste-este. Existen dos corrientes principales de carácter perenne; en la zona norte se encuentra el Río Paso Limón el cual se origina al noroeste de la localidad de Cerritos con un patrón meándrico al cual se le unen múltiples corrientes intermitentes los cuales obtienen esa condición por la escasez de lluvias y la alta permeabilidad litológica.

Para desplantar la infraestructura del Proyecto, se requiere conformar el terreno a un nivel homogéneo por lo que la dirección y flujo de los escurrimientos serán alterados y modificados a las nuevas condiciones que vaya presentando el sitio. Los caminos y estructuras como edificios podrían implicar una mayor modificación de las escorrentías, así como la mala disposición de residuos y/o su almacenamiento.

Si bien los escurrimientos se presentan durante las temporadas de lluvias, medio por el cual se incrementa el flujo y recarga de acuíferos, su afectación será de manera temporal y con las obras de drenaje pretendidas por el Proyecto, el impacto se mitigará.

SUELO

El riesgo se presenta principalmente por la posible contaminación derivada de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y potenciales derrames de combustibles, grasas o aceites provenientes de los vehículos y maquinaria utilizada en el área de influencia.

El factor suelo para su análisis se dividió en dos subfactores:

1. Erosión hídrica y eólica, la cual será medida a través de la pérdida de suelo en %, ppm, g/l.
2. Contaminación la cual será medida en concentraciones de contaminantes o grado de contaminación, Tm/ha/año.

Impactos

7. Alteración de los procesos erosivos (SU1)

Este componente se vuelve vulnerable por aquellas actividades realizadas con maquinaria y que están asociadas al movimiento de tierras y cimentaciones; en primera instancia el desmonte y despalme retiraran la capa orgánica del suelo y otra capa que podrá modificar su estructura, exponiéndolo a la acción del viento y lluvia lo que puede incrementar los procesos erosivos, generando un arrastre o lavado de la capa edáfica.

8.Afectación al suelo por manejo residuos sólidos (SU2)

Durante el desarrollo del Proyecto, en sus etapas previo a la operación (Preparación del sitio y construcción), es posible que el suelo se vea vulnerable ante la generación de los residuos provenientes de la obra, maquinaria y personal; lo que podría ocasionar una modificación a las características naturales del suelo en caso de algún derrame de combustible o aceites y su permanencia en la capa edáfica; asimismo, los residuos sólidos urbanos de no mantenerse en sitios para su disposición y debidamente resguardados, pueden generar materiales contaminantes que estén dispersos por el área del proyecto, incluso afectar de manera indirecta a otros componentes (flora, fauna, agua, etc.).

Se contempla que se afectarán los perfiles del suelo en toda la zona de Área de influencia del proyecto por las actividades de Preparación de sitio y Construcción, en las actividades de excavaciones y nivelaciones, la capa de suelo fértil que pudiera impactarse se rescatará para emplearla como cubierta superior en áreas para reforestación, mitigando la superficie de impacto directo y brindando posibilidades de restitución de la vegetación. Cabe mencionar, que se tiene contempladas las medidas de mitigación pertinentes para que durante todas las etapas del proyecto se cuente con una adecuada disposición de todos los residuos, Asimismo, es probable la generación de derrames accidentales de residuos líquidos y peligrosos, por lo que se establecerán las medidas de control para este tipo de imprevistos o contingencias ambientales. Dichas medidas están fundamentadas en la adquisición y uso de materiales de contención y recuperación de materiales líquidos, mismos que se encontrarán colocados en sitios estratégicos del trazo del proyecto.

Impactos en el subsistema medio físico componente biótico

El medio biótico contempla a aquella parte del medio ambiente que refiere a los seres vicos, registrados en el capítulo IV de la presente MIA-R; para su análisis el apartado se dividió en dos factores:

- Factor Flora
- Factor Fauna

Se identificaron seis impactos potenciales para estos factores, siendo los principales aquellos llevados a cabo durante la preparación del sitio y construcción y un impacto considerado residual en la operación, relacionado a la fauna principalmente.

FLORA

Los usos de suelo y vegetación registrados en el SAR son vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agropecuario (agricultura y pastizal), cuerpo de agua, urbano – infraestructura. Es importante resaltar que en el Área del Proyecto se registraron los usos de suelo y vegetación agropecuario y vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

Para el análisis de este factor se llevó a cabo con dos subfactores:

1. Cubierta vegetal, medida en porcentaje de hectáreas o metros cuadrados de afectación.
2. Especies protegidas, estimada en el índice de población o individuos afectados.

Impactos

9. Pérdida de la cobertura vegetal (FL1)

La vegetación presente en el área del proyecto será impactada de manera directa por el desmonte, las unidades de vegetación afectadas son agropecuario y vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

El *Cuadro 9* muestra las superficies de afectación respecto al desplante del proyecto, tipo de vegetación y uso de suelo.

Cuadro 9. Superficies de afectación respecto al desplante del proyecto, tipo de vegetación y uso de suelo.

AÑOS/USO DE SUELO	2014 (%)	2024 (%)	2024 CON REMOCIONES (%)
Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia	87.464 (30.625)	81.410 (28.505)	80.840 (28.305)
Agropecuario	195.393 (68.415)	201.418 (70.525)	199.620 (69.895)
Cuerpo de agua	0.235 (0.082)	0.235 (0.082)	0.235 (0.082)
Urbano - Infraestructura	2.506 (0.877)	2.536 (0.888)	4.904 (1.717)

10. Interferencia con especies de flora protegidas (FL2)

En los sitios de muestreo del SAR y AP se registraron en conjunto 152 especies, 122 géneros y 45 familias botánicas. Las familias botánicas con mayor frecuencia de especies en el AP son Fabaceae con 24 especies, Malvaceae 14, Euphorbiaceae 13, Poaceae 13, Asteraceae 8, Convolvulaceae 5, Rubiaceae 5, Solanaceae 5, Amaranthaceae 4, Cactaceae 4. Las formas biológicas más abundantes son hierbas con 84 especies, árboles con 37 especies y arbustos con 18 especies. Los bejucos y las suculentas son las formas biológicas con menor registro de especies con 5. Del total de plantas registradas 129 son nativas, 11 son nativas y endémicas y siete son exóticas. Las especies endémicas son *Acalypha vagans, Amyris purpusii, Bursera cinérea, Calliandra rubescens, Comocladia mollissima, Heliocarpus pallidus,*

Leucaena lanceolata, Lonchocarpus fuscopurpureus, Sida linearis, Solanum tridynamum y Tridax purpusii. Dentro del AP se registraron cinco de las especies endémicas.

En el AP y SAR se identificaron especies con algún nivel de riesgo de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Las especies *Handroanthus chrysanthus* y *Pilosocereus leucocephalus* están incluidas en el anexo normativo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las categorías amenazada y sujeta a protección especial, respectivamente. Ambas se registraron tanto en SAR como en AP. En la lista roja de la UICN se encuentran 73 de las especies, 66 en la categoría de preocupación menor (LC), dos en la categoría de deficiente información, dos en peligro de extinción (DD), dos son consideradas vulnerables (VU) y una casi amenazada (NT). De estas, destacan *Bursera cinérea (*NT*) y Handroanthus chrysanthus* (VU), por su nivel de amenaza y por estar presentes en el AP. En el Apéndice II de la CITES se encuentran nueve especies de las registradas en los sitios de muestreo, siete en el SAR y seis en el AP. Estas especies pertenecen a la familia Cactaceae y al género Euphorbia.

FAUNA

Respecto a la afectación derivada del proyecto, es usual que se afecte a las poblaciones de fauna durante las actividades de desmonte, despalme y construcción, principalmente por el uso de vehículos y maquinaria los cuales podrían generar desplazamiento o pérdida de especies animales locales, interrupción de corredores biológicos, aumento del estrés en fauna remanente.

Las afectaciones a poblaciones faunísticas pueden medirse a través de los individuos afectados; mientras que el hábitat puede ser considerado como el porcentaje de determinada vegetación afectada o la conectividad de parches de vegetación.

1. Especies y poblaciones terrestres, se medirá a través del número o porcentaje afectado.
2. Especies y poblaciones voladoras, se medirá a través del número o porcentaje afectado.
3. Especies protegidas, se mide a través del índice de población afectada.
4. Hábitat faunístico, este se mide por el porcentaje de hábitat afectado.

Impactos

11. Afectación a especies y/o poblaciones terrestres de fauna silvestre (FA1)

El impacto a la fauna silvestre tiene potencial de generarse durante las etapas de preparación del sitio y construcción, esto de manera temporal, por el uso de maquinaria, vehículos y la presencia del personal de obra; con la probabilidad de ocurrir incidentes como atropello de individuos o la captura y caza de estos por parte del personal, lo que ocasionaría un riesgo para las poblaciones involucradas.

El atropellamiento de fauna silvestre se debe principalmente a dos factores: la velocidad del automóvil o maquinaría y el grado de visibilidad que tienen los animales para detectar a tiempo un vehículo en movimiento. Este último aspecto, la visibilidad se ve influenciada por la cobertura vegetal presente en el área del proyecto. En los caminos que crucen áreas de vegetación la visibilidad será menos que en aquellas áreas donde los caminos atraviesan fragmentos sin vegetación. En estos caminos, los animales pueden toparse con un vehículo y darse cuenta justo cuando se está presentando el impacto. El impacto por atropellamiento de la fauna es probable que ocurra principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Sin embargo, ese hecho no significa que las especies dejen de desplazarse en etapas posteriores. Por otro lado, aunado al riesgo de atropellamiento, principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción existirá la amenaza de cacería para consumo, como mascotas o por la aversión hacia algunas especies, por lo cual se empleará una sensibilización a los grupos de trabajo y personal que labore en la construcción y operación del proyecto.

La etapa de operación presentara una baja circulación de vehículos debido a las actividades de operación sistematizadas bajo instrumentos electromecánicos; será en los turnos de vigilancia y mantenimiento cuando la circulación de vehículos pueda aumentar, sin embargo, el efecto de este impacto en las demás etapas se verá desplazado por su temporalidad.

12. Afectación de individuos o poblaciones de fauna voladora (FA2)

La fauna voladora, principalmente la avifauna puede verse comprometida considerando que la vegetación juega un papel importante en su ciclo biológico y el retiro de esta durante el desmonte puede generar un efecto adverso en temporadas reproductivas.

Durante los muestreos realizados se registraron un total de 73 especies y 740 individuos, de estos registros 53 especies y 304 individuos se registraron durante la temporada de secas y 51 especies con 436 individuos durante la temporada de lluvias. Las 73 especies registradas representan a 19 órdenes y 35 familias. De las 73 especies registradas, 44 son residentes, nueve residentes con poblaciones migratorias de invierno, tres residentes con poblaciones migratorias de verano, una es migratoria de invierno, una es migratoria de invierno y de verano, dos especies son migratorias de invierno y verano con poblaciones residentes, el resto de las combinaciones entre migratorias, residentes y transitorias.

De las familias registradas las que estuvieron representadas por un mayor número de especies fueron *Tyrannidae* con 11 especies, *Columbidae* con ocho, *Icteriidae* y *Accipitridae* con cinco cada una, el resto de las familias estuvieron representadas por cuatro, tres, dos y una especie.

Ya que la mayoría de las especies registradas son residentes, es posible que el impacto este enfocado en los individuos bajo dicha estacionalidad, por lo que es recomendable establecer monitoreos previos a la construcción del Parque para obtener un detallado análisis de las especies con mayor tránsito en la

zona, así como durante la operación para describir la interacción entre la avifauna, paneles y sus obras asociadas con más información sobre colisiones.

Este impacto se presenta en la etapa operativa y se considera de una temporalidad asociada a la vida útil del proyecto, sin embargo, las colisiones no se presentan de manera continua, sino, que ocurren de manera irregular y están asociadas a otros factores como el clima, hábitos de las especies y disposición de la infraestructura. Actualmente las medidas y acciones diseñadas para mitigar este impacto no permiten una eliminación completa del efecto, por lo que se ha considerado como un impacto residual, el cual se buscará reducir a través de las propuestas de prevención, mitigación y corrección.

13. Afectación de especies protegidas (FA3)

Los dos impactos potenciales anteriores a la fauna silvestre abarcan para aquellas especies con alguna importancia, ecológica, social o económica, catalogadas como singulares para este estudio. El impacto en este tipo de especies puede ocasionar una afectación directa en sus poblaciones, disminuyendo su abundancia y presencia dentro del SAR; de manera indirecta puede afectar a procesos ecológicos como la polinización o propagación de especies de flora que a través de la fauna concreta sus ciclos vitales. Por lo anterior se considera un impacto adverso ya que la pérdida de alguno de estos individuos puede afectar el ecosistema a escala regional.

14. Pérdida y fragmentación del hábitat (FA4)

Una de las afectaciones a la fauna silvestre por acción de la preparación del sitio y operación del Proyecto, es la interrupción de corredores biológicos, aumento del estrés en fauna remanente y fragmentación del hábitat. La vegetación de desiertos arenosos es la cobertura vegetal con mayor superficie dentro del área de influencia del proyecto, ambiente en el que algunas especies están adaptadas, por lo que se infiere que el efecto en la disminución de este tipo de vegetación tendrá un efecto directo para los individuos como aquellos con mayor abundancia.

Si bien la afectación se limitará al área de influencia, las especies de estos hábitats en retroceso ven mermar el territorio disponible a la vez que se enfrentan a una creciente atomización de sus poblaciones. Otro efecto reconocido es el efecto borde el cual se crea así en todos los fragmentos bajo una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies allí acantonadas, es decir, se produce una zonificación en un hábitat de borde y un hábitat de interior (Janzen, 1983; 1986; Murcia, 1995; Ries *et al.*, 2004; Fletcher, 2005).

El efecto borde de los paisajes fragmentados favorece la invasión de los fragmentos por muchas especies generalistas propias de hábitats sometidos a algún tipo de perturbación. Por lo anterior el impacto en la disminución de hábitat se considera adverso ya que el proyecto no es solo el responsable o causante de la fragmentación, pero su contribución a esta situación, aunque a nivel regional no representa una mayor relevancia puede ocasionar algunos efectos adversos no previstos.

Impactos en el subsistema medio social componente socioeconómico

Este componente forma parte del sistema ambiental en donde se evalúa el Proyecto y está compuesto por dos factores, los cuales reflejan el alcance de los impactos en este contexto:

Se identificaron cuatro impactos potenciales para estos factores, siendo los principales tres, aquellos llevados a cabo durante la preparación del sitio y construcción de carácter benéfico y uno en la etapa de desmantelamiento y abandono clasificado como adverso.

- Factor economía y población
- Factor cultura

ECONOMIA Y POBLACIÓN

Este factor implica las condiciones tanto económicas como sociales que pueden ser alteradas por la instalación del proyecto, las cuales son benéficas; se consideraron tres subfactores para la evaluación de este factor:

1. Nivel de empleo, medido como la variación en el nivel de empleo a través del número de trabajadores empleados.
2. Economía local, expresado en el incremento de ingresos por la cantidad de capital generado en el SAR.
3. Servicios e infraestructura, medido con la longitud relativa de los servicios en la variación de los sectores afectados.
4. Aceptación social medido con el índice de afectación en porcentaje

Impactos

15. Generación de empleos por el desarrollo y operación del proyecto (EC1)

El desarrollo del Proyecto del Parque Fotovoltaico requerirá personal profesionista u operador a las profesiones relacionadas con las actividades económicamente activas del municipio, por lo que se puede inferir que habrá un incremento en la demanda de estas profesiones principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción, lo que generará oportunidad de nuevos empleos y un flujo de la economía a nivel regional, esta última por la necesidad de servicios como hospedaje, alimentación, atención de salud entre otros que requerirá el personal que labore en las diferentes etapas del Proyecto.

16. Derrama económica (EC2)

La derrama económica asociada al Proyecto se encuentra en la prestación de servicios y adquisición de materias primas que se requerirán durante el desarrollo, como hospedaje, alimentación, atención de salud, materiales de construcción y derivados, entre otros, situación que permitirá un flujo de la economía

a nivel regional. Este aspecto está ligado a la generación de empleos ya que el beneficio económico que se destinara en la contratación de personal permitirá que exista inversión a escala local y regional.

17. Desarrollo de infraestructura y servicios (EC3)

Este impacto se considera benéfico ya que una de las acciones del proyecto es mejorar la situación de los caminos ya existentes y establecer nuevos caminos de interconexión, lo que brindará una oportunidad a los pobladores de las localidades cercanas, de trasladarse con mayor rapidez y en menor tiempo; cabe mencionar que algunos caminos serán únicamente para las actividades del proyecto, sin embargo, podrán ocuparse a razón de la empresa para el requerimiento de algún servicio de urgencia o beneficio social.

Por otro lado, el personal que labore durante el desarrollo del Proyecto tendrá la necesidad de cubrir ciertas necesidades como la alimentación, hospedaje y/o servicios de jornales, por lo que la población tendrá la oportunidad de ofrecer los servicios necesarios para atender las necesidades, derivando en ofertas de empleo, derrama económica y bienestar social.

18. Pérdida de empleos al término de la vida útil (EC4)

La desconexión de paneles marca el inicio del cierre parcial o total de la planta, lo que reduce la demanda de trabajadores en mantenimiento, operación y logística.

CULTURA

En el marco de la evaluación de impacto ambiental, se realizó un análisis del área de influencia del proyecto, incluyendo inspecciones de campo y consultas con autoridades culturales y comunidades locales. No se identificaron sitios arqueológicos, históricos o elementos del patrimonio cultural dentro del área del proyecto ni en sus inmediaciones. Además, el proyecto cumple con todas las normativas nacionales y locales relacionadas con la protección del patrimonio cultural. Por lo tanto, se concluye que el factor cultura no se ve afectado en términos del patrimonio cultural de la región.

Impactos en el subsistema medio social componente Perceptual

- Factor paisaje

Se identificaron dos impactos potenciales para estos factores que se describen a continuación

PAISAJE

El paisaje, siendo uno de los componentes con mayor valor en relación con la aceptación de un proyecto, puede llegar a ser modificado por las actividades y obras a desarrollar, por lo que, en el presente análisis este fue divido en tres subfactores:

1. Visibilidad expresada en el grado de visibilidad medido en porcentaje.

2. Fragilidad visual, implica el nivel de deterioro visual que mantiene un sitio determinado, medido en el grado de fragilidad por superficie.

3. Calidad escénica, refiere a el nivel de conservación visual del sitio y la capacidad de soportar cambios efectuados en él, medido en el grado de calidad por superficie.

El proyecto tendrá una visibilidad del 3.478% (9.934 km^2) en el SAR, mientras que en el 96.522% (275.664 km^2) no será visible. Desde la porción noroeste del SAR, las obras del proyecto serán visibles ya que en esa dirección del SAR existen terrenos más altos respecto al sitio en donde se ubicará el proyecto y sus obras; situación contraria a lo que sucede en la fracción Este del SAR, ya que al ser terrenos de menor elevación respecto al predio del proyecto esto impedirá la observación del proyecto y sus respectivas obras. En cambio, por otra parte, el mayor grado de visibilidad de las obras del proyecto se presenta sobre la porción centro del SAR y justo en las inmediaciones del predio del proyecto, localizado morfológicamente en una zona de lomeríos con llanuras que presentan ligeras ondulaciones; por lo que desde estos puntos es factible la visualización del proyecto y su infraestructura; a esta característica física del terreno se añade la presencia de sitios donde se practican actividades agropecuarias, las cuales al carecer de cobertura forestal, facilitarán la visibilidad de las obras.

Impactos

19. Modificación de la fragilidad visual (PA1)

La fragilidad es una característica derivada de la absorción visual, a mayor fragilidad menor será la capacidad de absorción y a menor fragilidad mayor será la capacidad de absorción, también es entendida como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla una modificación sobre él. Esta fragilidad depende de factores biofísicos que amortiguan o realzan las alteraciones visuales, los factores más significativos son el uso de suelo y vegetación, la fisiografía y la cuenca visual (Pérez, L. *et al.*, 2002; Alberruche-del campo, *et al.*, 2015).

La fragilidad visual intrínseca puede ser interpretada como el inverso de la calidad visual del paisaje, a mayor calidad visual del paisaje menor será la fragilidad y a menor calidad del paisaje mayor será la fragilidad, esto debido a que una buena calidad del paisaje contiene elementos naturales poco alterados y por lo tanto tiene una mayor capacidad de absorción.

La fragilidad intrínseca del SAR muestra cuatro rangos de fragilidad de los cinco posibles, siendo la fragilidad muy alta la más predominante con el 70.253 % de la superficie del SAR, seguido por la fragilidad alta con el 20.157%, en cambio, el restante 9.59% de la superficie del SAR presenta los dos niveles restantes de fragilidad detectados en el SAR (media y baja). Este contrate entre superficies entre los rangos de fragilidad detectados se debe a que en el SAR se encuentran grandes extensiones de zonas antropizadas (principalmente zonas agropecuarias) a diferencia de otros sitios en donde aún se aprecian algunas coberturas vegetales y sitios con pendientes medianamente pronunciadas, lo que

propicia su conservación debido a lo complicado de su acceso y que a su vez; deriva en que la composición paisajística del SAR sea heterogénea.

El desplante de infraestructura tendrá un efecto directo a la calidad visual y por lo tanto a la fragilidad del sitio, sin embargo, al mantenerse una fragilidad alta y en la misma categoría la calidad paisajística, se espera que el sitio tenga la capacidad de absorción generada por los cambios durante el desarrollo y operación del Proyecto.

20. Modificación de la calidad paisajística (PA2)

La calidad intrínseca de un paisaje se entiende como el estado de conservación o excelencia que presenta un paisaje determinado en función de la estructura de cada una de sus unidades de paisaje. Esta evaluación se realiza para definir los cambios en la conservación con base en las modificaciones que se desarrollan en el territorio ya sea por actividades o la inserción de obras (Estévez, V. *et al.*, 2012; Alberruche-del Campo, *et al.* 2015).

Dentro del SAR se identificaron tres tipos de calidad en el paisaje de manera previa a la instalación del proyecto. Estos resultados fueron Baja (0.110 %), Media (90.302 %), Alta (9.588 %). Los resultados fueron determinados en su mayoría por el uso del suelo y la vegetación existente; pues el SAR al ser constituido principalmente por zonas agropecuarias y asentamientos humanos dispersos en contraste con reducidas áreas con cobertura natural vegetal, mismas que están relegadas a barrancas de difícil acceso, da como resultado que la calidad visual de las unidades de paisaje del SAR presenten un valor medio en su calidad visual (poco más del 90% de la superficie del SAR), ya que existe una predominancia de sitios antropizados o impactados, mismos que se extienden por toda la superficie del SAR. Los sitios con calidad alta se localizan principalmente sobre las barrancas que a su vez aún resguardan cobertura de vegetación natural con diferentes grados de conservación, ubicándose en la parte noroeste y sureste del SAR.

Con el desarrollo del Proyecto y la instalación de infraestructura como los paneles solares, se generará una afectación a la calidad visual del paisaje, disminuyendo su valor obtenido por la presencia de vegetación y pocos asentamientos humanos. Se espera que una vez se desplante el Proyecto y dado que no se requiere de una abundancia de personal para su operación, el paisaje integre esta actividad a sus componentes y considerando la implementación de medidas de mitigación, la calidad paisajística obtenga atributos positivos y se minimice su intervención.

V.4 IMPACTOS RESIDUALES

De acuerdo con la definición establecida en el Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, el impacto residual se define como el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Para poder caracterizar y determinar la importancia de los efectos residuales, se ha considerado como base para el análisis lo propuesto por la Environmental Assessment Office de Canadá en su documento Guideline for the selection of valued components and assessment of potencial effects, 2013.

De acuerdo con la guía antes mencionada, la evaluación de los efectos residuales considera cinco pasos a seguir (*Figura 8*).



Figura 8. Pasos en la evaluación de los efectos residuales.

1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS EFECTOS RESIDUALES

Alteración del suelo:

- Descripción: La construcción de la planta fotovoltaica implica la remoción de la capa superficial del suelo, compactación y posible contaminación con materiales de construcción.
- Efecto residual: Cambios en la estructura y composición del suelo, pérdida de fertilidad y alteración de la microbiota.

Pérdida de hábitat:

- Descripción: La instalación de la planta requiere la eliminación de vegetación natural, lo que resulta en la pérdida directa de hábitat para la fauna y flora local.
- Efecto residual: Reducción de la biodiversidad local y posible disminución de especies endémicas.

Fragmentación del hábitat:

- Descripción: La construcción de infraestructura asociada (caminos, cercas) divide el hábitat en fragmentos más pequeños.
- Efecto residual: Aislamiento de poblaciones de fauna, reducción de la conectividad ecológica y aumento de la vulnerabilidad a perturbaciones.

Alteración del drenaje natural:

- Descripción: La construcción puede alterar los patrones de drenaje natural, causando erosión y cambios en los flujos de agua.
- Efecto residual: Inundaciones localizadas, pérdida de suelo fértil y afectación de ecosistemas adyacentes.

Cambio visual en el paisaje:

- Descripción: La instalación de paneles solares y estructuras asociadas modifica el paisaje natural.
- Efecto residual: Impacto visual permanente, posible afectación del turismo y disminución del valor estético del área.

Efecto sobre especies migratorias:

- Descripción: La presencia de estructuras y el cambio en el uso del suelo pueden afectar las rutas migratorias de aves y otros animales.
- Efecto residual: Desorientación de especies migratorias, colisiones con estructuras y disminución de poblaciones migratorias.

2. DETERMINACIÓN DE LA POSIBILIDAD

- Alteración del suelo: Alta posibilidad debido a la necesidad de preparación del terreno.
- Pérdida de hábitat: Alta posibilidad, especialmente en áreas con vegetación densa.
- Fragmentación del hábitat: Moderada debido a la extensión de la infraestructura.
- Alteración del drenaje natural: Moderada, dependiendo de las medidas de control de erosión correctamente implementadas.
- Cambio visual en el paisaje: Alta, dado el cambio significativo.
- Efecto sobre especies migratorias: Moderada, dependiendo de la ubicación y diseño de la planta.

3. DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA

- Alteración del suelo: Significativo si afecta áreas con suelos fértiles o de alto valor ecológico.
- Pérdida de hábitat: Muy significativo en áreas con alta biodiversidad o especies protegidas.
- Fragmentación del hábitat: Significativo si afecta corredores biológicos importantes.
- Alteración del drenaje natural: Significativo si causa inundaciones.
- Cambio visual en el paisaje: Significativo en áreas de alto valor escénico
- Efecto sobre especies migratorias: Significativo si afecta rutas críticas o especies en peligro.

4. NIVEL DE CONFIANZA

- Alteración del suelo: Alto, basado en estudios de suelo y experiencia previa.
- Pérdida de hábitat: Alto, respaldado por inventarios de flora y fauna.
- Fragmentación del hábitat: Moderado, dependiendo de estudios de conectividad ecológica.
- Alteración del drenaje natural: Moderado, basado en modelos hidrológicos y observaciones in situ.
- Cambio visual en el paisaje: Alto, basado en análisis visuales y opinión pública.
- Efecto sobre especies migratorias: Moderado, dependiendo de estudios específicos de migración.

5. ANÁLISIS DE RIESGO ADICIONAL (cualitativo)

Alteración del suelo:

Riesgo: Degradación a largo plazo del suelo.

Medidas: Implementar prácticas de restauración y manejo sostenible del suelo.

Pérdida de hábitat:

Riesgo: Extinción local de especies.

Medidas: Crear reservas naturales y programas de reforestación.

Fragmentación del hábitat:

Riesgo: Reducción de la diversidad genética.

Medidas: Diseñar corredores ecológicos y pasos de fauna.

Alteración del drenaje natural:

Riesgo: Inundaciones y erosión.

Medidas: Construir sistemas de drenaje adecuados y barreras contra la erosión.

Cambio visual en el paisaje:

Riesgo: Impacto negativo en el turismo.

Medidas: Integración paisajística y uso de colores y materiales que armonicen con el entorno.

Efecto sobre especies migratorias:

Riesgo: Colisiones y desorientación.

Medidas: Instalación de señales y barreras visuales para aves.

Normalmente los impactos residuales se describen usando criterios estandarizados para dichos efectos: contexto, magnitud, alcance, duración, reversibilidad y frecuencia. Estos criterios se emplearon en los subfactores ambientales cuyo impacto ambiental se haya calificado como significativo, acumulativo y permanente (*Cuadro 10*).

Cuadro 10. Resumen de los criterios para la caracterización de los impactos residuales.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Contexto	Se refiere principalmente a la sensibilidad y la capacidad de recuperación actual y futura del componente valorado debido a las modificaciones por el Proyecto. Se basa principalmente en la descripción de las condiciones existentes del componente valorado, considerando los efectos acumulativos de otros proyectos y actividades que se han llevado a cabo, y en especial de información sobre el impacto de las tendencias naturales y causas por el hombre en el estado del componente.
Magnitud	Se refiere al tamaño esperado o la gravedad del efecto residual. Al evaluar la magnitud de los efectos residuales, se considera la proporción del componente valorado afectado dentro de los límites espaciales y el efecto relativo (por ejemplo, en relación con la variación anual en la magnitud del componente u otra característica relevante).
Extensión	Se refiere a la escala espacial sobre el que se espera que el efecto residual pueda ocurrir.
Duración	Se refiere a la longitud de tiempo que el efecto residual persiste (que puede ser más larga que la acción o actividad que dio lugar al efecto).
Reversibilidad	Se refiere a si o no el efecto residual sobre el componente valorado puede revertirse una vez que la acción causante de la perturbación cesa.
Frecuencia	Se refiere a la frecuencia en que se produce el efecto residual y está estrechamente relacionada con la frecuencia de la acción o actividad que causa el efecto.

Es de gran importancia señalar que la identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente, por lo que aquellos impactos que no podrán volver a su estado original, aún con la aplicación de medidas son considerados como impactos residuales; por lo que, el proyecto generará los siguientes residuales (*Cuadro 11*):

Cuadro 11. Impactos potencialmente residuales para el proyecto fotovoltaico y sus criterios.

IMPACTO RESIDUAL	CONTEXTO	MAGNITUD	EXTENSIÓN	DURACIÓN	FRECUENCIA
Alteración del suelo	Suelos con baja capacidad de recuperación o alta sensibilidad a la erosión. Efectos acumulativos de otros proyectos en la zona.	Moderada a alta, dependiendo de la extensión de la superficie afectada.	Localizada en el área del proyecto y zonas adyacentes.	Larga duración (alteración permanente del suelo).	Ocurre principalmente durante la construcción y puede persistir durante la operación.
Pérdida de hábitat	Hábitats sensibles o con especies endémicas o en riesgo. Efectos acumulativos de otros proyectos que han reducido la disponibilidad de hábitats.	Moderada, dependiendo de la importancia ecológica del hábitat afectado.	Localizada en el área del proyecto.	Larga duración (recuperación lenta o nula del hábitat).	Ocurre durante la construcción y persiste durante la operación.
Fragmentación del hábitat	Hábitats que son críticos para la conectividad ecológica. Efectos acumulativos de infraestructuras existentes que ya han fragmentado el paisaje.	Baja a moderada, dependiendo de la movilidad de las especies afectadas.	Localizada en el área del proyecto y corredores ecológicos cercanos.	Larga duración (efecto persistente mientras exista la infraestructura).	Ocurre durante la construcción y persiste durante la operación.
Alteración del drenaje natural	Zonas con suelos sensibles a la erosión o con patrones de drenaje frágiles. Efectos acumulativos de otros proyectos que han modificado el flujo hídrico.	Baja a moderada, dependiendo de la extensión de la alteración.	Localizada en el área del proyecto y cuencas cercanas.	Larga duración (alteración permanente del drenaje).	Ocurre durante la construcción y persiste durante la operación.
Cambio visual en el paisaje	Áreas con alto valor escénico o turístico. Efectos acumulativos de otras infraestructuras que han alterado el paisaje.	Moderada, dependiendo de la visibilidad del proyecto desde puntos clave.	Localizada en el área del proyecto y zonas visibles desde puntos estratégicos.	Larga duración (mientras esté en operación la planta).	Ocurre de manera continua durante la operación.
Efecto sobre especies migratorias	Rutas migratorias críticas o áreas de descanso para aves. Efectos acumulativos de otras infraestructuras que han afectado estas rutas.	Baja a moderada, dependiendo de la sensibilidad de las especies afectadas.	Localizada en el área del proyecto y rutas migratorias cercanas.	Larga duración (mientras esté en operación la planta).	Ocurre de manera estacional durante los periodos de migración.

V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS

Derivado de la Ley General del Equilibrio Ecológico al Ambiente, el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental define a los impactos acumulativos de la siguiente manera:

"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".

Es importante mencionar que la evaluación de los impactos acumulativos se considera a nivel regional, por lo tanto, tanto el Proyecto como otras fuentes de impacto identificadas para este análisis se encuentran en un Sistema Ambiental Regional delimitado particularmente para la evaluación de los

impactos acumulativos; ya que se mantiene una estrecha relación en cuanto a los posibles efectos que se desarrollan con la construcción del proyecto y la operación de aquellos adyacentes.

Como primer paso para lograr una correcta evaluación de los impactos acumulativos, fue necesario la identificación de aquellos impactos directos o indirectos representativos de los proyectos asociados al uso de paneles solares y su infraestructura de apoyo. Con el antecedente de proyectos similares, la consulta de literatura a fin y el análisis de expertos respecto a la interacción entre este tipo de proyectos y los componentes del ecosistema, se obtuvo un primer acercamiento sobre la importancia de este tipo de impactos.

Posteriormente es importante delimitar espacialmente y de manera temporal el alcance de los efectos conocidos por los proyectos de energía solar, así como el límite de los componentes. En este caso, el Sistema ambiental Regional delimitado para este estudio será la escala espacial en donde se presume la ocurrencia de diversas interacciones entre los componentes identificados y los efectos de los proyectos, entre otras fuentes de impacto. El SAR se elaboró considerando las características del paisaje tanto naturales (orografía, hidrografía) como aquellas generadas por actividades humanas (áreas agrícolas, urbanas, vías de comunicación, turismo) que de forma sinérgica estarían interactuando con el establecimiento del proyecto.

Es importante mencionar que el Diagnostico Ambiental, realizado en el capítulo IV, es un referente sobre el conocimiento del estado en el cual se encuentra el SAR, también llamado "línea base", la cual servirá para identificar como las acciones del proyecto potencialmente generará efectos a los componentes ambientales, en tal manera que se determine la magnitud del efecto por medio de las modificaciones que el proyecto cause al ambiente.

Finalmente, se desarrolló una breve descripción sobre la transformación del territorio con el propósito de identificar aquellas fuentes humanas y eventos naturales que han modificado históricamente el ecosistema de aquella región.

V.5.1 METODOLOGÍA

Para el análisis de los impactos acumulativos y su posterior evaluación se tomó en cuenta el proceso de Senner *et al.* (2002) que a continuación se presenta:

Ámbito. - Implica la identificación de los aspectos importantes, los componentes y sus límites geográficos.

Organización. - Durante esta etapa se deberá caracterizar y consolidad los aspectos más importantes:

1. Resumir cuales son los componentes que históricamente han modificado o alterado por acciones humanas y eventos naturales desde el pasado hasta el presente.

2. Revisar los impactos ambientales directos o indirectos y sus acciones para reducirlos.
3. Preparar la matriz con los efectos acumulativos para cada componente.
4. Ingresar la información del pasado, actual y futuro.
5. Tamizado. - En esta etapa se realiza la identificación de los potenciales impactos acumulativos.
6. Evaluación. - Calificación de la significancia y probabilidad de ocurrencia de los impactos.

Considerando lo anterior, para la evaluación de los impactos acumulativos se estableció emplear una combinación de métodos que incluyen: Modelos de Impacto (Matrices, Leopold 1971.) y análisis espacial con base al Sistema de Información Geográfica (SIG). Los métodos mencionados serán empleados para analizar y evaluar los impactos de este estudio el cual será desarrollado según lo propuesto por Eccleston Charles. H. (2011) y lo emitido en la Guía de Profesionales en el Análisis de Impactos Acumulativos de la Agencia Canadiense de Evaluación Ambiental (CEEA, 1999).

Los impactos potenciales fueron identificados como aquellos que afectan de manera significativa a los componentes ambientales del conjunto de ecosistemas en donde se ubica el proyecto y por tanto se identifican aquellos componentes del ecosistema que resultan vulnerables ante las actividades del proyecto. Bajo este argumento se identificaron los componentes ambientales susceptibles a la presión de los desarrollos inmersos en la región, además de considerarse componentes valiosos, los cuales se llamarán Componentes Valorados del Ecosistema (CVEs).

V.5.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ACONTECIMIENTOS REGIONALES DE INTERÉS

La identificación de cuestiones o problemas de interés a nivel regional (SAR), generalmente pueden conocerse a través de la población local, así como de interesados en la región (poblaciones o comunidades próximas a la región); mucho del conocimiento de la región también se obtiene de actores que en ésta operan, industria, organizaciones públicas, gobierno, etc. Por otra parte, información referente a los efectos ambientales sobre temas regionales de interés (componentes ambientales), puede obtenerse mediante la consulta a especialistas con el conocimiento científico y las bases adecuadas para identificar efectos ambientales que se presentan en la región.

V.5.1.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES VALORADOS DEL ECOSISTEMA (CVES)

Los componentes del ecosistema que pueden considerarse valiosos, tanto del mundo natural como humano, son identificados y seleccionados mediante la participación de expertos en los diferentes temas que abarcan, así como en un proceso de revisión pública (Beanlands and Duinker 1983). Los valores atribuidos a los CVEs, nombrados así por sus siglas, pueden derivarse de una importancia social, ambiental, económica, estética o ética. Los CVEs representan el punto central de investigación en cualquier Evaluación de Impacto Ambiental o Evaluación de Impactos Acumulativos.

Algo importante de los CVEs lo atribuye a su función como indicadores, lo cual permite su análisis y valoración de manera cualitativa y cuantitativa.

V.5.1.3 IDENTIFICACIÓN DE LIMITES ESPACIALES Y TEMPORALES

Establecer límites es el proceso de realizar una delimitación de la zona y el periodo, examinado en una evaluación. Existen dos tipos de límites que se establecieron para el presente estudio: espacial y temporal. Los límites espaciales se refieren al área de estudio del o los Proyectos, mientras que los límites temporales estarán relacionados con actividades desarrolladas en la región y que han sido motivo de cambios, así como sus efectos hacia los componentes ambientales.

V.5.2 IMPACTOS ACUMULATIVOS IDENTIFICADOS

Pérdida de individuos de fauna silvestre por atropellamiento y/o colisión con la infraestructura y obras del proyecto

- **Atropellamiento**

El atropellamiento de fauna es el impacto directo más fácil de reconocer en comparación con otros como fragmentación, deterioro del ecosistema y cambios en el comportamiento de los animales, en especial porque constantemente en las carreteras o vías de comunicación se observan los cuerpos de los animales muertos, aunque en algunos casos los animales quedan en un estado que dificultan la identificación de la especie.

El principal impacto del atropellamiento de animales se ve reflejado en la afectación de las poblaciones de las especies involucradas, más que todo en aquellas especies que se encuentran amenazadas o son vulnerables y, en menor medida, las especies más comunes y abundantes. El grado de perjuicio depende del tamaño de la población y de la capacidad reproductiva de la especie (Taylor y Goldingay, 2004).

El impacto por atropellamiento de la fauna es probable que ocurra principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Sin embargo, ese hecho no significa que las especies dejen de desplazarse en etapas posteriores. La etapa de operación presentará una baja circulación de vehículos debido a las actividades de operación sistematizadas bajo instrumentos electromecánicos; será en los turnos de vigilancia y mantenimiento cuando la circulación de vehículos pueda aumentar, sin embargo, el efecto de este impacto en las demás etapas se verá desplazado por su temporalidad. Por otro lado, aunado al riesgo de atropellamiento, principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción existirá la amenaza de cacería para consumo, como mascotas o por la aversión hacia algunas especies, por lo cual se empleará una sensibilización a los grupos de trabajo y personal que labore en la construcción y operación del proyecto.

- **Colisiones**

Para el proyecto, uno de los principales riesgos es la posible colisión de aves con los paneles solares debido al efecto espejo que estos generan. Este fenómeno, cuyos efectos son claramente observables y cuantificables, representa una de las mayores preocupaciones al evaluar los impactos ambientales de los parques solares y sus instalaciones asociadas.

En cuanto a las aves migratorias, la región es un área clave para su alimentación, descanso y refugio durante sus rutas migratorias. Este aspecto es particularmente relevante para las aves acuáticas, que dependen de los cuerpos de agua, tanto naturales como artificiales, presentes en la zona.

Se recomienda implementar programas de monitoreo antes de la construcción del parque solar para identificar las especies que frecuentan el área y, posteriormente, durante la operación, para evaluar la interacción entre la avifauna, los paneles solares y las estructuras asociadas.

Este impacto se manifiesta durante la etapa operativa y está vinculado a la vida útil del proyecto. Sin embargo, las colisiones no ocurren de manera constante, sino de forma esporádica, influenciadas por factores como las condiciones climáticas, los hábitos de las especies y la disposición de la infraestructura. Aunque las medidas de mitigación diseñadas no eliminan por completo este efecto, se considera un impacto residual que se buscará minimizar mediante estrategias de prevención, mitigación y corrección.

V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de la identificación de los impactos y su valoración, se identificaron 20 impactos ambientales, de los cuales 17 son de naturaleza adversa, mientras que tres (3) son de naturaleza positiva.

Las acciones que generaron los mayores impactos durante el desarrollo del proyecto fueron, en la etapa de preparación del sitio, el desmonte y el despalme. Durante la etapa de construcción, las actividades más relevantes en términos de afectación fueron la apertura y adecuación de caminos, así como la instalación de pilotes. En la etapa de operación y mantenimiento, el mantenimiento de los paneles solares destacó como la acción de mayor importancia en relación con los impactos generados. No obstante, es fundamental considerar también la etapa de desmantelamiento y abandono, en la cual las acciones de restauración tendrán un impacto positivo al contribuir a la recuperación del ecosistema.

Los componentes ambientales que mayor impacto recibirán con el desarrollo del proyecto y considerando las acciones arriba mencionadas, serán: Fauna y Paisaje en los que se espera sucedan efectos residuales, así como impactos de adición o acumulativos.

A lo largo del análisis realizado del medio biótico y abiótico del proyecto se puede determinar que, para el caso del componente abiótico del SAR, la mayoría de los elementos a los que se enfrentará el proyecto son situaciones naturales, tales como aspectos fisiográficos, tipos de suelos presentes, clima, etc. Lo más destacable recae en los aspectos fisiográficos y tipos de suelo.

El impacto identificado para la fauna no solo se da en la superficie considerada para las obras del proyecto, sino que tiene un alcance a nivel regional debido a la interacción de otros proyectos similares y otras fuentes de impacto como, carreteras, desarrollos urbanos, y otras actividades derivadas de la intervención del hombre.

Se identificaron impactos positivos, los cuales están relacionados con la población y su economía, ya que el Proyecto contempla la generación de empleos y servicios que permitirán a las localidades percibir los beneficios que el desarrollo del Proyecto trae, así también ser vigilantes de aquellas acciones que puedan poner en riesgo a la población y el ecosistema.

Finalmente, un gran porcentaje de los impactos identificados durante la etapa de preparación del sitio y construcción, serán temporales, reversibles y mitigables por lo que se espera que la inserción del Proyecto no cause efectos adversos a largo plazo y que puedan poner en riesgo la integridad y funcionalidad del ecosistema. Los impactos residuales y acumulativos serán atendidos bajo las mejores estrategias que se han propuesto en este documento y que consideran experiencias de otros proyectos similares.

LISTADO DE ANEXOS

Anexo V-1. Matriz cribada de interacciones potenciales
Anexo V-2. Matrices de valoración del impacto potencial por etapas (4 hojas)
Anexo V-3. Matriz de importancia de impactos ambientales
Anexo V-4. Matriz de resultados de impactos ambientales

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 1

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 5

VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 26

VI.2.1 PROGRAMAS ESPECÍFICOS PARA EL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 26

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO) 32

VI.3.1. FICHAS DE SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN 34

VI.4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS 65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Medidas propuestas para los impactos al factor aire* 6
Cuadro 2. *Medidas propuestas para los impactos al factor geoforma.* 9
Cuadro 3. *Medidas propuestas para los impactos al factor agua.* 10
Cuadro 4. *Medidas propuestas para los impactos al factor suelo.* 12
Cuadro 5. *Medidas propuestas para los impactos al factor flora.* 14
Cuadro 6. *Medidas propuestas para los impactos al factor fauna.* 16
Cuadro 7. *Medidas propuestas para los impactos al factor economía y población.* 21
Cuadro 8. *Medidas propuestas para los impactos al factor paisaje.* 24
Cuadro 9. *Fichas de seguimiento para la calidad ambiental* 34

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Jerarquía de las medidas de prevención y mitigación (modificado de Rajvanshi, 2008).* 1
Figura 2. *Enfoque para la mitigación de los impactos (modificado de Rajvanshi, A.2008)* 4

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Los principios básicos de la evaluación de impacto ambiental sugieren que la mitigación y compensación deben ser consideradas mediante una jerarquía, que consiste en evitar los impactos cuando sea posible, reducir al mínimo los impactos restantes y la compensación de los impactos inevitables (*Figura 1*).

Algunas de las medidas de prevención y mitigación se considerarán desde las etapas de planeación y diseño, otras, sin embargo, deberán aplicarse durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto, siendo el Promovente responsable de la calidad ambiental del sitio al término de la obra y durante la operación. Ante ello deberá vigilar la correcta instrumentación y aplicación de las medidas de prevención, mitigación, rehabilitación, mejoramiento y compensación propuestas en este apartado para mantener la calidad ambiental existente y minimizar las posibles afectaciones al medio ambiente derivadas de la instalación del proyecto.

En cuanto a la etapa de abandono, se realizarán las medidas pertinentes aquí propuestas, sin embargo, dado que éste procederá 30 años tras el inicio de operaciones del proyecto (con posibilidad de ampliar la vida útil) deberán reajustarse las medidas necesarias para el mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura construida.

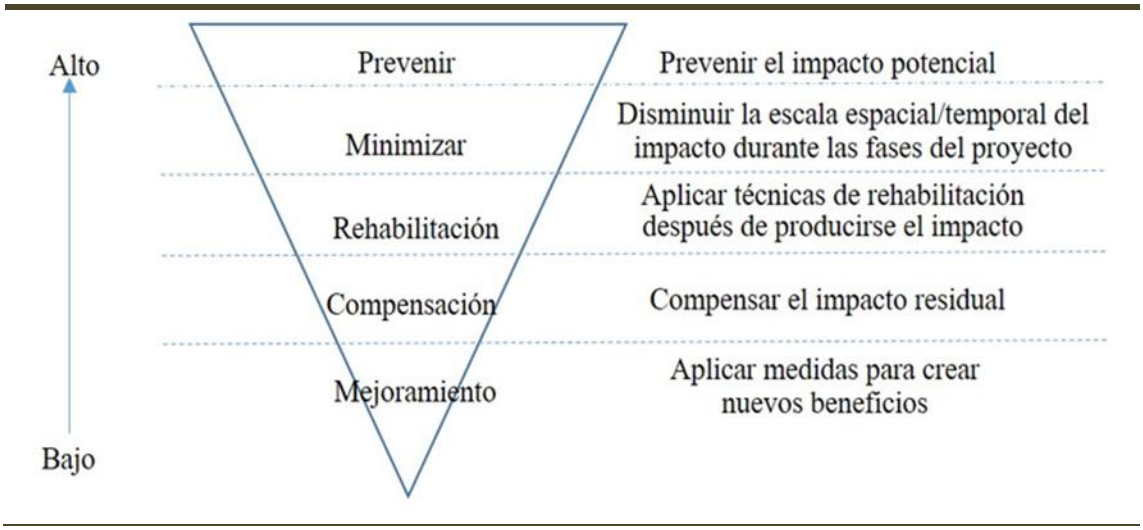


Figura 1. Jerarquía de las medidas de prevención y mitigación (modificado de Rajvanshi, 2008).

Ya que las medidas de mitigación pueden aplicarse en diferentes circunstancias bajo sus diferentes enfoques, méritos relativos y resultados, en el esquema, se presentan los enfoques para la mitigación

de impactos a considerar de acuerdo con la naturaleza del proyecto y los aspectos relacionados (Rajvanshi, A.2008) (*Figura 2*).

El enfoque para la mitigación de impactos se centra en la aplicación de medidas que minimicen los efectos adversos de proyectos de desarrollo sobre el medio ambiente y los sistemas ecológicos. Es integral y estructurado, diseñado para implementarse de manera planificada y sistemática en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto, sus principios fundamentales son:

1. Jerarquía de Mitigación:

Este enfoque sigue la jerarquía de evitar, minimizar, restaurar y compensar:

- Evitar: Prioriza evitar impactos ambientales desde la planificación del proyecto, ya sea seleccionando sitios adecuados o modificando diseños.
- Minimizar: Reduce los impactos inevitables mediante ajustes en las operaciones del proyecto.
- Restaurar: Repara los daños ambientales en áreas afectadas, devolviéndolas a su estado original o similar.
- Compensar: Implementa medidas de compensación, como la restauración de hábitats equivalentes, cuando el daño es irreversible.

2. Integración Temprana en el Proceso de Desarrollo:

La mitigación debe ser parte integral desde las etapas iniciales de planificación, diseño y ejecución del proyecto, en lugar de implementarse como una medida reactiva.

3. Enfoque Basado en la Ciencia y los Datos:

El enfoque enfatiza el uso de datos ambientales y socioeconómicos detallados para identificar impactos potenciales y diseñar medidas de mitigación efectivas y realistas.

4. Participación de las Partes Interesadas:

Se destaca la importancia de involucrar a las comunidades locales, autoridades ambientales y expertos técnicos para asegurar que las medidas de mitigación sean aceptables y efectivas.

5. Monitoreo y Seguimiento:

Las medidas de mitigación deben estar acompañadas de un sistema de monitoreo robusto para evaluar su eficacia y ajustar las estrategias según sea necesario.

6. Sostenibilidad y Equidad:

El enfoque no solo busca proteger los ecosistemas, sino también promover el bienestar de las comunidades locales, asegurando que las medidas sean justas y sostenibles a largo plazo.

En proyectos energéticos como las centrales fotovoltaicas, se deben considerar medidas como la selección de sitios alejados de hábitats críticos, el control de escorrentías y la implementación de programas de restauración ecológica tras el desmantelamiento.

El diseño de las estrategias para la prevención y mitigación de los impactos ambientales considera acciones que han sido satisfactorias en proyectos similares, tomando en cuenta aquellas fuentes de impacto dentro del área de influencia del proyecto, que son de observancia debido a la posibilidad de interactuar y generar impactos de tipo acumulativo y/o sinérgicos.

Para lograr el cumplimiento de las medidas que en este capítulo se proponen y mejorar el desempeño ambiental del proyecto, se desarrolló un Programa de Vigilancia Ambiental en donde se identifican las estrategias, programas y medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir, reducir, eliminar y/o compensar los efectos adversos de los impactos.

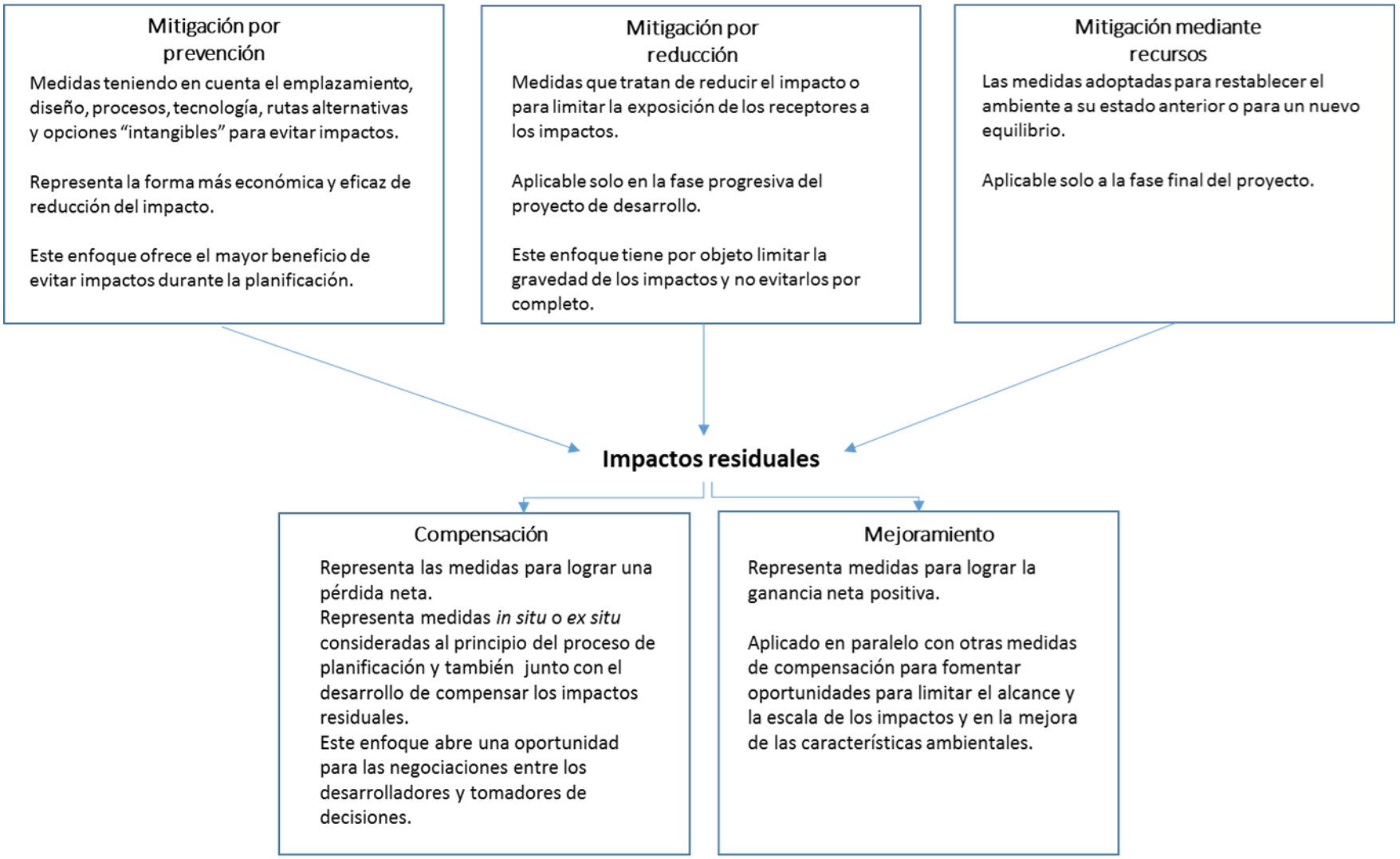


Figura 2. Enfoque para la mitigación de los impactos (modificado de Rajvanshi, A.2008)

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

A continuación, se presentan las medidas de mitigación por factor considerados dentro de la evaluación de impactos ambientales asociados al proyecto. Los factores son aire, geoforma, agua, suelo, flora, fauna, economía y población, paisaje. Cabe mencionar que cada cuadro analizado se encuentra dirigido a reducir la magnitud e intensidad de los impactos ambientales que se detectaron en cada factor ambiental y el seguimiento que se les dará se puede observar en las fichas de seguimiento para la calidad ambiental.

Por otra parte, se plantean diferentes programas que permitirán reducir los impactos asociados al proyecto, algunos de ellos enfocados en estrategias como: conservación de suelos, rescate y reubicación de flora y fauna, monitoreos de fauna voladora y reforestación entre otros.

Cabe mencionar que las medidas a continuación propuestas, son acciones y estrategias que se han implementado en proyectos y áreas similares con lo que se espera que su eficacia se refleje en minimizar, anular o compensar los impactos surgidos por el desarrollo del proyecto. Además de lo anterior se consideran los programas que en apartados siguientes serán descritos y que atienden componentes o elementos particulares del ecosistema (*Cuadro 1*, *Cuadro 2*, *Cuadro 3*, *Cuadro 4*, *Cuadro 5*, *Cuadro 6*, *Cuadro 7*, *Cuadro 8*).

Cuadro 1. Medidas propuestas para los impactos al factor aire

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: AIRE				
SUBFACTOR: CALIDAD DEL AIRE				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
1. Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera (AT1)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera por la operación de maquinaria en las actividades del proyecto.	**1. Prohibición de quema de residuos** • Alternativas de manejo de residuos: Implementar un plan de gestión de residuos que incluya la separación, reciclaje y disposición final adecuada de los desechos, evitando la necesidad de quemarlos. • Educación y sensibilización: Capacitar al personal y a los contratistas sobre los riesgos de la quema de residuos y las alternativas disponibles. **2. Cumplimiento de la NOM-017-STPS-2008** • Equipos de protección personal (EPP): Asegurar que el EPP sea adecuado para los riesgos específicos, como mascarillas contra polvo o gases, y que se revise periódicamente su estado. • Capacitación en uso de EPP: Entrenar al personal en el correcto uso, mantenimiento y almacenamiento del equipo de protección. **3. Mantenimiento de maquinaria y vehículos** • Programa de afinación y verificación: Establecer un calendario riguroso para la afinación y verificación de maquinaria y vehículos, con registros detallados. • Inspecciones periódicas: Realizar inspecciones sorpresa para verificar el estado de la maquinaria y asegurar el cumplimiento de los estándares. **4. Cumplimiento de normas ambientales (NOM-041 y NOM-045)** • Monitoreo de emisiones: Implementar un sistema de monitoreo continuo o periódico de las emisiones de los vehículos y maquinaria. • Certificaciones: Solicitar a los contratistas certificados de cumplimiento de las normas NOM-041 y NOM-045 antes de permitir el ingreso de vehículos y maquinaria al proyecto. **5. Retiro de maquinaria contaminante**			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	• Protocolo de acción: Establecer un protocolo claro para el retiro inmediato de maquinaria o vehículos que generen humos o emisiones excesivas. • Lista de equipos autorizados: Mantener un registro actualizado de la maquinaria y vehículos autorizados para operar en el proyecto.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: AIRE				
SUBFACTOR: NIVEL DE POLVO				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
2. Alteración de la calidad del aire por dispersión de partículas suspendidas (AT2).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar la generación de partículas por el movimiento de maquinaria y equipo en las actividades del proyecto.	**1. Uso de lonas y humectación de materiales:** • Obligar a los camiones a cubrir la carga con lonas para evitar la dispersión de polvo. • Humedecer los materiales antes del transporte como alternativa al uso de lonas. **2. Límites de velocidad y rutas designadas:** • Establecer un límite de velocidad de 25 km/h para vehículos dentro del área del proyecto. • Designar rutas específicas para el tránsito de vehículos, evitando zonas sensibles. **3. Riego periódico con agua tratada:** • Realizar riego en zonas de generación de polvo, como áreas de excavación o acopio de materiales. • Asegurar que el agua utilizada cumpla con la normatividad aplicable para evitar riesgos de contaminación. **4. Protección del personal con EPP:** • Proveer equipo de protección personal (mascarillas, gafas, etc.) a trabajadores expuestos a material particulado. • Capacitar al personal en el uso correcto y mantenimiento del equipo de protección. **5. Barreras físicas y vegetales:** • Instalar barreras físicas (mallas o cortinas anti-polvo) en áreas de alta generación de partículas. • Plantar vegetación alrededor del proyecto para actuar como barrera natural contra la dispersión de polvo.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: AIRE				
SUBFACTOR: CONFORT SONORO				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
3. Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras (AT3).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			

OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**
Evitar que la generación de ruido sobrepase lo establecido en la normatividad por la operación de maquinaria y equipo	**1. Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos:** • Realizar mantenimientos preventivos periódicos para asegurar el buen funcionamiento de maquinaria y vehículos, evitando ruidos excesivos. • Llevar a cabo el mantenimiento fuera del área del proyecto para no generar ruido adicional durante las actividades. **2. Cumplimiento de la NOM-011-STPS-2001:** • Establecer métodos de seguridad en ambientes laborales con ruido, como la delimitación de zonas de alto ruido y la rotación de personal. • Proveer y capacitar al personal en el uso de equipo de protección personal (EPP), como protectores auditivos. **3. Uso de equipos ruidosos en horarios diurnos:** • Limitar el uso de maquinaria y equipos de mayor emisión de ruido a horarios diurnos (actividad normal). • Evitar operar equipos ruidosos en horarios nocturnos o en momentos de menor actividad. **4. Cumplimiento de la NOM-081-SEMARNAT-1994:** • Monitorear los niveles de ruido generados para asegurar que no excedan los Límites Máximos Permisibles (LMP). • Implementar medidas correctivas en caso de detectar niveles de ruido superiores a los permitidos. **5. Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994** • Verificar que los vehículos automotores cumplan con los límites de emisión de ruido establecidos en la normativa. • Restringir el uso de vehículos y maquinaria ruidosa en áreas cercanas a zonas sensibles, como viviendas o áreas naturales.

Cuadro 2. Medidas propuestas para los impactos al factor geoforma.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: GEOFORMA				
SUBFACTOR: RELIEVE				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
4. Modificación de la topografía original (GE1).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar alteraciones innecesarias en la topografía original, manteniendo la estabilidad del suelo y previniendo deslizamientos o erosión. Recuperar las áreas afectadas mediante técnicas de restauración que devuelvan la topografía a un estado lo más cercano posible al original. Minimizar efectos secundarios como la alteración de escorrentías, la pérdida de hábitats o la afectación de la infiltración del agua.	**1. Restricción de excavaciones y movimientos de tierra:** • Limitar las excavaciones y movimientos de tierra únicamente a las zonas designadas para la construcción, evitando alteraciones innecesarias en áreas no intervenidas. • Delimitar claramente las áreas de trabajo y establecer barreras físicas para prevenir la expansión no autorizada de las actividades. **2. Implementación de un Programa de Conservación de Suelos:** • Desarrollar un programa que incluya técnicas de estabilización de suelos, como revegetación y uso de mantas orgánicas, para prevenir la erosión y degradación del terreno. • Monitorear periódicamente las áreas intervenidas para detectar y corregir posibles daños ecológicos. **3. Ajuste de taludes a pendientes adecuadas:** • Diseñar y construir taludes con pendientes estables que minimicen el riesgo de deslizamientos o erosión. • Utilizar técnicas de ingeniería, como terrazas o muros de contención, para garantizar la estabilidad de los taludes. **4. Instalación de obras de drenaje:** • Construir sistemas de drenaje que permitan el flujo natural del agua, evitando la interrupción de los patrones de escorrentía superficial. • Implementar canales de desvío y zanjas de drenaje para manejar adecuadamente el agua pluvial y evitar inundaciones o erosión. **5. Restauración topográfica post-construcción:** • Restaurar las áreas afectadas al finalizar las obras, devolviendo la topografía a un estado lo más cercano posible al original. • Aplicar técnicas de revegetación y cobertura vegetal para estabilizar el suelo y mejorar la integración con el entorno.			

Cuadro 3. Medidas propuestas para los impactos al factor agua.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: AGUA SUBFACTOR: DISPONIBILIDAD DE AGUA				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
5. Modificación del volumen de infiltración (AG1).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS MITIGACIÓN:**			
Evitar la alteración del volumen de infiltración o su disminución.	**1. Manejo adecuado del material de desmonte y despalme:** • Asegurar que el apilamiento de material resultante del desmonte y despalme sea temporal, evitando alteraciones permanentes en la topografía y los patrones de infiltración. • Restaurar los sitios donde se apile el material, devolviéndolos a su topoforma original para no afectar la infiltración natural del agua. **2. Implementación de obras de drenaje:** • Construir obras de drenaje que permitan mantener el flujo natural del agua, evitando la alteración de los patrones de infiltración. • Diseñar sistemas de drenaje que integren el flujo natural del agua y favorezcan la infiltración en el área del proyecto. **3. Programa de Reforestación:** • Implementar un programa de reforestación con especies nativas para conservar y mejorar la capacidad de infiltración del suelo. • Seleccionar especies vegetales adecuadas que contribuyan a la estabilización del suelo y a la recuperación de la infiltración natural. **4. Descompactación del suelo:** • Realizar la descompactación del suelo durante las actividades de reforestación para mejorar el contacto entre la tierra vegetal y el terreno. • Utilizar técnicas de aireación que favorezcan la infiltración del agua y la recuperación de la estructura del suelo. **5. Triturado de desmonte y suelo rescatado:** • Triturar el desmonte y el suelo rescatado para facilitar su aireación y mezcla con la tierra vegetal. • Utilizar los restos de vegetación triturados como material orgánico para mejorar la calidad del suelo y promover su capacidad de infiltración.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: AGUA				
SUBFACTOR: ESCORRENTÍA				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
6. Modificación de las escorrentías superficiales (AG2).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS MITIGACIÓN:**			
Preservar la conectividad hidrológica de la región.	**1. Disposición adecuada de materiales:** • Ubicar el material de construcción y terracerías lejos de corrientes de agua identificadas en el área del proyecto, evitando obstrucciones y contaminación. • Delimitar áreas específicas para el almacenamiento de materiales, lejos de zonas de escurrimiento natural. **2. Sistemas de retención de sedimentos**: • Instalar sistemas de retención de sedimentos, como barreras de sedimentación y trampas de sólidos, para evitar que los sedimentos lleguen a cuerpos de agua. • Mantener y limpiar periódicamente estos sistemas para asegurar su efectividad. **3. Diseño adecuado de obras de drenaje:** • Diseñar obras de drenaje superficial que integren el flujo natural del agua y eviten la alteración de los patrones de escorrentía. • Incluir canales, cunetas y zanjas de drenaje que permitan el manejo adecuado del agua pluvial. **4. Desvío o reubicación de escurrimientos:** • Desviar o reubicar escurrimientos superficiales de manera que no se vean afectados por las actividades del proyecto. • Utilizar estructuras temporales o permanentes, como tuberías o canales, para redirigir el flujo de agua. **5. Mantenimiento de obras de drenaje:** • Realizar actividades continuas de mantenimiento, como el retiro de maleza, residuos sólidos y sedimentos, para asegurar el funcionamiento adecuado de las obras de drenaje. • Establecer un programa de inspección y limpieza periódica de las obras de drenaje. **6. Obras de drenaje para evitar interrupciones:** • Construir obras de drenaje que permitan mantener el flujo natural del agua, evitando la interrupción del drenaje natural del sitio. • Integrar estas obras con el diseño del proyecto para minimizar impactos en las escorrentías superficiales.			

Cuadro 4. Medidas propuestas para los impactos al factor suelo.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: SUELO				
SUBFACTOR: EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
7. Alteración de los procesos erosivos (SU1).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN:**			
Evitar la erosión del suelo causada por factores ambientales y por el desarrollo de las actividades del proyecto. Evitar la modificación de las características físicas del suelo por la compactación producto del tránsito de maquinaria por el desarrollo de las actividades del proyecto	**1. Acopio y uso adecuado del suelo orgánico:** • Realizar el acopio del suelo orgánico durante el despalme para utilizarlo en la estabilización de taludes y la mejora de áreas cercanas al proyecto. • Aplicar el suelo orgánico excedente en zonas degradadas para fomentar el desarrollo de una cobertura vegetal herbácea y reducir la erosión. **2. Implementación de un Programa de Conservación de Suelos:** • Desarrollar un programa que incluya acciones de reforestación con especies nativas para proteger el suelo y reducir la erosión. • Utilizar técnicas de bioingeniería, como mantas orgánicas o geotextiles, para estabilizar áreas expuestas. **3. Desmonte y despalme por frentes de trabajo:** • Realizar el desmonte y despalme de manera paulatina, por frentes de trabajo, para evitar dejar áreas de suelo desnudo sin protección. • Aplicar medidas de estabilización inmediata en las áreas intervenidas, como revegetación o cobertura temporal. **4. Manejo seguro del suelo de despalme:** • Acopiar el suelo de despalme en zonas seguras y delimitadas, utilizando barreras físicas para evitar su dispersión por el viento o la lluvia. • Mantener registros del manejo y uso del suelo acopiado para garantizar su correcta aplicación. **5. Restricción de maquinaria pesada en zonas frágiles:** • Evitar el paso de maquinaria pesada por áreas donde el suelo presente fragilidad estructural, como pendientes pronunciadas o suelos inestables. • Delimitar y señalizar zonas de exclusión para maquinaria, priorizando el uso de equipos ligeros en áreas sensibles.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: ABIÓTICO				
FACTOR: SUELO				
SUBFACTOR: CONTAMINACIÓN				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
8.Afectación al suelo por manejo residuos sólidos (SU2).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			

OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**
Evitar la alteración del suelo por la mala disposición de los residuos generados en el desarrollo de las actividades del proyecto.	**1. Manejo seguro de combustibles y sustancias peligrosas:** • Realizar la recarga de combustible en estaciones de servicio cercanas. En caso de recarga in situ, utilizar lonas impermeables o materiales absorbentes para evitar derrames y contaminación del suelo. • Capacitar al personal en el manejo seguro de hidrocarburos y sustancias peligrosas, incluyendo procedimientos para transvases, manipulación y atención de emergencias. **2.Almacenamiento adecuado de residuos peligrosos**: • Almacenar sustancias peligrosas en un almacén temporal con diques o charolas para contener derrames, con capacidad para retener el volumen del contenedor más grande. • Asegurar que todos los contenedores estén debidamente rotulados y cumplan con la normativa aplicable. **3. Recolección y disposición de residuos peligrosos:** • Recolectar y trasladar periódicamente los residuos peligrosos a un almacén temporal delimitado y señalizado. • Evitar la mezcla de residuos urbanos con residuos peligrosos o de manejo especial. **4. Prohibición de vertido inadecuado de residuos:** • Prohibir el abandono de residuos en la vía pública, alcantarillado, lotes baldíos, cuerpos de agua o basureros clandestinos. • Evitar el uso de contenedores previamente utilizados para residuos peligrosos. **5. Implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos:** • Establecer un programa que incluya la separación, recolección, almacenamiento y disposición final adecuada de residuos sólidos. • Fomentar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos para minimizar su impacto en el suelo. **6. Limpieza y mantenimiento de servicios de apoyo:**

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	• Realizar la limpieza periódica de baños portátiles y contratar empresas especializadas para la disposición adecuada de aguas residuales. • Evitar derrames y contaminación del suelo mediante un mantenimiento constante de las áreas de servicios. **7. Protocolo de atención a derrames:** • Implementar un protocolo de atención inmediata para derrames, que incluya la contención, limpieza y remediación del área afectada. • Capacitar al personal en la aplicación del protocolo y en el uso de materiales y equipos para la remediación.

Cuadro 5. Medidas propuestas para los impactos al factor flora.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO COMPONENTE: BIÓTICO				
FACTOR: FLORA				
SUBFACTOR: CUBIERTA VEGETAL				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
9. Pérdida de la cobertura vegetal (FL1).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar afectaciones a la vegetación aledaña por el desarrollo de las actividades del proyecto. Rescatar y Reubicar las especies vegetales previo al desmonte.	**1. Minimización de afectaciones a la vegetación:** • Delimitar claramente las áreas de desmonte y despalme, asegurando que solo se afecten los sitios destinados a la construcción y operación del proyecto. • Controlar el retiro de vegetación conforme al avance de la obra, evitando la tala innecesaria. **2, Capacitación y concientización del personal:** • Capacitar a los trabajadores sobre la importancia de la conservación de la flora y las medidas para minimizar su afectación. • Fomentar una cultura de responsabilidad ambiental entre el personal y contratistas. **3. Programa de rescate y reubicación de flora:** • Implementar un programa que incluya acciones específicas para el rescate y reubicación de especies de flora afectadas. • Identificar sitios idóneos para el trasplante de especies, asegurando que cuenten con las condiciones adecuadas para su supervivencia.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	4. Acopio y uso de suelo orgánico: • Realizar el acopio del suelo orgánico resultante del cambio de uso de suelo para utilizarlo en la estabilización de taludes y la reforestación. • Aplicar el suelo orgánico excedente en áreas degradadas para fomentar el desarrollo de una cobertura vegetal herbácea. **5. Programa de Reforestación:** • Ejecutar un programa de reforestación en polígonos seleccionados, considerando la topografía y las condiciones del terreno. • Utilizar especies nativas para favorecer la recuperación del ecosistema y la integración con el entorno.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: BIÓTICO				
FACTOR: FLORA				
SUBFACTOR: ESPECIES PROTEGIDAS				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
10. Interferencia con especies de flora protegidas (FL2)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Mantener la estabilidad y la interacción con las especies	**1. Delimitación y control de áreas de desmonte:** • Delimitar claramente las áreas de desmonte y despalme, asegurando que solo se afecten los sitios destinados a la construcción y operación del proyecto. • Controlar el retiro de vegetación conforme al avance de la obra, evitando la afectación de áreas con presencia de especies protegidas. **2. Prohibición de daño o colecta de especies protegidas:** • Establecer la prohibición expresa de colectar, traficar o dañar especies de flora, especialmente aquellas endémicas o en estatus de protección. • Supervisar el cumplimiento de esta prohibición por parte de todo el personal y contratistas involucrados en el proyecto. **3. Capacitación y concientización del personal:** • Capacitar a los trabajadores sobre la importancia de la conservación de la flora protegida y las medidas para evitar su afectación.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	• Fomentar una cultura de responsabilidad ambiental entre el personal y contratistas. **4. Programa de rescate y reubicación de flora:** • Implementar un programa que incluya acciones específicas para el rescate y reubicación de especies de flora protegidas. • Identificar sitios idóneos para el trasplante de especies, asegurando que cuenten con las condiciones adecuadas para su supervivencia.

Cuadro 6. Medidas propuestas para los impactos al factor fauna.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: BIÓTICO FACTOR: FAUNA				
SUBFACTOR: ESPECIES Y POBLACIONES TERRESTRES				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
11. Afectación a especies y/o poblaciones terrestres de fauna silvestre (FA1).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar el atropellamiento y pérdida de fauna silvestre por el tránsito de vehículos y maquinaria por el desarrollo de las actividades del proyecto.	**1. Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de fauna silvestre:** • Ejecutar un programa previo a las actividades de preparación del sitio, enfocado en el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con énfasis en especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010. • Asegurar que las actividades de desmonte se realicen únicamente después de completar las acciones de ahuyentamiento y rescate. **2. Reducción de velocidad y señalización:** • Establecer un límite de velocidad máxima de 25 km/h en el área del proyecto para evitar atropellamientos de fauna terrestre. • Colocar señalización clara y visible que indique la reducción de velocidad y la presencia de fauna silvestre. **3. Técnicas de ahuyentamiento de fauna:** • Implementar técnicas de amedrentamiento visual y auditivo para ahuyentar a especies de aves, mamíferos voladores y mamíferos medianos y grandes, motivando su desplazamiento a áreas aledañas con vegetación similar. • Contar con profesionales especializados para dirigir y realizar las actividades de ahuyentamiento y rescate. **4. Reubicación de fauna en sitios adecuados:**			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	• Verificar que los sitios de reubicación presenten condiciones ambientales equivalentes a las del área de rescate, evitando la sobrecarga de individuos en el nuevo sitio. • Realizar liberaciones de fauna silvestre de manera controlada y monitoreada. **5. Prohibición de actividades dañinas:** • Prohibir actividades de caza, colecta, tráfico de especies y cualquier acto de crueldad contra la fauna silvestre, en cumplimiento de la Ley General de Vida Silvestre. • Supervisar el cumplimiento de estas prohibiciones por parte de todo el personal y contratistas. **6. Educación ambiental y concientización**: • Colocar carteles informativos en la obra que enfaticen la obligación de proteger a la fauna silvestre y evitar su afectación. • Capacitar al personal mediante acciones de educación ambiental para fomentar la conservación de la fauna silvestre.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: BIÓTICO				
FACTOR: FAUNA				
SUBFACTOR: ESPECIES Y POBLACIONES VOLADORAS				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
12. Afectación de individuos o poblaciones de fauna voladora (FA2).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar la afectación de fauna silvestre voladora por el tránsito de vehículos y maquinaria, así como por la estructura asociada para el desarrollo de las actividades del proyecto y su operación.	**1. Diseño y ubicación de estructuras para minimizar impactos:** • Ubicar los paneles fotovoltaicos y estructuras asociadas de manera que se reduzca el riesgo de colisión con aves y murciélagos, evitando rutas de vuelo críticas. • Utilizar diseños de estructuras que minimicen el riesgo de impacto, como paneles con superficies menos reflectantes o estructuras menos obstructivas. **2. Implementación de medidas disuasorias:** • Instalar dispositivos disuasorios, como balizas o señales visuales, en las estructuras del parque fotovoltaico para evitar colisiones de aves y murciélagos. • Utilizar técnicas de ahuyentamiento auditivo o visual en áreas con alta actividad de fauna voladora.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	3. Monitoreo de fauna voladora: • Realizar monitoreos periódicos de aves y murciélagos para identificar rutas de vuelo, áreas de mayor actividad y posibles impactos. • Ajustar las medidas de mitigación en función de los resultados del monitoreo. **4. Protección de hábitats críticos:** • Evitar la instalación de paneles fotovoltaicos en áreas cercanas a hábitats críticos para aves o murciélagos, como zonas de anidación o alimentación. • Establecer zonas de exclusión alrededor de hábitats sensibles para minimizar la afectación. **5. Programa de rescate y atención a fauna afectada:** • Implementar un protocolo de atención rápida para fauna voladora afectada, incluyendo rescate y rehabilitación de individuos heridos. • Colaborar con centros de rehabilitación de fauna para garantizar el cuidado adecuado de los animales rescatados.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO COMPONENTE: BIÓTICO				
FACTOR: FAUNA				
SUBFACTOR: ESPECIES PROTEGIDAS				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
13. Afectación de especies protegidas (FA3).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN:**			
Evitar cualquier tipo de afectación de individuos de especies de fauna silvestre en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de lento desplazamiento y de especies consideradas de importancia por la población.	**1. Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de fauna silvestre:** • Ejecutar un programa previo a las actividades de preparación del sitio, enfocado en el ahuyentamiento, rescate y reubicación de especies protegidas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. • Priorizar el rescate de especies de hábitos subterráneos o de lento desplazamiento, asegurando su traslado a áreas seguras con condiciones similares a su hábitat original. **2. Reducción de velocidad y señalización:** • Establecer un límite de velocidad máxima de 25 km/h en el área del proyecto para evitar atropellamientos de fauna terrestre, especialmente especies protegidas. • Colocar señalización clara y visible que indique la reducción de velocidad y la presencia de fauna silvestre.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	3. Técnicas de ahuyentamiento de fauna: • Implementar técnicas de amedrentamiento visual y auditivo para ahuyentar a especies de aves, mamíferos voladores y mamíferos medianos y grandes, motivando su desplazamiento a áreas aledañas con vegetación similar. • Contar con profesionales especializados para dirigir y realizar las actividades de ahuyentamiento y rescate. **4. Prohibición de actividades dañinas:** • Prohibir actividades de caza, colecta, tráfico de especies y cualquier acto de crueldad contra la fauna silvestre, en cumplimiento de la Ley General de Vida Silvestre. • Supervisar el cumplimiento de estas prohibiciones por parte de todo el personal y contratistas. **5. Educación ambiental y concientización:** • Colocar carteles informativos en la obra que enfaticen la obligación de proteger a la fauna silvestre y evitar su afectación. • Capacitar al personal mediante acciones de educación ambiental para fomentar la conservación de especies protegidas.

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO				
COMPONENTE: BIÓTICO FACTOR: FAUNA SUBFACTOR: HÁBITAT FAUNÍSTICO				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
14. Pérdida y fragmentación del hábitat (FA4).	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Evitar la disminución de hábitat mediante acciones de reforestación y manteniendo la conectividad de los ecosistemas mediante la revegetación.	**1. Desmonte controlado en áreas autorizadas:** • Limitar el desmonte únicamente a las áreas autorizadas y especificadas en el plano de obras, evitando la afectación de zonas no designadas. • Supervisar el cumplimiento de esta restricción mediante inspecciones periódicas. **2. Señalización restrictiva:** • Establecer señalética clara y visible en el área del proyecto para delimitar las zonas de trabajo y evitar la invasión de áreas no autorizadas. • Colocar barreras físicas o cercas perimetrales para restringir el acceso a áreas sensibles.			

SUBSISTEMA: MEDIO FÍSICO	
	3. Programa de rescate y reubicación de flora: • Ejecutar un programa de rescate y reubicación de flora, enfocado en especies nativas y de importancia ecológica, para mitigar la pérdida de hábitat. • Identificar sitios adecuados para la reubicación de especies vegetales, asegurando condiciones similares a su hábitat original. **4. Programa de Reforestación**: • Implementar un programa de reforestación como medida de compensación por el cambio de uso de suelo, utilizando especies nativas y adaptadas al entorno. • Seleccionar áreas estratégicas para la reforestación, priorizando la conectividad entre fragmentos de hábitat. **5. Pasos de fauna en el enmallado perimetral:** • Diseñar e instalar pasos de fauna en puntos estratégicos del enmallado perimetral para permitir el movimiento de especies y reducir la fragmentación del hábitat. • Asegurar que los pasos de fauna sean funcionales y adecuados para las especies presentes en el área.

Cuadro 7. Medidas propuestas para los impactos al factor economía y población.

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL				
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO				
FACTOR: ECONOMÍA Y POBLACIÓN				
SUBFACTOR: NIVEL DE EMPLEO				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
15. Generación de empleos por el desarrollo y operación del proyecto (EC1)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Maximizar los beneficios socioeconómicos derivados de la generación de empleos durante el desarrollo del proyecto, promoviendo la contratación local, la capacitación del personal y la creación de oportunidades laborales sostenibles que contribuyan al desarrollo económico de la región	**1. Contratación local:** • Priorizar la contratación de mano de obra local para fomentar el desarrollo económico de la comunidad. • Establecer programas de capacitación para mejorar las habilidades de los trabajadores locales. **2. Condiciones laborales adecuadas:** • Garantizar condiciones laborales justas y seguras para todos los empleados. • Cumplir con las normativas laborales y de seguridad en el trabajo.			

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL				
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO				
FACTOR: ECONOMÍA Y POBLACIÓN				
SUBFACTOR: ECONOMÍA LOCAL				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
16. Derrama económica (EC2)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Potenciar el impacto positivo del proyecto en la economía local, generando una derrama económica que contribuya al desarrollo sostenible, la inclusión social y el fortalecimiento de las capacidades productivas de la región.	**1. Fomento de proveedores locales:** • Priorizar la compra de materiales y servicios a proveedores locales para impulsar la economía regional. • Establecer alianzas con empresas locales para el suministro de insumos. **2. Programas de responsabilidad social:** • Implementar programas de apoyo a la comunidad, como infraestructura o servicios básicos. • Promover el desarrollo de pequeñas y medianas empresas locales.			

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL				
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO				
FACTOR: ECONOMÍA Y POBLACIÓN SUBFACTOR: SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
17. Desarrollo de infraestructura y servicios (EC3)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL	
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**
Transformar el desarrollo del proyecto en una oportunidad para fortalecer la infraestructura y los servicios locales, generando beneficios tangibles y sostenibles que mejoren la calidad de vida de la región y promueva su desarrollo integral.	**1. Mejora de infraestructura local:** • Incluir en el proyecto la construcción o mejora de infraestructura local, como caminos, escuelas o centros de salud. • Coordinar con las autoridades locales para identificar las necesidades prioritarias. **2. Acceso a servicios básicos:** • Garantizar que el proyecto contribuya al acceso a servicios básicos, como agua potable y electricidad. • Implementar sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO FACTOR: ECONOMÍA Y POBLACIÓN				
SUBFACTOR: NIVEL DE EMPLEO				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
18. Pérdida de empleos al término de la vida útil (EC4)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:**			
Garantizar una transición justa y sostenible para los trabajadores y comunidades afectados por la pérdida de empleos al término de la vida útil del proyecto, promoviendo la reconversión laboral, el emprendimiento y la creación de oportunidades económicas alternativas.	**1.Programas de reconversión laboral:** • Implementar programas de capacitación para que los trabajadores puedan acceder a otros empleos al finalizar el proyecto. • Fomentar el emprendimiento y la creación de pequeñas empresas entre los trabajadores. **2. Compensación y apoyo económico:** • Ofrecer compensaciones económicas o apoyos temporales a los trabajadores afectados por la finalización del proyecto. • Establecer alianzas con empresas locales para facilitar la reinserción laboral.			

Cuadro 8. Medidas propuestas para los impactos al factor paisaje.

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL				
COMPONENTE: PERCEPTUAL				
FACTOR: PAISAJE				
SUBFACTOR: FRAGILIDAD				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
19. Modificación de la fragilidad visual (PA1)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN:**			
Proteger el paisaje de alteraciones visuales significativas, asegurando que las actividades del proyecto se integren de manera respetuosa y sostenible con el entorno, y restaurando las áreas afectadas para mantener o mejorar su armonía visual.	**1. Integración paisajística:** • Diseñar las estructuras del proyecto para que se integren visualmente con el entorno. • Utilizar materiales que armonicen con el paisaje natural. **2. Restauración visual:** • Realizar acciones de revegetación y restauración en áreas donde se haya alterado la fragilidad visual.			

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL COMPONENTE: PERCEPTUAL FACTOR: PAISAJE				
SUBFACTOR: CALIDAD ESCÉNICA				
IMPACTO IDENTIFICADO	**JERARQUIZACIÓN DEL IMPACTO**	**ETAPA DEL PROYECTO EN QUE SUCEDE EL IMPACTO**	**TIPO DE MEDIDA**	**TEMPORALIDAD**
20. Modificación de la calidad paisajística (PA2)	Prevenir	Preparación del sitio	Prevención y mitigación	Durante las etapas de preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento
	Minimizar	Construcción	Prevención y mitigación	
	Rehabilitar	Operación y Mantenimiento	Prevención y mitigación	
	Compensar	Desmantelamiento y restauración	Prevención y mitigación	

SUBSISTEMA: MEDIO SOCIAL				
	Mejorar			
OBJETIVOS:	**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN:**			
Minimizar y compensar las alteraciones visuales y paisajísticas generadas por el proyecto, asegurando que las actividades de se integren de manera armónica con el entorno natural, preservando la calidad visual del paisaje y promoviendo la restauración y mejora de las áreas afectadas.	**1. Respeto de áreas designadas para intervención:** • Limitar las actividades del proyecto a las áreas autorizadas, evitando la afectación de zonas no previstas. • Supervisar el cumplimiento de esta restricción mediante inspecciones periódicas. **2. Programa de Manejo Integral de Residuos:** • Implementar un programa de manejo de residuos para evitar el almacenamiento de desechos en las estaciones y áreas visibles del proyecto. • Mantener las áreas libres de residuos para prevenir alteraciones negativas en el paisaje. **3. Cumplimiento de tiempos de construcción:** • Respetar los tiempos establecidos para la construcción, evitando la permanencia innecesaria de maquinaria y equipo en el sitio. • Retirar maquinaria y materiales una vez finalizadas las actividades de construcción. **4. Limpieza general post-construcción:** • Realizar una limpieza general del predio al finalizar la etapa de construcción, retirando escombros, materiales sobrantes y cualquier residuo. • Restaurar las áreas afectadas para devolverlas a un estado lo más cercano posible al original. **5. Programa de Reforestación:** • Ejecutar un programa de reforestación con especies nativas para compensar la modificación del paisaje y mejorar la integración visual del proyecto. • Seleccionar áreas estratégicas para la reforestación, priorizando la recuperación de zonas degradadas. **6. Establecimiento de áreas verdes:** • Crear áreas verdes en las inmediaciones de las instalaciones técnico-administrativas para minimizar el impacto visual del proyecto. • Utilizar vegetación nativa y adaptada al entorno para mejorar la calidad paisajística.			

VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental, permitirá tener el control y seguimiento de lo establecido en las medidas de mitigación; en este programa se establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas de mitigación contenidas en la presente MIA-R.

ANTECEDENTES

Como parte del Proyecto se propone el presente Programa de Vigilancia Ambiental para su consideración ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) como parte del procedimiento de evaluación del proyecto.

De manera adicional, se reportará de forma periódica a la SEMARNAT y la PROFEPA, el cumplimiento de los Términos y Condicionantes que en su momento determine la autoridad.

Cabe mencionar que cada empresa contratista durante cada etapa del proyecto estará supervisada por personal a la que se le asigne el seguimiento de los programas ambientales.

Además de las obligaciones contenidas en las regulaciones ambientales de carácter general, el Proyecto estará sujeto al cumplimiento de los términos y condiciones establecidos en los siguientes documentos: MIA-R, así como, en la resolución de este que en su momento determine la propia SEMARNAT.

El Programa de Vigilancia Ambiental consigna las acciones que se tomarán para cumplir con estos requisitos específicos. A este documento se le irán agregando las obligaciones que se pudieran derivar de otros permisos, resoluciones y autorizaciones que requiera el proyecto para asegurar su cabal cumplimiento y una gestión eficiente de estos documentos.

VI.2.1 PROGRAMAS ESPECÍFICOS PARA EL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (SUPERVISIÓN)

Objetivos

- Vigilar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales de cada uno de los actores en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento,
- Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto propuestas en la MIA-R del; y,
- Vigilar el estado de salud ambiental de los ecosistemas y recursos en el trazo propuesto, así como en las áreas adyacentes a éste.

Metas y alcances

- Cumplimiento de obligaciones ambientales.
- Implementar las medidas de prevención, control y mitigación propuestas en la MIA-R del Proyecto, así como las ordenadas en el resolutivo de este.
- Presentar los informes de cumplimiento en tiempo y forma, de los términos y condiciones de la Autorización.
- Someter a consideración de la autoridad correspondiente, las eventuales modificaciones que pudiera presentar el Proyecto.
- Atender, en caso de presentarse cualquier contingencia ambiental y adoptar las medidas de remediación más eficientes para la solución de esta.
- Mantener en las instalaciones del Proyecto un archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Gestionar todo tipo de autorizaciones y permisos que el proyecto requiera en materia ambiental.

Acciones

- Implementar un instrumento técnico-científico práctico e integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo de impactos ambientales identificados de manera que se reduzcan al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
- Implementar un instrumento que integre y supervise el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de manejo de impactos comprometidas en la presente MIA-R, a fin de que en cada una de las etapas de implementación del proyecto se asegure su implementación y monitoreo.
- Mantener en las instalaciones del Proyecto un archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Observar la normatividad aplicable en el desarrollo de las actividades del proyecto.
- Fomentar e implementar, el uso de buenas prácticas ambientales que garanticen el menor impacto ambiental posible durante la preparación, construcción y operación del proyecto.
- Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.
- A través de la coordinación interinstitucional se llevarán cabo diversas acciones en favor del ambiente, para el desarrollo sustentable de la región.

Programa de rescate y ahuyentamiento de fauna silvestre

El objetivo propuesto para el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre del proyecto es disminuir y mitigar los posibles accidentes que puedan dañar a la fauna nativa por las acciones constructivas del proyecto, rescatando en buen estado de salud a todos los individuos que aparezcan dentro del área del proyecto, y reubicarlos en los sitios adecuados para que sigan con su desarrollo natural. Asegurando la supervivencia de las poblaciones de especies de vertebrados silvestres en el área del proyecto mediante acciones concretas y eficaces de rescate.

Objetivos

- Capturar con las técnicas y materiales adecuados a todos los individuos faunísticos susceptibles de rescate que se encuentren dentro del área del proyecto.
- Salvaguardar la integridad física de todos los organismos recatados desde el momento de su captura hasta la liberación de estos.
- Reubicar los organismos capturados en un ambiente adecuado a las necesidades biológicas de cada especie que permitan su supervivencia y desarrollo.
- Ahuyentar con el material adecuado a las especies que por su gran talla y/o alta movilidad se dificulte la captura y el ahuyentamiento sea una mejor opción.
- Lograr mediante acciones de educación ambiental y capacitación al personal, una concientización positiva y generación de respeto hacia la fauna silvestre presente en el área del proyecto.
- Implementar un programa de señalización (letreros restrictivos) para la protección de las especies presentes en los sitios del proyecto, así como de la fauna migratoria que pueda utilizar el área.

Alcance

De acuerdo con los objetivos planteados anteriormente, el alcance del programa consiste en el ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna silvestre presente en el área del proyecto de acuerdo con la información bibliográfica revisada y tomando en consideración los resultados del muestreo realizado para el Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA). El programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de las especies de fauna silvestre (herpetofauna y mamíferos no voladores) será aplicado a la totalidad de las áreas donde se desarrollará el proyecto y las obras asociadas al mismo.

Metas

Se espera ahuyentar o reubicar la totalidad de individuos avistados o capturados durante las actividades de preparación, construcción y operación del proyecto. Por ello, deberá alcanzarse el 100% de sobrevivencia de los organismos, desde el momento de su captura en el sitio de rescate hasta su

liberación en los sitios de reubicación, minimizando el estrés generado en éstos mediante las técnicas de manejo adecuadas acortando el tiempo de captura y traslado al sitio de rescate en medida de lo posible.

Programa de conservación de suelos

Establecer las estrategias de conservación de suelos en el área del proyecto.

Objetivos

- Evaluar los patrones de erosión predominantes en el área del proyecto.
- Determinar las áreas con mayor riesgo de erosión dentro del área de proyecto, y los sitios más adecuados para la implementación de las acciones de conservación del suelo.
- Establecer las acciones y medidas para conservar el suelo y disminuir el riesgo de erosión dentro del área del proyecto.
- Desarrollar una estrategia para evaluar la efectividad de las acciones aplicadas.

Metas

- Contar con una línea base acerca de los patrones de erosión locales y de los riesgos de erosión producidos por la construcción y operación del proyecto.
- Proponer estrategias para la conservación del suelo en las inmediaciones del proyecto.
- Desarrollar acciones y estrategias de conservación del suelo acordes a las condiciones locales, que permitan disminuir la erosión y evitar la pérdida de suelo y al mismo tiempo proteger la infraestructura del proyecto.
- Identificar áreas para implementar las acciones de conservación del suelo.
- Establecer mecanismos de verificación de la eficiencia de las actividades implementadas.

Programa de protección y conservación de la vegetación

Mitigar las afectaciones a las poblaciones silvestres de flora en el área del proyecto con énfasis en las especies vulnerables (con algún estatus de conservación), y aquellas con importancia ecológica, preservando la diversidad biológica y genética y manteniendo la funcionalidad del ecosistema. Se propone lograr este objetivo por medio del enriquecimiento, a través de la revegetación de sitios degradados que correspondan a los tipos de vegetación afectados por el proyecto.

Objetivos

- Seleccionar un grupo de especies susceptibles de ser rescatadas y reubicadas de acuerdo con su rareza, importancia ecológica o que estén incluidas en listados de especies prioritarias (NOM-059, CITES, UICN), así como seleccionar los sitios adecuados en donde puedan reubicarse.

- Realizar un censo de las especies susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.
- Especificar las técnica adecuadas y viables para el rescate de las especies seleccionadas, así como para su trasplante.
- Definir los cuidados en el rescate y reubicación de los individuos.
- Establecer los métodos de registro y control de los individuos reubicados.
- Identificar y establecer el sitio o sitios adecuados para ubicar el germoplasma rescatado.
- Establecer mecanismos de seguimiento y evaluación del Programa.

Metas

- Realizar un censo exhaustivo en la superficie a desmontar, registrando detalladamente las especies encontradas ya que se rescatarán todas. Adicionalmente, colectar semillas, esquejes o hijuelos de especies seleccionadas para preservar el material genético y utilizarlo en la revegetación, en un período de 2 meses.
- Identificar sitios adecuados para la revegetación, considerando el nivel de degradación, la cercanía al predio del proyecto, las características del suelo, el microclima y la disponibilidad de agua que favorezcan el establecimiento y crecimiento de las plantas reubicadas.
- Se establecerá un vivero para propagar y cultivar plantas de las especies seleccionadas del área afectada por desmonte. Las plantas se producirán a partir de semillas o estacas recolectadas en el sitio. Alternativamente, se conseguirán plantas y otras especies en los viveros cercanos para que se asegure un suministro adecuado para llevar a cabo la revegetación.
- Revegetar las superficies degradadas en 2 años. Se buscarán áreas degradadas adecuadas para la revegetación. Se sembrarán las plantas producidas en el vivero, con el propósito de restaurar la vegetación y mejorar las condiciones del suelo y el ecosistema en general en los sitios seleccionados.
- Implementar un programa de protección y seguimiento para obtener el 80% de supervivencia en 2 años. El programa incluirá medidas de protección tales como riego, control de plagas, protección y mantenimiento adecuado de las áreas revegetadas y de las plantas trasplantadas (evitar pastoreo, erosión y proliferación de especies exóticas invasoras), durante un período de 2 años.

Programa de manejo integral de residuos

Establecer las bases y los lineamientos para el adecuado manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos a generarse durante las diferentes etapas del proyecto.

Objetivos

- Clasificar y cuantificar los residuos que se generarán durante cada una de las etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento).
- Definir los procedimientos adecuados para el manejo integral de residuos (manejo, almacenamiento, transporte y disposición final) conforme a la normatividad.
- Establecer mecanismos de prevención de contaminación al suelo y cuerpos o corrientes de agua por residuos generados como producto de las actividades en las diferentes etapas del proyecto.
- Reportar en su caso cualquier incidente generado durante el mantenimiento y que conlleve a derrames de residuos; así como, las medidas que se tienen contempladas implementar.

Metas

- Disponer de manera adecuada los residuos sólidos urbanos.
- Identificar correctamente los residuos peligrosos.
- Contar con un almacén temporal de residuos peligrosos que cumpla con las características técnicas necesarias.
- Conservar las áreas de trabajo limpias y ordenadas, con la finalidad de evitar contaminación en suelo y cuerpos de agua.
- Elaborar una bitácora bien documentada de los residuos peligrosos generados en cada etapa del proyecto en donde se incluya la cantidad, fecha, descripción, entrada y salida del almacén temporal de dichos residuos, actualizando ésta constantemente.
- Seguir las medidas de prevención, mitigación y control que garanticen el correcto manejo de los residuos que producirá el proyecto en todas sus etapas.

Programa de monitoreo de aves y murciélagos

Describir los principales parámetros de riqueza, abundancia, distribución y estatus migratorio de las comunidades de aves y murciélagos presentes en el parque fotovoltaico, así como el grado de afectación sobre ambos grupos.

Objetivos

- Determinar la riqueza y abundancia de aves presentes
- Identificar si las aves residentes utilizan el sitio para su reproducción.
- Identificar si existe actividad migratoria.
- Determinar la riqueza y abundancia de murciélagos.
- Determinar las especies de aves y murciélagos que colisionan, identificando áreas con alta prevalencia de incidencias.
- Proponer medidas y acciones para minimizar los impactos sobre las poblaciones de aves y murciélagos con base a los resultados arrojados por el monitoreo, integrados por un manejo adaptativo.

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

Es importante que todas las medidas de mitigación propuestas en el presente capitulo sean ejecutadas en tiempo y forma para cumplir con los requerimientos que la autoridad ambiental establezca por medio del resolutivo correspondiente. Por lo tanto, se recomienda el diseño e implementación de acciones de seguimiento que contengan todas las medidas de control, prevención y mitigación de forma sistematizada y calendarizada, así como el monitoreo de los indicadores ambientales y la aplicación de todas y cada una de las condicionantes y términos establecidos en el resolutivo. Para lograr lo anterior las autoridades ambientales en México pueden requerir a la empresa desarrolladora que se realice uno o varios de los siguientes Programas o Informes:

- Este PVA deberá ser autorizado por la SEMARNAT para su implementación.
- El PVA deberá complementarse con una descripción de las metodologías a seguir para llevar el seguimiento y en su caso, señalar los mecanismos de acción que desarrollará para atender impactos no previstos que pudieran presentarse por la realización de las obras y/o actividades involucradas en las diferentes etapas del proyecto.
- Elaborar Informes Administrativos (IA) con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental de cumplimiento de las medidas de mitigación en original a la DGIRA con copia a la Delegación Federal de la PROFEPA, en el cual se demuestre el avance de las gestiones administrativas y legales que se han realizado para el cumplimiento de las medidas de mitigación. Lo anterior es fundamental, pues con el IA, la DGIRA y la PROFEPA tendrán los parámetros, constancias o evidencias, así como indicadores que permitan minimizar y, en su caso, evitar discrecionalidades en la aplicación de las medidas de mitigación, prevención, reducción y/o compensación.
- Elaborar Informes Técnicos Pormenorizados (ITP) con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental. Una vez aprobado el PVA, el Promovente deberá realizar y entregar a la SEMARNAT los ITP, para demostrar que, con la aplicación de las medidas propuestas, se mitigaron o previeron los impactos ambientales que pudieran presentarse por la realización del Proyecto. Se deben entregar copias de los ITP a la Delegación Federal de la PROFEPA. Dichos informes deberán incluir la evidencia gráfica y los argumentos técnicos científicos que el o los ecosistemas presentan, por lo menos las mismas condiciones ambientales con las que se evaluaron.

El seguimiento del programa se realizará mediante la coordinación entre el asesor de campo y la empresa o institución responsable del programa que se encargará de realizar visitas periódicas al área del proyecto, para verificar el cumplimiento del Programa. Para llevar a cabo este seguimiento es necesaria la presencia de un asesor de campo residente en el sitio de obra, que realice las siguientes funciones:

Inspección en la obra, a efecto de vigilar el cumplimiento de compromisos en materia ambiental, en las diferentes actividades que se realicen en la preparación del sitio y construcción del proyecto. La inspección se debe centrar, entre otros, en los siguientes aspectos:

1. El seguimiento se deberá realizar con el apoyo de las fichas y los programas derivados del PVA.
2. Revisar la documentación existente en materia ambiental que tenga relación con el Proyecto.
3. El asesor de campo bebe contar con amplio conocimiento de los documentos y permisos en materia de medio ambiental.
4. Vigilar el cumplimiento de las medidas de mitigación emitidas en la Manifestación de Impacto Ambiental y términos y condicionantes del Resolutivo.
5. Programar reuniones de carácter ambiental con los contratistas involucrados.
6. Apoyar a los contratistas en la capacitación de sus trabajadores en aspectos relacionados con la protección ambiental.
7. Emisión de opiniones técnicas fundamentadas en la normativa ambiental, leyes, reglamentos, que tengan relación con el Proyecto.
8. Elaboración de un informe mensual de las actividades en materia ambiental, apoyando con evidencias escritas y fotográficas.
9. Estar en comunicación constante con el supervisor de la empresa responsable del Proyecto, e informar de cualquier situación que ponga en riesgo el equilibrio ecológico del lugar.

Uno de los puntos importantes para el funcionamiento adecuado del PVA, es contar con un mecanismo de control que permita la comunicación entre cada uno de los participantes, por lo que se pretende:

- Contar con mecanismos de captura, catalogación, almacenamiento, recuperación y manipulación de insumos documentales referentes a la MIA, leyes ambientales, normatividad, necesidades de calidad, entre otras.
- Administrar los elementos de información necesarios para la correcta ejecución de las medidas de mitigación en los elementos ambientales correspondientes.
- Integrar herramientas para la planeación, seguimiento y evaluación de la vigilancia del conjunto de medidas de mitigación ambientales relativas al Proyecto.
- Mantener actualizada la información relativa al Proyecto mediante la elaboración de reportes, informes, anexos fotográficos, formatos de vigilancia, oficios, etc. requeridos durante la supervisión del Proyecto.

El objetivo del PVA es establecer un sistema para garantizar el cumplimiento de la medidas preventivas, correctoras y compensatorias, además de las indicaciones emitidas en el resolutivo en materia de impacto ambiental, durante las etapas que componen al Proyecto.

VI.3.1. FICHAS DE SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN

Para el funcionamiento del PVA, se diseñará el desarrollo de mecanismos de control que permitan verificar el cumplimiento en materia ambiental. En este sentido, el PVA contempla la elaboración de fichas de seguimiento de la calidad ambiental, con las medidas de mitigación propuestas, según la información descrita en los capítulos V, VI y VII de esta manifestación de este documento.

En principio se presentan las fichas, que son elaboradas en función de las actividades que realizará el Promovente y/o la empresa encargada del proyecto; la etapa del proyecto en que se debe llevar a cabo la actividad, frecuencia de realización, la normativa aplicable y la evidencia que se presenta. Contienen información extraída del resumen de impactos y de las medidas de mitigación, así como las acciones a realizar para cumplir con cada una de las medidas de mitigación y cada una de las medidas propuestas, los indicadores de realización de efectos y los umbrales se presentan a continuación (*Cuadro 9*).

Cuadro 9. Fichas de seguimiento para la calidad ambiental

CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisible	N.A. – No aplica

Ficha 1: Prohibición de quema de residuos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar plan de gestión de residuos (separación, reciclaje, disposición)	Mensual	Sí/No	Área de residuos	Reducción de quema	Supervisor ambiental	10% de residuos quemados	Revisión inmediata del plan	20% de residuos quemados	No
Capacitar al personal sobre riesgos y alternativas a la quema de residuos	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 2: Cumplimiento de la NOM-017-STPS-2008

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Asegurar que el EPP sea adecuado y se revise periódicamente	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Uso correcto de EPP	Supervisor de seguridad	10% de EPP defectuoso	Reemplazo inmediato	20% de EPP defectuoso	No
Capacitar al personal en uso, mantenimiento y almacenamiento del EPP	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 3: Mantenimiento de maquinaria y vehículos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer calendario de afinación y verificación de maquinaria	Mensual	Sí/No	Taller de mantenimiento	Reducción de fallas	Mecánico	10% de maquinaria sin revisión	Revisión urgente	20% de maquinaria sin revisión	No
Realizar inspecciones sorpresa para verificar estado de maquinaria	Semanal	Sí/No	Área de trabajo	Cumplimiento de estándares	Supervisor de mantenimiento	5% de maquinaria defectuosa	Reparación inmediata	10% de maquinaria defectuosa	No

Ficha 4: Cumplimiento de normas ambientales (NOM-041 y NOM-045)

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar sistema de monitoreo de emisiones	Mensual	Sí/No	Área de emisiones	Reducción de emisiones	Técnico ambiental	10% de emisiones excedidas	Revisión inmediata	20% de emisiones excedidas	No
Solicitar certificados de cumplimiento a contratistas	Inicial	Sí/No	Oficina de contratación	Cumplimiento normativo	Gerente de contratación	1 contrato sin certificado	Suspensión de actividades	2 contratos sin certificado	No

Ficha 5: Retiro de maquinaria contaminante

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer protocolo de retiro de maquinaria contaminante	Inmediato	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de emisiones	Supervisor ambiental	1 máquina contaminante	Retiro inmediato	2 máquinas contaminantes	No
Mantener registro actualizado de maquinaria autorizada	Mensual	Sí/No	Oficina de registro	Cumplimiento de autorizaciones	Administrador	10% de maquinaria no registrada	Actualización urgente	20% de maquinaria no registrada	No

Ficha 6: Uso de lonas y humectación de materiales

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Obligar a camiones a cubrir carga con lonas	Diario	Sí/No	Área de carga	Reducción de polvo	Supervisor de logística	10% de camiones sin lona	Aplicación inmediata	20% de camiones sin lona	No
Humedecer materiales antes del transporte	Diario	Sí/No	Área de carga	Reducción de polvo	Operario	10% de materiales no humectados	Humectación urgente	20% de materiales no humectados	No

Ficha 7: Límites de velocidad y rutas designadas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer límite de velocidad de 25 km/h	Diario	Sí/No	Área de tránsito	Reducción de accidentes	Supervisor de tránsito	10% de vehículos excediendo límite	Sanción inmediata	20% de vehículos excediendo límite	No
Designar rutas específicas para vehículos	Inicial	Sí/No	Mapa de rutas	Cumplimiento de rutas	Supervisor de logística	10% de vehículos fuera de ruta	Corrección inmediata	20% de vehículos fuera de ruta	No

Ficha 8: Riego periódico con agua tratada

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar riego en zonas de generación de polvo	Diario	Sí/No	Áreas de excavación	Reducción de polvo	Operario	10% de áreas sin riego	Riego urgente	20% de áreas sin riego	No
Asegurar que el agua cumpla con normatividad	Mensual	Sí/No	Laboratorio	Calidad del agua	Técnico ambiental	10% de muestras no conformes	Corrección inmediata	20% de muestras no conformes	No

Ficha 9: Protección del personal con EPP

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Proveer EPP a trabajadores expuestos a material particulado	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Uso correcto de EPP	Supervisor de seguridad	10% de personal sin EPP	Entrega inmediata	20% de personal sin EPP	No
Capacitar al personal en uso y mantenimiento de EPP	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 10: Barreras físicas y vegetales

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Instalar barreras físicas en áreas de alta generación de partículas	Inicial	Sí/No	Áreas de trabajo	Reducción de polvo	Supervisor ambiental	10% de áreas sin barreras	Instalación urgente	20% de áreas sin barreras	No
Plantar vegetación como barrera natural	Inicial	Sí/No	Áreas perimetrales	Reducción de polvo	Jardinero	10% de áreas sin vegetación	Plantación urgente	20% de áreas sin vegetación	No

Ficha 11: Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar mantenimientos preventivos periódicos	Mensual	Sí/No	Taller de mantenimiento	Reducción de ruido	Mecánico	10% de maquinaria sin mantenimiento	Revisión urgente	20% de maquinaria sin mantenimiento	No
Llevar a cabo mantenimiento fuera del área del proyecto	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor de mantenimiento	10% de mantenimientos en área de proyecto	Reubicación urgente	20% de mantenimientos en área de proyecto	No

Ficha 12: Cumplimiento de la NOM-011-STPS-2001

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer métodos de seguridad en ambientes laborales con ruido	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor de seguridad	10% de áreas sin delimitación	Delimitación urgente	20% de áreas sin delimitación	No
Proveer y capacitar al personal en uso de EPP (protectores auditivos)	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 13: Uso de equipos ruidosos en horarios diurnos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Limitar uso de maquinaria ruidosa a horarios diurnos	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor de operaciones	10% de uso en horario nocturno	Suspensión inmediata	20% de uso en horario nocturno	No

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Evitar operar equipos ruidosos en horarios nocturnos	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor de operaciones	10% de uso en horario nocturno	Suspensión inmediata	20% de uso en horario nocturno	No

Ficha 14: Cumplimiento de la NOM-081-SEMARNAT-1994

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Monitorear niveles de ruido para asegurar cumplimiento de LMP	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Técnico ambiental	10% de excedencias	Corrección inmediata	20% de excedencias	No
Implementar medidas correctivas en caso de excedencias	Inmediato	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor ambiental	10% de excedencias	Corrección inmediata	20% de excedencias	No

Ficha 15: Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Verificar que vehículos cumplan con límites de emisión de ruido	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Técnico ambiental	10% de vehículos no conformes	Revisión inmediata	20% de vehículos no conformes	No
Restringir uso de vehículos ruidosos en áreas sensibles	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de ruido	Supervisor de operaciones	10% de uso en áreas sensibles	Suspensión inmediata	20% de uso en áreas sensibles	No

Ficha 16: Restricción de excavaciones y movimientos de tierra

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Limitar excavaciones a zonas designadas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de excavaciones fuera de zona	Corrección inmediata	20% de excavaciones fuera de zona	No
Delimitar áreas de trabajo y establecer barreras físicas	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de áreas sin delimitación	Delimitación urgente	20% de áreas sin delimitación	No

Ficha 17: Implementación de un Programa de Conservación de Suelos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Desarrollar programa con técnicas de estabilización de suelos	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de erosión	Técnico ambiental	10% de áreas sin estabilización	Aplicación urgente	20% de áreas sin estabilización	No
Monitorear áreas intervenidas para detectar daños ecológicos	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de erosión	Técnico ambiental	10% de áreas con daños	Corrección inmediata	20% de áreas con daños	No

Ficha 18: Ajuste de taludes a pendientes adecuadas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Diseñar y construir taludes con pendientes estables	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de deslizamientos	Ingeniero civil	10% de taludes inestables	Corrección inmediata	20% de taludes inestables	No
Utilizar técnicas de ingeniería para estabilizar taludes	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de deslizamientos	Ingeniero civil	10% de taludes sin estabilización	Aplicación urgente	20% de taludes sin estabilización	No

Ficha 19: Instalación de obras de drenaje

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Construir sistemas de drenaje para flujo natural del agua	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No
Implementar canales de desvío y zanjas de drenaje	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No

Ficha 20: Restauración topográfica post-construcción

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Restaurar áreas afectadas al finalizar obras	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración con entorno	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin restaurar	Restauración urgente	20% de áreas sin restaurar	No
Aplicar técnicas de revegetación y cobertura vegetal	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración con entorno	Jardinero	10% de áreas sin revegetación	Aplicación urgente	20% de áreas sin revegetación	No

Ficha 21: Manejo adecuado del material de desmonte y despalme

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Asegurar apilamiento temporal de material de desmonte	Diario	Sí/No	Área de desmonte	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de material mal apilado	Corrección inmediata	20% de material mal apilado	No
Restaurar sitios de apilamiento a topoforma original	Final	Sí/No	Área de desmonte	Integración con entorno	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin restaurar	Restauración urgente	20% de áreas sin restaurar	No

Ficha 22: Implementación de obras de drenaje

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Construir obras de drenaje para mantener flujo natural del agua	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No
Diseñar sistemas de drenaje que favorezcan la infiltración	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No

Ficha 23: Programa de Reforestación

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programa de reforestación con especies nativas	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de suelos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin reforestar	Reforestación urgente	20% de áreas sin reforestar	No
Seleccionar especies vegetales adecuadas para estabilización del suelo	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de suelos	Ingeniero ambiental	10% de especies no adecuadas	Corrección inmediata	20% de especies no adecuadas	No

Ficha 24: Descompactación del suelo

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar descompactación del suelo durante actividades de reforestación	Final	Sí/No	Área de reforestación	Mejora de infiltración	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin descompactar	Descompactación urgente	20% de áreas sin descompactar	No
Utilizar técnicas de aireación para mejorar estructura del suelo	Final	Sí/No	Área de reforestación	Mejora de infiltración	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin aireación	Aplicación urgente	20% de áreas sin aireación	No

Ficha 25: Triturado de desmonte y suelo rescatado

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Triturar desmonte y suelo rescatado para facilitar aireación	Final	Sí/No	Área de desmonte	Mejora de infiltración	Operario	10% de material sin triturar	Trituración urgente	20% de material sin triturar	No
Utilizar restos de vegetación triturados como material orgánico	Final	Sí/No	Área de desmonte	Mejora de calidad del suelo	Operario	10% de material no utilizado	Aplicación urgente	20% de material no utilizado	No

Ficha 26: Disposición adecuada de materiales

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ubicar material de construcción lejos de corrientes de agua	Diario	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de contaminación	Supervisor de logística	10% de material mal ubicado	Reubicación urgente	20% de material mal ubicado	No
Delimitar áreas específicas para almacenamiento de materiales	Inicial	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de contaminación	Supervisor de logística	10% de áreas sin delimitar	Delimitación urgente	20% de áreas sin delimitar	No

Ficha 27: Sistemas de retención de sedimentos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Instalar barreras de sedimentación y trampas de sólidos	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de sedimentos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin barreras	Instalación urgente	20% de áreas sin barreras	No
Mantener y limpiar periódicamente sistemas de retención	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de sedimentos	Operario	10% de sistemas sin mantenimiento	Limpieza urgente	20% de sistemas sin mantenimiento	No

Ficha 28: Diseño adecuado de obras de drenaje

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Diseñar obras de drenaje que integren flujo natural del agua	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No
Incluir canales, cunetas y zanjas de drenaje	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No

Ficha 29: Potencial afectación a escurrimientos superficiales

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Potencial afectación a escurrimientos superficiales	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero civil	10% de escurrimientos no desviados	Corrección inmediata	20% de escurrimientos no desviados	No
Utilizar estructuras temporales o permanentes para redirigir flujo	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero civil	10% de estructuras no instaladas	Instalación urgente	20% de estructuras no instaladas	No

Ficha 30: Mantenimiento de obras de drenaje

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar mantenimiento continuo de obras de drenaje	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Operario	10% de obras sin mantenimiento	Limpieza urgente	20% de obras sin mantenimiento	No
Establecer programa de inspección y limpieza periódica	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Supervisor de mantenimiento	10% de obras sin inspección	Inspección urgente	20% de obras sin inspección	No

Ficha 31: Obras de drenaje para evitar interrupciones

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Construir obras de drenaje para mantener flujo natural del agua	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin drenaje	Construcción urgente	20% de áreas sin drenaje	No
Integrar obras de drenaje con diseño del proyecto	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de inundaciones	Ingeniero civil	10% de áreas sin integración	Corrección inmediata	20% de áreas sin integración	No

Ficha 32: Acopio y uso adecuado del suelo orgánico

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar acopio de suelo orgánico durante el despalme	Inicial	Sí/No	Área de despalme	Reducción de erosión	Operario	10% de suelo no acopiado	Acopio urgente	20% de suelo no acopiado	No
Aplicar suelo orgánico excedente en zonas degradadas	Final	Sí/No	Área de reforestación	Reducción de erosión	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin aplicación	Aplicación urgente	20% de áreas sin aplicación	No

Ficha 33: Implementación de un Programa de Conservación de Suelos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Desarrollar programa con acciones de reforestación	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de erosión	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin reforestación	Reforestación urgente	20% de áreas sin reforestación	No
Utilizar técnicas de bioingeniería para estabilizar áreas expuestas	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de erosión	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin estabilización	Aplicación urgente	20% de áreas sin estabilización	No

Ficha 34: Desmonte y despalme por frentes de trabajo

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar desmonte y despalme de manera paulatina	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de áreas sin control	Corrección inmediata	20% de áreas sin control	No
Aplicar medidas de estabilización inmediata en áreas intervenidas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de erosión	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin estabilización	Aplicación urgente	20% de áreas sin estabilización	No

Ficha 35: Manejo seguro del suelo de despalme

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Acopiar suelo de despalme en zonas seguras y delimitadas	Diario	Sí/No	Área de despalme	Reducción de erosión	Operario	10% de suelo mal acopiado	Corrección inmediata	20% de suelo mal acopiado	No
Mantener registros del manejo y uso del suelo acopiado	Mensual	Sí/No	Oficina de registro	Cumplimiento de registros	Administrador	10% de registros incompletos	Actualización urgente	20% de registros incompletos	No

Ficha 36: Restricción de maquinaria pesada en zonas frágiles

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Evitar paso de maquinaria pesada en áreas frágiles	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de incumplimiento	Suspensión inmediata	20% de incumplimiento	No
Delimitar y señalizar zonas de exclusión para maquinaria	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de áreas sin señalización	Señalización urgente	20% de áreas sin señalización	No

Ficha 37: Manejo seguro de combustibles y sustancias peligrosas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar recarga de combustible en estaciones de servicio cercanas	Diario	Sí/No	Área de recarga	Reducción de derrames	Supervisor de logística	10% de recargas in situ	Corrección inmediata	20% de recargas in situ	No
Capacitar al personal en manejo seguro de hidrocarburos	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 38: Almacenamiento adecuado de residuos peligrosos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Almacenar sustancias peligrosas en almacén temporal con diques	Inicial	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de derrames	Supervisor ambiental	10% de contenedores sin diques	Corrección inmediata	20% de contenedores sin diques	No
Asegurar que contenedores estén debidamente rotulados	Mensual	Sí/No	Área de almacenamiento	Cumplimiento normativo	Supervisor ambiental	10% de contenedores sin rotulación	Rotulación urgente	20% de contenedores sin rotulación	No

Ficha 39: Recolección y disposición de residuos peligrosos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Recolectar y trasladar residuos peligrosos a almacén temporal	Semanal	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de riesgos	Operario	10% de residuos no recolectados	Recolección urgente	20% de residuos no recolectados	No
Evitar mezcla de residuos urbanos con residuos peligrosos	Diario	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de riesgos	Supervisor ambiental	10% de mezclas inadecuadas	Corrección inmediata	20% de mezclas inadecuadas	No

Ficha 40: Prohibición de vertido inadecuado de residuos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Prohibir abandono de residuos en vía pública o cuerpos de agua	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de contaminación	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Evitar uso de contenedores previamente utilizados para residuos peligrosos	Diario	Sí/No	Área de almacenamiento	Reducción de riesgos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 41: Implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer programa de separación, recolección y disposición de residuos	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de residuos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin programa	Implementación urgente	20% de áreas sin programa	No
Fomentar reducción, reutilización y reciclaje de residuos	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de residuos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin fomento	Implementación urgente	20% de áreas sin fomento	No

Ficha 42: Limpieza y mantenimiento de servicios de apoyo

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar limpieza periódica de baños portátiles	Semanal	Sí/No	Área de servicios	Reducción de contaminación	Operario	10% de baños sin limpieza	Limpieza urgente	20% de baños sin limpieza	No
Contratar empresas especializadas para disposición de aguas residuales	Mensual	Sí/No	Área de servicios	Reducción de contaminación	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 43: Protocolo de atención a derrames

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar protocolo de atención inmediata para derrames	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de riesgos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin protocolo	Implementación urgente	20% de áreas sin protocolo	No
Capacitar al personal en aplicación del protocolo	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 44: Minimización de afectaciones a la vegetación

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Delimitar áreas de desmonte y despalme	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin delimitación	Delimitación urgente	20% de áreas sin delimitación	No
Controlar retiro de vegetación conforme al avance de la obra	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin control	Corrección inmediata	20% de áreas sin control	No

Ficha 45: Capacitación y concientización del personal

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Capacitar a trabajadores sobre conservación de flora	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No
Fomentar cultura de responsabilidad ambiental	Trimestral	Sí/No	Área de trabajo	Conocimiento del personal	Supervisor ambiental	20% de personal no sensibilizado	Sensibilización urgente	30% de personal no sensibilizado	No

Ficha 46: Programa de rescate y reubicación de flora

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programa de rescate y reubicación de flora	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin rescate	Rescate urgente	20% de áreas sin rescate	No
Identificar sitios idóneos para trasplante de especies	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin identificación	Identificación urgente	20% de áreas sin identificación	No

Ficha 47: Acopio y uso de suelo orgánico

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar acopio de suelo orgánico resultante del cambio de uso de suelo	Inicial	Sí/No	Área de despalme	Reducción de erosión	Operario	10% de suelo no acopiado	Acopio urgente	20% de suelo no acopiado	No
Aplicar suelo orgánico excedente en áreas degradadas	Final	Sí/No	Área de reforestación	Reducción de erosión	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin aplicación	Aplicación urgente	20% de áreas sin aplicación	No

Ficha 48: Programa de Reforestación

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ejecutar programa de reforestación en polígonos seleccionados	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin reforestar	Reforestación urgente	20% de áreas sin reforestar	No
Utilizar especies nativas para favorecer recuperación del ecosistema	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de especies no nativas	Corrección inmediata	20% de especies no nativas	No

Ficha 49: Delimitación y control de áreas de desmonte

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Delimitar claramente áreas de desmonte y despalme	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin delimitación	Delimitación urgente	20% de áreas sin delimitación	No
Controlar retiro de vegetación conforme al avance de la obra	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin control	Corrección inmediata	20% de áreas sin control	No

Ficha 50: Prohibición de daño o colecta de especies protegidas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer prohibición expresa de colectar o dañar especies protegidas	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Supervisar cumplimiento de prohibición por personal y contratistas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 51: Capacitación y concientización del personal

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Capacitar a trabajadores sobre conservación de flora protegida	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No
Fomentar cultura de responsabilidad ambiental	Trimestral	Sí/No	Área de trabajo	Conocimiento del personal	Supervisor ambiental	20% de personal no sensibilizado	Sensibilización urgente	30% de personal no sensibilizado	No

Ficha 52: Programa de rescate y reubicación de flora protegida

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programa de rescate y reubicación de flora protegida	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin rescate	Rescate urgente	20% de áreas sin rescate	No
Identificar sitios idóneos para trasplante de especies protegidas	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin identificación	Identificación urgente	20% de áreas sin identificación	No

Ficha 53: Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de fauna silvestre

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ejecutar programa previo a actividades de preparación del sitio	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin programa	Implementación urgente	20% de áreas sin programa	No
Asegurar que desmonte se realice después de completar acciones de rescate	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 54: Reducción de velocidad y señalización

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer límite de velocidad máxima de 25 km/h	Diario	Sí/No	Área de tránsito	Reducción de atropellamientos	Supervisor de tránsito	10% de incumplimiento	Sanción inmediata	20% de incumplimiento	No
Colocar señalización clara y visible	Inicial	Sí/No	Área de tránsito	Reducción de atropellamientos	Supervisor de tránsito	10% de áreas sin señalización	Señalización urgente	20% de áreas sin señalización	No

Ficha 55: Técnicas de ahuyentamiento de fauna

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar técnicas de amedrentamiento visual y auditivo	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin técnicas	Aplicación urgente	20% de áreas sin técnicas	No
Contar con profesionales especializados para actividades de ahuyentamiento	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin profesionales	Contratación urgente	20% de áreas sin profesionales	No

Ficha 56: Reubicación de fauna en sitios adecuados

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Verificar que sitios de reubicación presenten condiciones equivalentes	Inicial	Sí/No	Área de reubicación	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin verificación	Verificación urgente	20% de áreas sin verificación	No
Realizar liberaciones de fauna de manera controlada y monitoreada	Inicial	Sí/No	Área de reubicación	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin liberación	Liberación urgente	20% de áreas sin liberación	No

Ficha 57: Prohibición de actividades dañinas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Prohibir actividades de caza, colecta y tráfico de especies	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Supervisar cumplimiento de prohibiciones por personal y contratistas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 58: Educación ambiental y concientización

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Colocar carteles informativos en la obra	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Conocimiento del personal	Supervisor ambiental	10% de áreas sin carteles	Instalación urgente	20% de áreas sin carteles	No
Capacitar al personal mediante acciones de educación ambiental	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 59: Diseño y ubicación de estructuras para minimizar impactos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ubicar paneles fotovoltaicos para reducir riesgo de colisión con fauna	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin ubicación adecuada	Corrección inmediata	20% de áreas sin ubicación adecuada	No
Utilizar diseños que minimicen riesgo de impacto	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin diseño adecuado	Corrección inmediata	20% de áreas sin diseño adecuado	No

Ficha 60: Implementación de medidas disuasorias

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Instalar dispositivos disuasorios en estructuras del parque fotovoltaico	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin dispositivos	Instalación urgente	20% de áreas sin dispositivos	No
Utilizar técnicas de ahuyentamiento auditivo o visual	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin técnicas	Aplicación urgente	20% de áreas sin técnicas	No

Ficha 61: Monitoreo de fauna voladora

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar monitoreos periódicos de aves y murciélagos	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin monitoreo	Monitoreo urgente	20% de áreas sin monitoreo	No
Ajustar medidas de mitigación en función de resultados de monitoreo	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin ajustes	Ajuste urgente	20% de áreas sin ajustes	No

Ficha 62: Protección de hábitats críticos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Evitar instalación de paneles en áreas cercanas a hábitats críticos	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin protección	Protección urgente	20% de áreas sin protección	No
Establecer zonas de exclusión alrededor de hábitats sensibles	Inicial	Sí/No	Área de instalación	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin exclusión	Delimitación urgente	20% de áreas sin exclusión	No

Ficha 63: Programa de rescate y atención a fauna afectada

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar protocolo de atención rápida para fauna voladora afectada	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin protocolo	Implementación urgente	20% de áreas sin protocolo	No
Colaborar con centros de rehabilitación de fauna	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin colaboración	Colaboración urgente	20% de áreas sin colaboración	No

Ficha 64: Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de fauna silvestre

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ejecutar programa previo a actividades de preparación del sitio	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin programa	Implementación urgente	20% de áreas sin programa	No
Priorizar rescate de especies de hábitos subterráneos o de lento desplazamiento	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin rescate	Rescate urgente	20% de áreas sin rescate	No

Ficha 65: Reducción de velocidad y señalización

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer límite de velocidad máxima de 25 km/h	Diario	Sí/No	Área de tránsito	Reducción de atropellamientos	Supervisor de tránsito	10% de incumplimiento	Sanción inmediata	20% de incumplimiento	No
Colocar señalización clara y visible	Inicial	Sí/No	Área de tránsito	Reducción de atropellamientos	Supervisor de tránsito	10% de áreas sin señalización	Señalización urgente	20% de áreas sin señalización	No

Ficha 66: Técnicas de ahuyentamiento de fauna

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar técnicas de amedrentamiento visual y auditivo	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin técnicas	Aplicación urgente	20% de áreas sin técnicas	No
Contar con profesionales especializados para actividades de ahuyentamiento	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Biólogo	10% de áreas sin profesionales	Contratación urgente	20% de áreas sin profesionales	No

Ficha 67: Prohibición de actividades dañinas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Prohibir actividades de caza, colecta y tráfico de especies	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Supervisar cumplimiento de prohibiciones por personal y contratistas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 68: Educación ambiental y concientización

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Colocar carteles informativos en la obra	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Conocimiento del personal	Supervisor ambiental	10% de áreas sin carteles	Instalación urgente	20% de áreas sin carteles	No
Capacitar al personal mediante acciones de educación ambiental	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Conocimiento del personal	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 69: Desmonte controlado en áreas autorizadas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Limitar desmonte únicamente a áreas autorizadas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin control	Corrección inmediata	20% de áreas sin control	No
Supervisar cumplimiento de restricciones mediante inspecciones periódicas	Semanal	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin inspección	Inspección urgente	20% de áreas sin inspección	No

Ficha 70: Señalización restrictiva

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Establecer señalética clara y visible en el área del proyecto	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin señalización	Señalización urgente	20% de áreas sin señalización	No
Colocar barreras físicas o cercas perimetrales	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin barreras	Instalación urgente	20% de áreas sin barreras	No

Ficha 71: Programa de rescate y reubicación de flora

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ejecutar programa de rescate y reubicación de flora	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin rescate	Rescate urgente	20% de áreas sin rescate	No
Identificar sitios adecuados para reubicación de especies vegetales	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin identificación	Identificación urgente	20% de áreas sin identificación	No

Ficha 72: Programa de Reforestación

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programa de reforestación como medida de compensación	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin reforestar	Reforestación urgente	20% de áreas sin reforestar	No
Seleccionar áreas estratégicas para reforestación	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin selección	Selección urgente	20% de áreas sin selección	No

Ficha 73: Pasos de fauna en el enmallado perimetral

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Diseñar e instalar pasos de fauna en puntos estratégicos	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin pasos	Instalación urgente	20% de áreas sin pasos	No
Asegurar que pasos de fauna sean funcionales y adecuados	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin funcionalidad	Corrección inmediata	20% de áreas sin funcionalidad	No

Ficha 74: Contratación local

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Priorizar contratación de mano de obra local	Inicial	Sí/No	Área de contratación	Desarrollo económico local	Gerente de recursos humanos	10% de contrataciones no locales	Corrección inmediata	20% de contrataciones no locales	No
Establecer programas de capacitación para trabajadores locales	Trimestral	Sí/No	Sala de capacitación	Mejora de habilidades	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No

Ficha 75: Condiciones laborales adecuadas

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Garantizar condiciones laborales justas y seguras	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Cumplimiento normativo	Gerente de recursos humanos	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Cumplir con normativas laborales y de seguridad en el trabajo	Mensual	Sí/No	Área de trabajo	Cumplimiento normativo	Gerente de recursos humanos	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No

Ficha 76: Fomento de proveedores locales

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Priorizar compra de materiales y servicios a proveedores locales	Inicial	Sí/No	Área de compras	Desarrollo económico local	Gerente de compras	10% de compras no locales	Corrección inmediata	20% de compras no locales	No
Establecer alianzas con empresas locales para suministro de insumos	Inicial	Sí/No	Área de compras	Desarrollo económico local	Gerente de compras	10% de áreas sin alianzas	Establecimiento urgente	20% de áreas sin alianzas	No

Ficha 77: Programas de responsabilidad social

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programas de apoyo a la comunidad	Trimestral	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Gerente de responsabilidad social	10% de áreas sin programas	Implementación urgente	20% de áreas sin programas	No
Promover desarrollo de pequeñas y medianas empresas locales	Trimestral	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Gerente de responsabilidad social	10% de áreas sin promoción	Promoción urgente	20% de áreas sin promoción	No

Ficha 78: Mejora de infraestructura local

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Incluir construcción o mejora de infraestructura local en el proyecto	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Ingeniero civil	10% de áreas sin infraestructura	Construcción urgente	20% de áreas sin infraestructura	No

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Coordinar con autoridades locales para identificar necesidades prioritarias	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Gerente de responsabilidad social	10% de áreas sin coordinación	Coordinación urgente	20% de áreas sin coordinación	No

Ficha 79: Acceso a servicios básicos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Garantizar que el proyecto contribuya al acceso a servicios básicos	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Gerente de responsabilidad social	10% de áreas sin acceso	Implementación urgente	20% de áreas sin acceso	No
Implementar sistemas de saneamiento	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo comunitario	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin sistemas	Implementación urgente	20% de áreas sin sistemas	No

Ficha 80: Programas de reconversión laboral

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programas de capacitación para reconversión laboral	Final	Sí/No	Sala de capacitación	Desarrollo económico local	Capacitador	20% de personal no capacitado	Capacitación urgente	30% de personal no capacitado	No
Fomentar emprendimiento y creación de pequeñas empresas	Final	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo económico local	Gerente de responsabilidad social	10% de áreas sin fomento	Fomento urgente	20% de áreas sin fomento	No

Ficha 81: Compensación y apoyo económico

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ofrecer trabajo temporal a locales	Final	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo económico local	Gerente de recursos humanos	10% de áreas sin compensación	Implementación urgente	20% de áreas sin compensación	No
Establecer alianzas con empresas locales para reinserción laboral	Final	Sí/No	Área de trabajo	Desarrollo económico local	Gerente de recursos humanos	10% de áreas sin alianzas	Establecimiento urgente	20% de áreas sin alianzas	No

Ficha 82: Integración paisajística

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Diseñar estructuras para integración visual con el entorno	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Arquitecto	10% de áreas sin diseño adecuado	Corrección inmediata	20% de áreas sin diseño adecuado	No
Utilizar materiales que armonicen con el paisaje natural	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Arquitecto	10% de áreas sin materiales adecuados	Corrección inmediata	20% de áreas sin materiales adecuados	No

Ficha 83: Restauración visual

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar acciones de revegetación y restauración en áreas alteradas	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin restauración	Restauración urgente	20% de áreas sin restauración	No
Seleccionar áreas estratégicas para restauración visual	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin selección	Selección urgente	20% de áreas sin selección	No

Ficha 84: Respeto de áreas designadas para intervención

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Limitar actividades del proyecto a áreas autorizadas	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin control	Corrección inmediata	20% de áreas sin control	No
Supervisar cumplimiento de restricciones mediante inspecciones periódicas	Semanal	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin inspección	Inspección urgente	20% de áreas sin inspección	No

Ficha 85: Programa de Manejo Integral de Residuos

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Implementar programa de manejo de residuos para evitar almacenamiento	Inicial	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de residuos	Supervisor ambiental	10% de áreas sin programa	Implementación urgente	20% de áreas sin programa	No
Mantener áreas libres de residuos	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de residuos	Operario	10% de áreas con residuos	Limpieza urgente	20% de áreas con residuos	No

Ficha 86: Cumplimiento de tiempos de construcción

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Respetar tiempos establecidos para la construcción	Diario	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de incumplimiento	Corrección inmediata	20% de incumplimiento	No
Retirar maquinaria y materiales una vez finalizadas las actividades	Final	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de impactos	Supervisor de obra	10% de áreas sin retiro	Retiro urgente	20% de áreas sin retiro	No

Ficha 87: Limpieza general post-construcción

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Realizar limpieza general del predio al finalizar la construcción	Final	Sí/No	Área de trabajo	Reducción de residuos	Operario	10% de áreas sin limpieza	Limpieza urgente	20% de áreas sin limpieza	No
Restaurar áreas afectadas para devolverlas a un estado cercano al original	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración con entorno	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin restauración	Restauración urgente	20% de áreas sin restauración	No

Ficha 88: Programa de Reforestación

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Ejecutar programa de reforestación con especies nativas	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin reforestar	Reforestación urgente	20% de áreas sin reforestar	No
Seleccionar áreas estratégicas para reforestación	Final	Sí/No	Área de reforestación	Recuperación de ecosistema	Ingeniero ambiental	10% de áreas sin selección	Selección urgente	20% de áreas sin selección	No

Ficha 89: Establecimiento de áreas verdes

MEDIDA	C.C.	I.R.	P.C.	I.E.	R.P.E.	U.A.	M.U.A.	U.I.	N.A.
Crear áreas verdes en inmediaciones de instalaciones técnico-administrativas	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Jardinero	10% de áreas sin vegetación	Plantación urgente	20% de áreas sin vegetación	No
Utilizar vegetación nativa y adaptada al entorno	Final	Sí/No	Área de trabajo	Integración paisajística	Jardinero	10% de áreas sin vegetación adecuada	Corrección inmediata	20% de áreas sin vegetación adecuada	No

VI.4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS

El proyecto contempla la inversión de un porcentaje del costo del proyecto para atender los temas ambientales, incluyendo las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como los programas aquí propuestos con los ajustes que determine la autoridad. No obstante, la fijación de fianzas y montos será atendida en caso de que se estipule en el resolutivo del presente estudio por parte de la DGIRA. Los gastos se medirán a partir de las medidas propuestas, así como en los programas derivados del PVA.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 1
VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO 3
CLASIFICACIÓN DE VEGETACIÓN Y TASAS DE CAMBIO DE USO DE SUELO 5
Metodología 5
CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y LOS TIPOS DE USO DE SUELO ACTUALES 5
Vegetación y uso del suelo 2014 7
VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO 16
VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN 26
VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL 31
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 34
CONCLUSIONES SOBRE LOS PRONÓSTICOS AMBIENTALES 35
VII.5 CONCLUSION GENERAL 36
BIBLIOGRAFÍA 38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo.* 5

Cuadro 2. *Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo.* 6

Cuadro 3. *Superficie por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV – 2014.* 7

Cuadro 4. *Superficie y porcentaje por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto – Año 2024.* 7

Cuadro 5. *Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo.* 8

Cuadro 6. *Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso de suelo.* 8

Cuadro 7. *Superficies en Hectáreas y en porcentaje para los distintos usos de suelo en el SAR del proyecto en 2014 y 2024.* 9

Cuadro 8. *Tasas de cambio de uso del suelo para el periodo 2014-2024 en el SAR del proyecto.* 10

Cuadro 9. *Resultados de la modelación de tendencias de cambio de uso del suelo en el SAR para el escenario Sin Proyecto entre 2025 y 2060.* 12

Cuadro 10. *Factores y subfactores ambientales a ser considerados en cuanto a los pronósticos del proyecto.* 13

Cuadro 11. *Tendencia del SAR sin proyecto.* 15

Cuadro 12. *Superficies a ocupar por tipo de cobertura del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV.* 16

Cuadro 13. *Modelación de tendencia de cambio de uso del suelo en el SAR, escenario con proyecto y sin medidas de mitigación entre 2025 y 2060.* 17

Cuadro 14. *Potenciales relaciones Causa-Efecto en el SAR del proyecto SIN considerar la implementación de medidas de mitigación.* 21

Cuadro 15. *Tendencia del SAR con el proyecto implementando medidas de mitigación.* 30

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Representación espacial de la vegetación y uso del suelo en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en 2014 y 2024.* 2

Figura 2. *La actividad agropecuaria ocupa de manera preponderante los terrenos en el SAR.* 4

Figura 3. *Porcentaje de superficie por vegetación y uso del suelo en el SAR del proyecto 2014 – 2024.* 9

Figura 4. *Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR del proyecto para el periodo 2014-2024.* 11

Figura 5. *Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario SIN PROYECTO hasta el año 2060.* 13

Figura 6. *Distribución del cambio de uso de suelo en el predio, considerando la inserción del proyecto.* 18

Figura 7. *Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario con proyecto y sin medidas de mitigación hasta el año 2060.* 19

Figura 8. *Ejemplo de relaciones causales entre impactos mitigados y sus medidas en la etapa de preparación del sitio y construcción.* 27

Figura 9. *Ejemplo de relaciones causales entre impactos esperados y medidas propuestas relacionadas a los residuos generados por el proyecto.* 28

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presenta un análisis de los posibles escenarios ambientales a futuro en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV (Tepetates PV), a desarrollarse en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz, a partir de las tres premisas indicadas en la guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de la SEMARNAT:

1. Escenario del SAR SIN Proyecto. Con las tendencias de deterioro o recuperación de los distintos tipos de vegetación de la región, considerando las tasas de cambio actuales.
2. Escenario del SAR CON Proyecto y SIN medidas de Mitigación. Es decir, con las tendencias de deterioro o recuperación de los distintos tipos de vegetación de la región, considerando las tasas de cambio actuales, e introduciendo el proyecto, pero sin la implementación de medidas de mitigación, compensación y prevención propuestas en el capítulo VI.
3. Escenario del SAR CON Proyecto y CON medidas de Mitigación. Aquí se usan las tendencias de deterioro o recuperación en los distintos tipos de vegetación de la región, considerando las tasas de cambio actuales, e introduciendo el proyecto junto con las medidas de mitigación, compensación y prevención propuestas en el capítulo VI.

Para la construcción de los escenarios descritos, la herramienta principal son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la obtención de las tasas de cambio de uso de suelo desde el año 2014 a 2024, que a su vez alimentan un modelo de simulación que extrapola la información y la proyecta 35 años más, desde el 2025 hasta el año 2060 (para efectos prácticos se considera el año 2025 como año de desarrollo del proyecto), siguiendo las tendencias de deterioro y recuperación para cada uno de los tipos de vegetación y uso del suelo existentes en el SAR.

Se destaca la importancia de los tipos de vegetación o unidades ambientales que fueron identificadas como de mayor relevancia en el diagnóstico ambiental elaborado en el capítulo IV, así como la identificación y cuantificación de impactos ambientales en el capítulo V, y las estrategias, medidas de prevención y mitigación de esos impactos propuestas en el capítulo VI (*Figura 1*).

En ese sentido, y considerando que las tendencias de cambio de uso de suelo documentadas presentan grandes patrones a nivel regional, no se establece una tasa de cambio de uso de suelo sectorizada, sino una misma tendencia por el desarrollo de actividades productivas en el SAR.

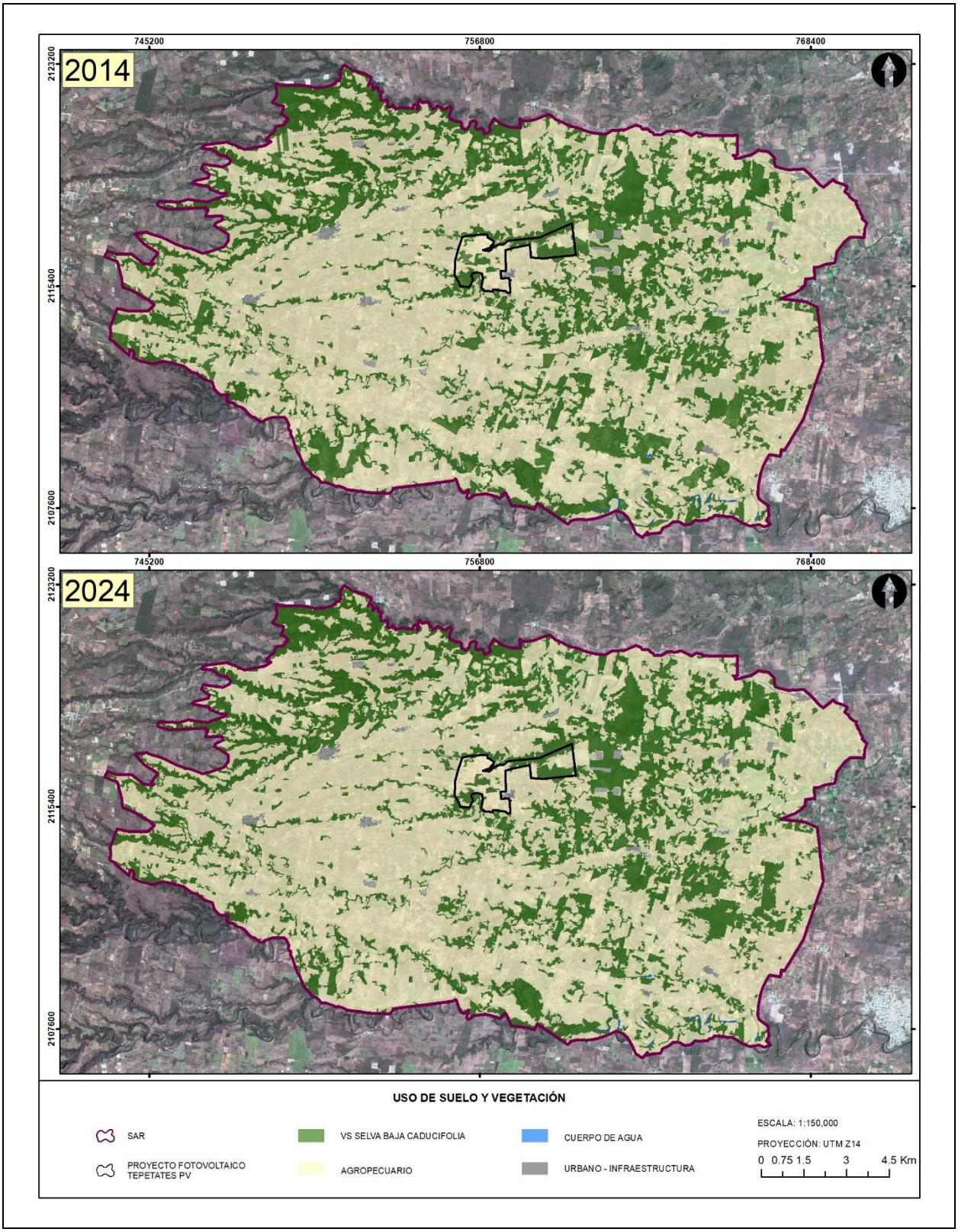


Figura 1. Representación espacial de la vegetación y uso del suelo en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en 2014 y 2024.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

El Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV posee una superficie de 28559.9 ha o 285.59 km^2, que en el escenario actual del año 2025 posee cuatro diferentes tipos de vegetación o usos del suelo, mismas que fueron determinadas y sustentadas con trabajo de campo, trabajo de gabinete e interpretación visual sobre la imagen clasificada: vegetación secundaria de selva baja caducifolia, uso de suelo agropecuario (agricultura y pastizal), cuerpo de agua, y urbano-infraestructura.

Con el análisis de dichos usos de suelo durante el diagnóstico ambiental, se observó que 201.42 km^2, equivalente al 70.52 % del SAR corresponde al uso del suelo agropecuario, seguido de unos 81.41 km^2 de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, equivalente al 28.5 % del SAR.

Si se agrupa el uso del suelo agropecuario con lo clasificado como urbano y de infraestructura, que son 2.54 km^2 (0.89%), se tiene que el 71.41% del SAR corresponde a áreas impactadas o transformadas por el ser humano. El restante 0.08 % de la superficie del SAR está ocupada por cuerpos de agua (0.35%).

En términos generales la región comprendida en el SAR del proyecto cuenta con diversos asentamientos humanos o áreas de población, y se realizan en ella actividades productivas, principalmente agropecuarias (*Figura 2*), así como se cuenta con instalaciones avícolas para pollo de engorda con galeras de grandes dimensiones, pertenecientes a empresas como Bachoco y Pigrim´s Pride.

Es de esperarse que las tendencias de cambio de uso de suelo en el SAR sigan una tendencia de cierto grado de deterioro similar al curso actual, independientemente de la implementación o no del proyecto, aunque dicha tendencia no se considera como muy acentuada y corresponde a lo esperado para la porción central de la entidad veracruzana.



Figura 2. La actividad agropecuaria ocupa de manera preponderante los terrenos en el SAR.

CLASIFICACIÓN DE VEGETACIÓN Y TASAS DE CAMBIO DE USO DE SUELO

METODOLOGÍA

Imágenes de satélite empleadas

Para determinar el Uso de Suelo y Vegetación del SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, se analizaron imágenes satelitales de distintas fechas las cuales fueron obtenidas por los satélites Sentinel 2-A y Landsat 8 OLI, mismas que presentan una resolución espacial de 10m y 15m por píxel respectivamente (*Cuadro 1*).

Cuadro 1. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo.

SATÉLITE	FECHA DE LA ESCENA	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Sentinel 2A	08/03/2024	10 metros
Landsat 8 OLI	02/02/2014	15 metros

Pre-procesamiento de las escenas

Una vez descargadas las imágenes de los servidores de Internet se empezaron a procesar con el software ArcGis 10.8, en donde se unieron las distintas bandas espectrales que conforman a cada una de las imágenes. Posteriormente las escenas fueron recortadas para la zona del SAR, ello con la finalidad de excluir zonas que no interesan en el análisis.

CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y LOS TIPOS DE USO DE SUELO ACTUALES

Se comenzó por clasificar la imagen del año más reciente (2024); ello con el fin de conocer el paisaje actual ya que teniendo este conocimiento previo es más sencillo interpretar las imágenes de años anteriores. Por tal motivo fue necesario obtener mediante un GPS la localización geográfica de los distintos tipos de vegetación; para lo cual se emplearon todos los puntos recolectados en los muestreos y transectos que se realizaron durante los trabajos de campo al interior del SAR (6 al 18 de mayo y del 30 de septiembre al 11 de octubre del 2024).

Habiendo verificado el tipo de vegetación en campo se cargaron estos puntos en el software ArcMap 10.8 para visualizarlos en conjunto con la imagen de satélite. Mediante ello se pudieron apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó y en cual se identificó la vegetación.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear más puntos en la computadora (sitios de entrenamiento), para realizar la clasificación supervisada. Se crearon un total de 50 sitios de entrenamiento, combinando

entre sí los puntos de verificación en campo y los puntos realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

Posteriormente en el software ArcMap 10.8 se realizó la clasificación supervisada usando la combinación de bandas RGB 4-3-2 (infrarrojo). Se usó el algoritmo de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y se obtuvieron las firmas espectrales de cada sitio de entrenamiento, las cuales permiten diferenciar los objetos en la superficie terrestre (tipos de vegetación) ya que emiten distintos patrones de reflectancia característicos para cada uso del suelo y tipo de vegetación.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o de vegetación. Inmediatamente de ello, la clasificación se convirtió en formato vectorial con la herramienta Raster to polygon, lo que permitió realizarle una minuciosa verificación visual en donde se hicieron correcciones manuales para asegurar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera error. Cabe hacer mención que se eliminaron todas las superficies/polígonos menores a 1 hectárea, ello con la finalidad de aplicarle un refinamiento cartográfico a los datos (mínimo cartografiable).

Adicionalmente, las áreas urbanas y sitios con infraestructura antrópica fueron digitalizados en pantalla sobre la imagen de satélite para posteriormente anexarlos a la clasificación previa.

Para obtener la clasificación supervisada algo que también fue de ayuda es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes (INEGI serie VII) o incluso una aplicación que vincula al SIG ArcMap 10.8 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

Como resultado, se detectaron cuatro categorías, las cuales reflejan los distintos tipos de uso de suelo y vegetación de la zona, mismas que fueron determinadas y sustentadas con trabajo de campo, trabajo de gabinete (Uso de suelo y Vegetación INEGI Serie VII), e interpretación visual sobre la imagen clasificada (*Cuadro 2*).

Cuadro 2. Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo.

TIPO DE VEGETACIÓN/USO DE SUELO
Vegetación secundaria
de Selva baja caducifolia
Agropecuario
Cuerpo de agua

Para mostrar las afectaciones que se realizará a la vegetación del predio se generó una copia de la clasificación del satélite SENTINEL 2A 2024, en donde se le unieron todas las obras que removerán o alteraran la vegetación (área de módulos fotovoltaicos, caminos internos, subestación eléctrica, etc.);

ello con la finalidad de tener una "nueva" clasificación de uso de suelo y vegetación que muestre que las obras del predio ya están construidas (2024 con remociones).

VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO 2014

Después de haber obtenido la clasificación para el año actual (2024) y con la finalidad de generar el uso de suelo del año anterior, fue necesario aplicar un método de clasificación visual interdependiente el cual fue propuesto por la FAO (1996); dicho método consiste en actualizar una fecha específica (final o anterior) partiendo de otra previamente interpretada (inicial o actual). Es decir, al uso de suelo y vegetación más reciente (2024) se le generó una copia para después sobreponerlo sobre la imagen de satélite del año 2014 y a partir de la interpretación visual se modificaron únicamente los límites de los polígonos en los que se apreciaron cambios (*Cuadro 3*).

Cuadro 3. Superficie por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV –2014.

TIPO	AREA KM²	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Agropecuario	195.393	19539.3	68.415
Cuerpo de agua	0.235	23.5	0.082
Urbano-infraestructura	2.506	250.6	0.877
VS Selva Baja Caducifolia	87.464	8746.4	30.625
Total	**285.599**	**28559.9**	**100**

Con el análisis de la información obtenida, se identificó que el SAR en el que se desarrollará el proyecto y sus obras complementarias ya contaba con un proceso histórico de transformación del suelo muy alto, ya que el 68.41 % del SAR corresponde al uso del suelo agropecuario, y al sumarlo con lo clasificado como urbano y de infraestructura, se tiene que el 69.293% del SAR corresponde a áreas impactadas o transformadas por el ser humano.

Por el contrario, considerada en conjunto, la superficie del SAR que presentaría unidades ambientales naturales o que no presenten un deterioro aparente a nivel de imágenes satelitales es solamente de 30.625 % que en este caso corresponden a vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

Esta proporción refleja un intenso uso del suelo en actividades productivas a escala regional. Las superficies y porcentajes de los usos de suelo y unidades ambientales en el sistema en el año 2024 pueden observarse en el *Cuadro 4*.

Cuadro 4. Superficie y porcentaje por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto – Año 2024.

TIPO	AREA KM²	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Agropecuario	201.418	20141.82	70.52
Cuerpo de agua	0.235	23.52	0.08

TIPO	AREA KM²	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Urbano-infraestructura	2.536	253.56	0.89
VS Selva Baja Caducifolia	81.410	8140.95	28.50
Total	**285.599**	**28559.85**	**100**

Detección de cambios y tasa de deforestación

Después de obtener las clasificaciones de uso de suelo de los años 2014 y 2024 estas fueron recategorizadas. El procedimiento para recategorizarlas consiste en agrupar los distintos usos de suelo en dos clases, Cobertura forestal-vegetal y Zona deforestada, quedando de la siguiente manera: (*Cuadro 5*).

Cuadro 5. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo.

USO DE SUELO	CLASE	CÓDIGO
Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia	Cobertura forestal - vegetal	1
Agropecuario	Zona deforestada	2
Cuerpo de agua	Zona deforestada	2
Urbano - Infraestructura	Zona deforestada	2

Posteriormente se utilizó la herramienta Combine en ArcMap 10.8, la cual permitió combinar las distintas clasificaciones entre sí para obtener como resultado final el análisis de cambios multi-temporales; mismos que permiten conocer que transformaciones ha sufrido el SAR y área de influencia del proyecto a lo largo de 10 años (2014-2024).

De la combinación de códigos de las diferentes capas multi-temporales se obtienen cuatro distintas clasificaciones: Cobertura forestal-vegetal sin cambios, Zonas deforestadas sin cambios, Deforestación – Impacto y Regeneración (*Cuadro 6*).

Cuadro 6. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso de suelo.

CÓDIGO AÑO MÁS ANTIGUO	CÓDIGO AÑO MÁS RECIENTE	INTERPRETACIÓN
1	1	Cobertura forestal- vegetal sin cambios
1	2	Deforestación – Impacto
2	2	Zonas deforestadas sin cambios
2	1	Regeneración

Por otra parte, después de haber obtenido las superficies de cada uso de suelo se calculó la tasa de cambio de uso del suelo y vegetación, misma que se estimó con la ecuación propuesta por Palacio-Prieto *et al.,* 2004; la cual es:

$\delta n = (S2/S1)1/n - 1$

Donde:
δn = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)
S1 = superficie forestal, al inicio del periodo
S2 = superficie forestal, al final del periodo
1/n= número de años del período analizado

Cuadro 7. Superficies en Hectáreas y en porcentaje para los distintos usos de suelo en el SAR del proyecto en 2014 y 2024.

UNIDAD	2014 (HA)	% AÑO 2014	2024 (HA)	% AÑO 2024
Agropecuario	195.393	68.415	201.418	70.525
Cuerpo de agua	0.235	0.082	0.235	0.082
Urbano-infraestructura	2.506	0.877	2.536	0.888
VS Selva Baja Caducifolia	87.464	30.625	81.410	28.505
Total	285.599	**100**	285.599	**100**

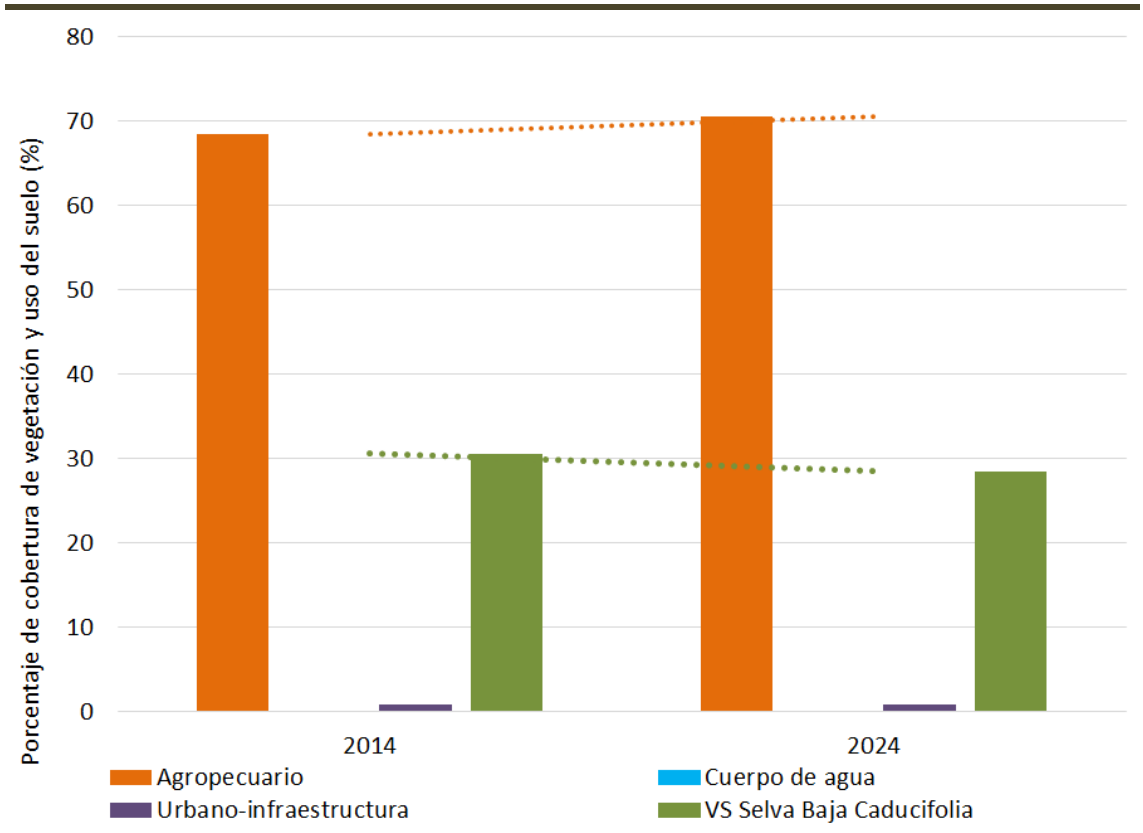


Figura 3. Porcentaje de superficie por vegetación y uso del suelo en el SAR del proyecto 2014 – 2024.

Puede observarse hay una pérdida o decremento apreciable de la única unidad de vegetación natural en el SAR, que es la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que al mismo tiempo hay un incremento también apreciable e inversamente proporcional en la superficie destinada a actividades agropecuarias (*Figura 3* y *Cuadro 8*).

Cuadro 8. Tasas de cambio de uso del suelo para el periodo 2014-2024 en el SAR del proyecto.

TASA DE CAMBIO	2014-2024
Vegetación secundaria (VS) de selva baja caducifolia	-0.715
Agropecuario	0.304
Cuerpo de agua	0.000
Urbano-Infraestructura	0.118

Sin embargo, no existen condiciones ni se espera que se presenten en el corto y mediano plazo, para el incremento significativo en las áreas poblacionales y de infraestructura, y esto puede corroborarse en el mapa de la distribución del cambio del uso del suelo en el periodo 2018-2024 (*Figura 4*).

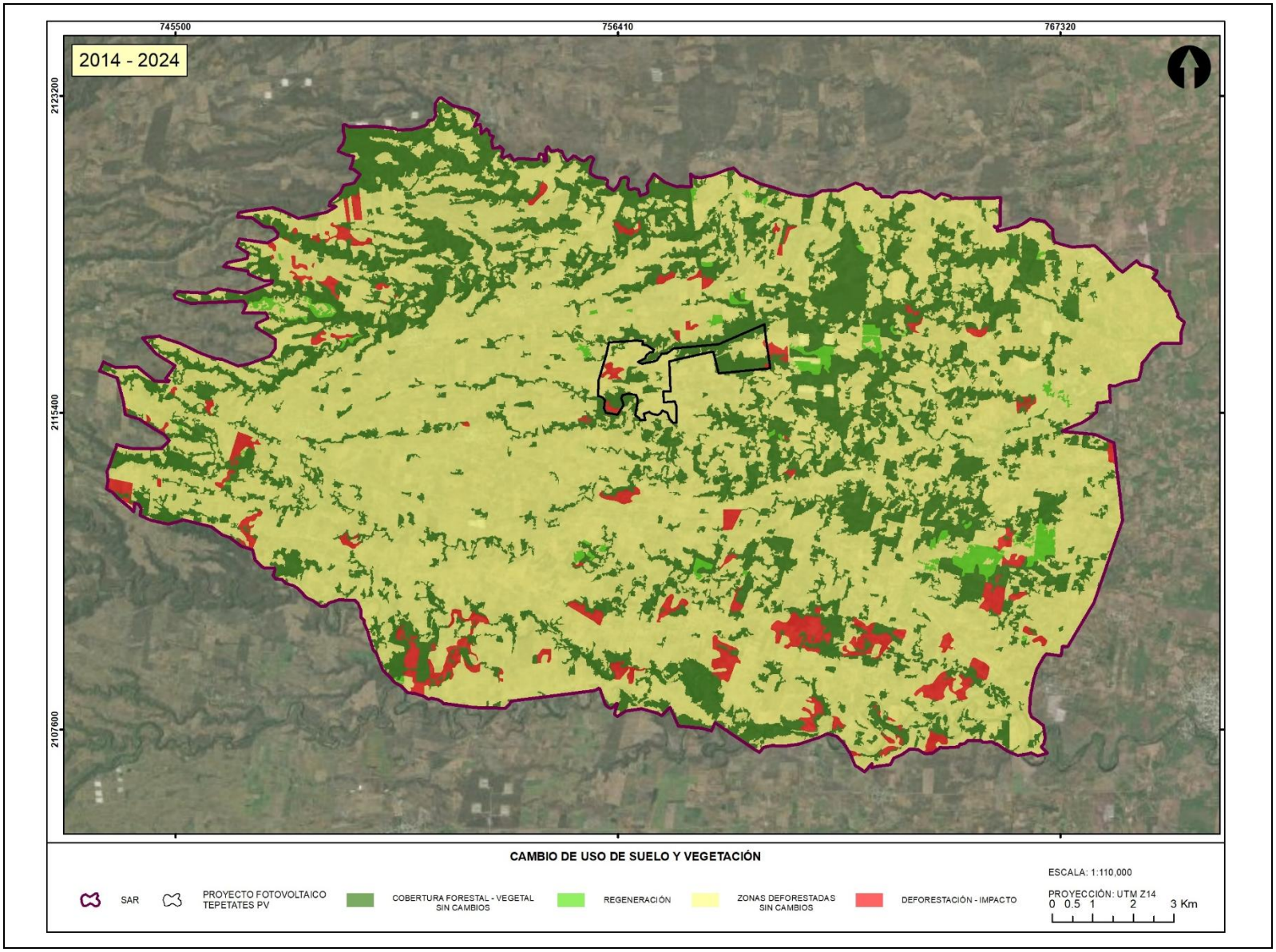


Figura 4. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR del proyecto para el periodo 2014-2024.

Simulación de tendencias actuales con el escenario sin proyecto al año 2060

Con los datos de superficie para cada uno de los usos de suelo, las tasas de deforestación y las unidades ambientales críticas identificadas en el diagnóstico ambiental se realizó la simulación de cambio de uso de suelo para emitir el pronóstico ambiental del escenario sin proyecto, extrapolando la información conocida para obtener un escenario probable a futuro, específicamente hasta el año 2060, considerado una ventana de tiempo representativa en el mediano plazo. Los resultados obtenidos son los siguientes (*Cuadro 9*).

Cuadro 9. Resultados de la modelación de tendencias de cambio de uso del suelo en el SAR para el escenario Sin Proyecto entre 2025 y 2060.

UNIDAD AMBIENTAL	2025		2060 SIN PROYECTO
	SUPERFICIE INICIAL (HA)	PORCENTAJE ACTUAL %	PORCENTAJE FUTURO %
VS Selva baja caducifolia	8140.95	28.50	21.82
Agropecuario	20141.823	70.52	77.19
Cuerpo de agua	23.516	0.08	0.08
Urbano-Infraestructura	253.564	0.89	0.91

En la *Figura 5* se muestra la tendencia de cambio de uso de suelo para el SAR en el escenario sin proyecto, en el que se observa la tendencia lineal desde el año 2025 hasta el año 2060, a partir de la extrapolación ya explicada.

La tendencia ambiental más significativa en el SAR es el incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos, y actividades agropecuarias, en un plazo estimado de 35 años en el futuro sería parte de las tendencias ambientales más generalizadas en el territorio nacional, previa e independientemente al desarrollo del proyecto, aunque con un reducido incremento en el deterioro ambiental, debido a que el uso del suelo ya es ocupado en su mayoría por esas mismas actividades.

Este cambio proyectado indica que, en un plazo de 35 años, la superficie con vegetación secundaria de selva baja caducifolia estaría reduciéndose de un 28.5% actual hasta un 21.82% en 2060, mientras que las superficies destinadas a actividades agropecuarias se incrementarían de un 70.52% actualmente, hasta un 77.19% en 2060.

Se reitera que dicha proyección solamente extrapola los cambios que se observaron en los últimos 10 años en la misma región, considerando la presión de las actividades productivas de la actualidad hacia el futuro en un plazo temporal medio.

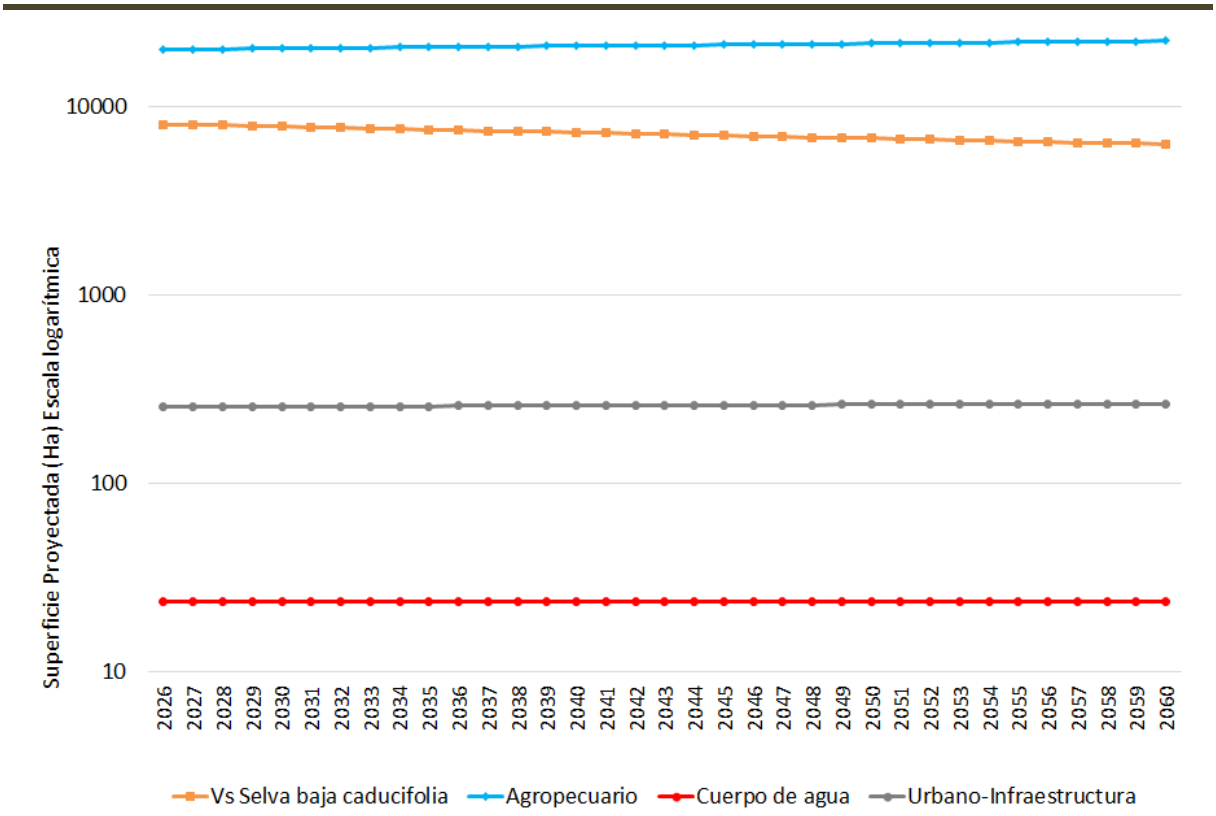


Figura 5. Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario SIN PROYECTO hasta el año 2060.

En el *Cuadro 11* se presenta un resumen de la tendencia por factores ambientales que se considera como el escenario de inserción del proyecto, mostrando las características de deterioro que han podido ser identificadas en el SAR, y que concuerdan con los análisis de modificación de la superficie por tipos de vegetación y uso del suelo.

Cuadro 10. Factores y subfactores ambientales a ser considerados en cuanto a los pronósticos del proyecto.

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
Aire	Calidad del aire	Índice de calidad del aire	%
	Nivel de polvo	Concentración de polvos en el aire	mg/m³
	Confort sonoro	Nivel sonoro	dBA
Geoforma	Relieve	Grado de modificación del relieve	Estimativo
Agua	Calidad fisicoquímica del agua superficial	Índices de calidad del agua	Índice
	Calidad fisicoquímica del agua subterránea	Índice de calidad del agua	Índice
	Disponibilidad de agua	Cantidad recargada	Hm³
	Escorrentía	Flujo escurrido	m³/seg., índice adimensional

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
Suelo	Erosión hídrica y eólica	Pérdida de suelo	%, ppm, g/l
	Contaminación	Grado de contaminación	Tm/ha, año
Flora	Cubierta vegetal	Porcentaje de la superficie vegetal	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional
Fauna	Especies y poblaciones terrestres	Población terrestre afectada	%
	Especies y poblaciones voladoras	Población voladora afectada	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional
	Hábitat faunístico	Hábitat afectado	%
Economía y población	Nivel de empleo	Variación en el nivel de empleo	%
	Economía local	Incremento de ingresos	Millones de $
	Servicios e infraestructura	Longitud relativa de los servicios	Km
	Aceptación social	Índice de aceptación	%
Cultura	Patrimonio cultural	Capital cultural	Diversidad creativa
Paisaje	Visibilidad	Grado de visibilidad	%
	Fragilidad	Grado de fragilidad	%, adimensional
	Calidad escénica	Grado de calidad	%, adimensional

Cuadro 11. Tendencia del SAR sin proyecto.

TENDENCIA DEL SAR SIN PROYECTO			
FACTOR	**SUB-FACTOR**	**SITUACIÓN**	**TENDENCIA**
Aire	Calidad del aire, nivel de polvos	La región no cuenta con monitoreo de calidad del aire, y en las inmediaciones del SAR y del proyecto no hay un sistema permanente de monitoreo para dar seguimiento al tema.	La región tiene una extensa actividad ganadera y de granjas avícolas de alta densidad. Estas últimas son responsables de fuertes malos olores en la región, que se detectan alrededor de las granjas y durante el paso de las unidades pesadas que transportan rejas de gallinas.
Geoformas	Relieve	La geomorfología de la región es relativamente simple, con algunos afloramientos rocosos en el SAR.	Las tendencias de uso del suelo agropecuario no afectan de manera significativa a las geoformas.
Agua	Características fisicoquímicas del agua	Existen algunos escurrimientos temporales y permanentes a nivel de SAR. En el predio del proyecto solamente se observan flujos laminares temporales durante las lluvias.	No existen muchos registros de calidad del agua subterránea, pero los que hay muestran un grado medio de contaminación.
	Infiltración		
	Escurrimiento superficial	Existen altos volúmenes de precipitación en la temporada de lluvias en la región, dando como resultado una alta variación en el volumen de escurrimientos superficiales.	Se presenta un grado variable de contaminación en agua superficial, y se puede inferir algunas afectaciones a largo plazo en la calidad del agua superficial en el SAR.
Suelo	Erosión	La región se caracteriza por tener un intenso uso agrícola, aunque de muy pobre tratamiento para mejorar la productividad.	La tendencia hacia erosión y contaminación del suelo a nivel regional es intensa.
	Características fisicoquímicas (contaminación)	La contaminación del suelo a nivel regional se puede asociar con prácticas como la agricultura.	
Flora	Cubierta vegetal	Pérdida de cobertura y fragmentación la vegetación por el desarrollo agropecuario, principalmente.	El 70.5% del SAR corresponde a áreas impactadas, con usos agropecuarios y granjas avícolas de grandes dimensiones. Independientemente de la construcción o no del proyecto, el SAR ya tiene un elevado grado de transformación y se espera se mantenga dicha tendencia.
	Diversidad de especies	Disminución de especies primarias por la transformación del hábitat.	La disminución de especies primarias depende directamente de la tasa de transformación del hábitat, que es particularmente alta.
Fauna	Especies y poblaciones terrestres y voladoras	Aunque el área de SAR actualmente presenta alto grado de transformación, se tiene que el grado de biodiversidad se puede considerar como medio.	La tendencia elevada de presión a nivel del SAR, debido a las actividades agropecuarias.
	Fragmentación del hábitat faunístico		
Sociedad y economía	Nivel de empleo	La ocupación en la región se concentra en el sector agropecuario.	Toda la región comprendida en el SAR tiene un alto grado de expansión por actividades productivas agropecuarias.
	Economía local	La economía local se basa en las actividades agropecuarias, extensamente representadas a nivel de SAR.	
	Servicios e infraestructura	Nivel medio/bajo de servicios.	Hay una provisión media a baja de servicios en el SAR, asociado al enfoque de las actividades productivas.
Paisaje	Calidad paisajística	Riqueza paisajística baja a nivel del SAR.	Hay un alto grado de deterioro del paisaje en todo el SAR.

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO

A partir de las tendencias de cambio del escenario descrito previamente y sobreponiendo los impactos ambientales relevantes que generará el proyecto a nivel de superficies de ocupación en el sistema ambiental y sin considerar medidas de mitigación, se elaboró una proyección de los potenciales cambios de uso del suelo en el mismo SAR.

Las obras permanentes del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV se realizarán sobre una superficie total de apenas 236.834 ha o 2.36 km^2 (*Cuadro 12*), de las cuales la gran mayoría corresponde a terrenos actualmente dedicados a actividades agropecuarias, específicamente de cultivos maíz con un manejo muy pobre o limitado, que también son usados para la alimentación de ganado con el rastrojo restante del corte de maíz.

De dicha superficie, la fracción con vegetación natural que se afectará corresponde a un área de 56.993 ha (0.569 km^2) de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto de las obras se realizarán sobre terrenos agropecuarios en una superficie de 179.841 ha (1.798 km^2) (*Cuadro 12*).

Cuadro 12. Superficies a ocupar por tipo de cobertura del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV.

TIPO DE COBERTURA	SUPERFICIE	
	HA	KM^2
Vegetación Secundaria (VS) de Selva baja caducifolia	56.993	0.569
Agropecuario	179.841	1.798
Total	236.834	2.368

En total, las obras requerirán una superficie equivalente al 0.829 % de la superficie global del SAR, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental, pero además esa superficie incluye solamente un 0.19% de superficies actualmente ocupadas por vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto del proyecto usará áreas actualmente utilizadas para actividades agropecuarias y de ganadería.

En el *Cuadro 13* se muestra la superficie en hectáreas y el porcentaje de remoción de vegetación o uso de suelo de acuerdo con la misma metodología en el Sistema Ambiental Regional, pero esta vez restando la superficie intervenida por obras a partir de 2025. Se muestra la tendencia de cambio de uso de suelo para el SAR con su variación hasta el año 2060.

Desde el punto de vista del cambio de uso de suelo potencial en la región de estudio, el proyecto no muestra una modificación significativa a las tasas de cambio de uso del suelo existentes. El escenario de partida para la modelación es tan similar, que la cifra resultante y la proyección de las tendencias no muestran modificaciones perceptibles.

Cuadro 13. Modelación de tendencia de cambio de uso del suelo en el SAR, escenario con proyecto y sin medidas de mitigación entre 2025 y 2060.

UNIDAD AMBIENTAL	2024		2060 CON PROYECTO SIN MEDIDAS
	SUPERFICIE INICIAL (HA)	PORCENTAJE ACTUAL %	PORCENTAJE FUTURO %
VS Selva baja caducifolia	8140.95	28.50	21.85
Agropecuario	20141.823	70.52	77.15
Cuerpo de agua	23.516	0.08	0.08
Urbano-Infraestructura	253.564	0.89	0.92

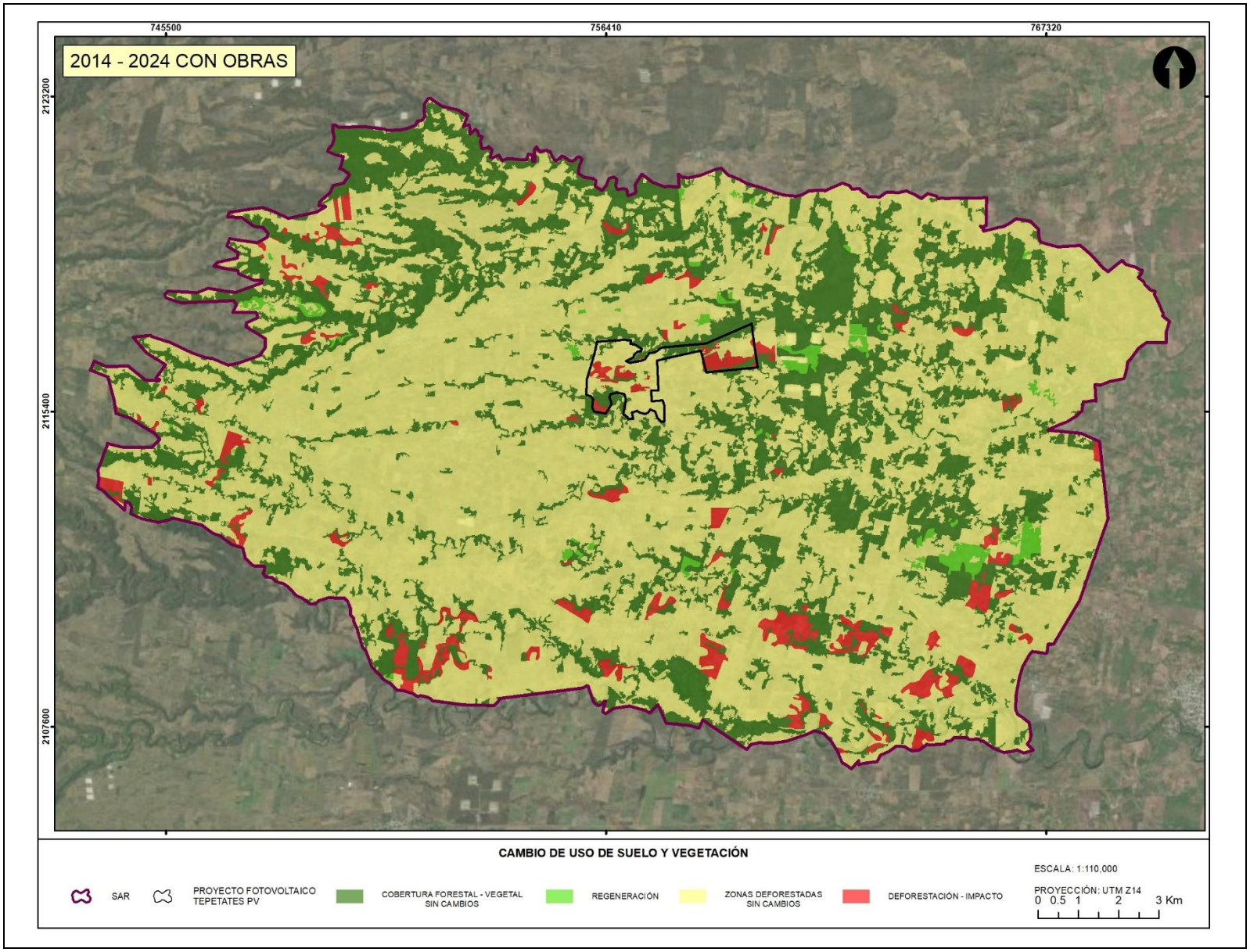


Figura 6. Distribución del cambio de uso de suelo en el predio, considerando la inserción del proyecto.

De acuerdo con las condiciones ambientales del SAR, es posible afirmar que la inserción de la obra en la matriz paisajística provocará cambios muy poco significativos, y que no es posible observar un efecto notable del cambio de uso del suelo en el primer año de la proyección de las tendencias de cambio de unidades ambientales, durante la preparación del sitio y construcción del proyecto, aunque sí se percibe el potencial cambio en la proporción de superficie urbanizada, debido a las actividades agropecuarias inherentes de la región y no en relación con el proyecto (*Figura 7*).

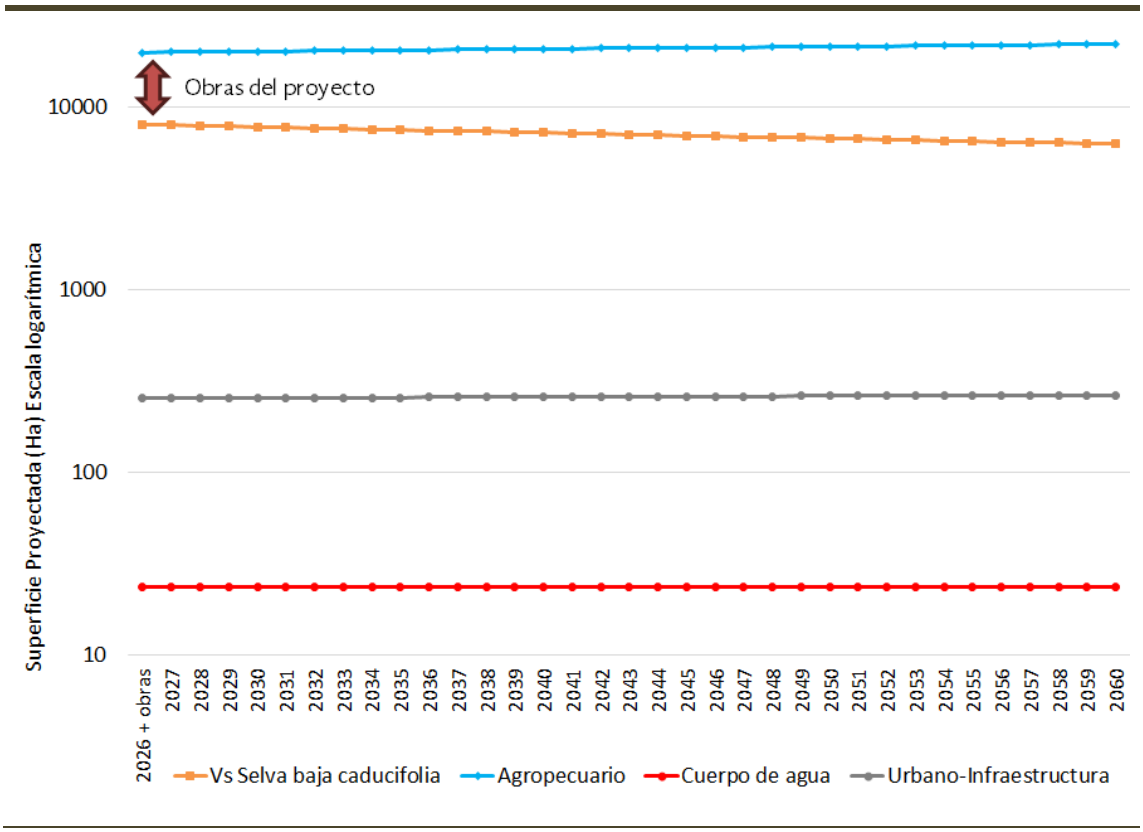


Figura 7. Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario con proyecto y sin medidas de mitigación hasta el año 2060.

Al comparar las cifras de composición porcentual por tipo de vegetación y uso del suelo del último año en ambas proyecciones realizadas: escenario sin proyecto y escenario con proyecto y sin medidas de mitigación, se observa que no hay diferencias significativas entre las superficies finales de vegetación y uso del suelo en ambos casos.

La modificación más importante sigue siendo la reducción pronosticada de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia en cualquiera de los dos escenarios: proyecto sin medidas de mitigación o escenario de tendencia actual sin considerar la introducción del proyecto.

A través del análisis de los aspectos ambientales que pudieran modificarse por proyecto, se considera que ningún aspecto como la calidad del aire o la provisión de agua en cantidad y calidad no se verá

afectada por el proyecto a nivel subcuenca ni predio, de igual manera la captura de carbono y generación de oxígeno realizada por la flora tampoco disminuirá de manera significativa o relevante.

De igual manera la capacidad de recuperación del suelo y amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales que brinda el ecosistema completo, más allá de las tendencias de incremento de la superficie urbanizada que ya se presenta de manera histórica en la región. Este aspecto será regulado mediante la aplicación de las medidas de mitigación y compensación.

Fuera de los aspectos mencionados, el riesgo potencial de afectación a los patrones de erosión no es particularmente significativo en el SAR.

En el *Cuadro 14*, se analizan las potenciales relaciones Causa-Efecto en el SAR del proyecto SIN considerar la implementación de medidas de mitigación que tendría desarrollar el proyecto sin implementar las medidas de mitigación y los programas ambientales ya descritos en el capítulo anterior.

Cuadro 14. Potenciales relaciones Causa-Efecto en el SAR del proyecto SIN considerar la implementación de medidas de mitigación.

ETAPA	ACTIVIDAD	RELACIÓN CAUSA-EFECTO
Preparación del sitio.	Desmonte, Despalme, caminos y obras provisionales.	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se generarán alteraciones en el relieve debido al retiro de vegetación y movimiento de tierras, aunque estas ocurrirán en áreas agropecuarias.
		• Se podría incrementar el riesgo de erosión al sufrir modificaciones en la estructura y composición del suelo. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Sin medidas de mitigación, se podría modificar el patrón de drenaje natural. • Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea. • Debido al retiro de la vegetación se podrá alterar el porcentaje de infiltración en la superficie afectada, así mismo, por el desplante de infraestructura que modifique la permeabilidad del suelo y se refleje en los porcentajes de filtración.
		• Sin afectación a la vegetación, debido a que el proyecto ocupará áreas actualmente de ganadería. • Durante las actividades de desmonte hay un mínimo riesgo de afectación a fauna.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos durante la construcción del proyecto.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. • Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.
		• La pérdida de vegetación y otros componentes ambientales, disminuye el aprovechamiento y bienes que la población obtiene de los servicios naturales.
		• Se ocasionarán cambios poco relevantes en el paisaje actual.
Construcción	Derecho de vía	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá generar alteraciones en el relieve debido al retiro de vegetación y movimiento de tierras.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.

ETAPA	ACTIVIDAD	RELACIÓN CAUSA-EFECTO
		• La pérdida de vegetación y otros componentes ambientales, disminuye el aprovechamiento y bienes que la población obtiene de los servicios naturales.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
	Nivelaciones del terreno	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá generar alteraciones en el relieve debido al retiro de vegetación y movimiento de tierras.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podría modificar el patrón de drenaje natural. • Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
	Campamentos/ Edificios	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. • Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.
		• Se ocasionarán cambios poco significativos en el paisaje actual.
	Cimentaciones (Subestación)	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.

ETAPA	ACTIVIDAD	RELACIÓN CAUSA-EFECTO
		• Se podría modificar el patrón de drenaje natural. • Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
	Instalación de paneles	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá generar alteraciones en el relieve debido al retiro de vegetación y movimiento de tierras.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podría modificar ligeramente el patrón de drenaje natural. • Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
	Subestación eléctrica	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podría modificar el patrón de drenaje natural. • Durante la operación de la maquinaria y de las actividades para el desarrollo de la obra pueden ocurrir derrames de combustibles o aceites, así como la incorrecta disposición de residuos sólidos urbanos, generando riesgo de contaminación para el agua subterránea.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos.

ETAPA	ACTIVIDAD	RELACIÓN CAUSA-EFECTO
		• Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. • Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
	Montaje de L.E.E.	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones en su estructura y composición. • Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. • Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
Operación y Mantenimiento	Pruebas funcionales	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
	Puesta en operación	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. • Se generarán acciones de mantenimiento a caminos de uso común, así como el desarrollo de otros servicios que beneficien de manera mutua a la población y el proyecto.
		• Se ocasionarán cambios en el paisaje actual.
	Mantenimiento de infraestructura	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.

ETAPA	ACTIVIDAD	RELACIÓN CAUSA-EFECTO
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
	Mantenimiento de caminos	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos.
Desmantelamiento y Restauración	Retiro de instalaciones	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• El retiro de la infraestructura permitirá recuperar las características naturales de drenaje, infiltración y disminuirá la posibilidad de contaminación por generación de residuos sólidos urbanos.
		• Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. • Se podrá afectar la distribución de las especies a causa de los atropellamientos. • El retiro de la infraestructura permitirá la restitución de sitios de refugio, anidación y alimentación para la fauna silvestre.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
	Plan de restauración	• La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria y herramienta generará ruidos.
		• Las actividades de restauración permitirán la restitución del suelo, disminuyendo la presión en la estructura del mismo y por lo tanto su modificación.
		• Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.
		• Las actividades de restauración como la reforestación, permitirá la restitución de los porcentajes de infiltración en un estado previo al proyecto.
		• Las actividades de restauración como la reforestación permitirán recuperar la vegetación de manera gradual, lo que traerá la recuperación de los servicios ecosistémicos.
		• Las actividades de restauración permitirán generar las características ecológicas necesarias para el establecimiento de la fauna silvestre ahuyentada o desplazada por el desarrollo del proyecto.
		• Se requerirá de personal, por lo que se generarán empleos. • Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.
		• La restitución de la vegetación como parte de las actividades de restauración, restablecerá las actividades de aprovechamiento de la población con los recursos naturales.
		• El Plan de restauración generará las condiciones del sitio previo al desarrollo del proyecto, restableciendo la calidad visual y paisajística.

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Partiendo del resultado de que las dos proyecciones previas sobre cambio de uso del suelo en los escenarios sin proyecto y con proyecto sin medidas de mitigación son virtualmente idénticas, para el tercer escenario ya no se plantea una proyección de tendencias, sino la propuesta conceptual para generar elementos de planeación y desarrollo que permitan no solamente que el proyecto se realice con los menores impactos, sino que se permita tener un efecto positivo en el entorno, coadyuvando a ordenar y mejorar el escenario ambiental en que se inserta.

De acuerdo con la información obtenida como parte del diagnóstico ambiental (capítulo IV) así como los impactos evaluados (capítulo V), se considera que el escenario base del SAR ya cuenta con cierto grado de transformación, y que las potenciales afectaciones pueden ser mitigadas y compensadas con relativa facilidad, ya que han sido claramente identificadas.

Se evitarán los impactos ambientales negativos mediante la correcta implementación de las medidas de mitigación establecidas en el capítulo VI de esta MIA. En algunos casos, las medidas pueden generar sinergia en más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia. Las medidas serán supervisadas adecuadamente y de manera constante en el tiempo que sean aplicadas durante las diferentes etapas del proyecto, esto se llevará a cabo mediante el programa de vigilancia ambiental.

La aplicación sistemática y eficiente de las medidas de mitigación descritas en el capítulo VI permitirá de manera directa prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales pronosticados. Las medidas pueden generar sinergia en la contención de más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia en los resultados, para lo que se requiere contar con una adecuada supervisión ambiental. Estas relaciones de sinergia y de atención directa por las medidas sobre los impactos potenciales pueden representarse en algunos de los esquemas que se muestran más adelante.

En términos generales, se pronostica que los impactos que pudieran ocurrir durante el desarrollo del proyecto durante la preparación del sitio y construcción tendrán un efecto poco significativo en áreas con cobertura vegetal destinadas para el establecimiento de obras temporales y permanentes, así como las actividades relacionadas con la presencia del personal y la generación de residuos.

En la *Figura 8* se puede observar la forma de interacción entre las medidas y los impactos, que de cumplirse como están establecidas, la situación potencialmente negativa de afectación será revertida por la aplicación de las medidas de mitigación.

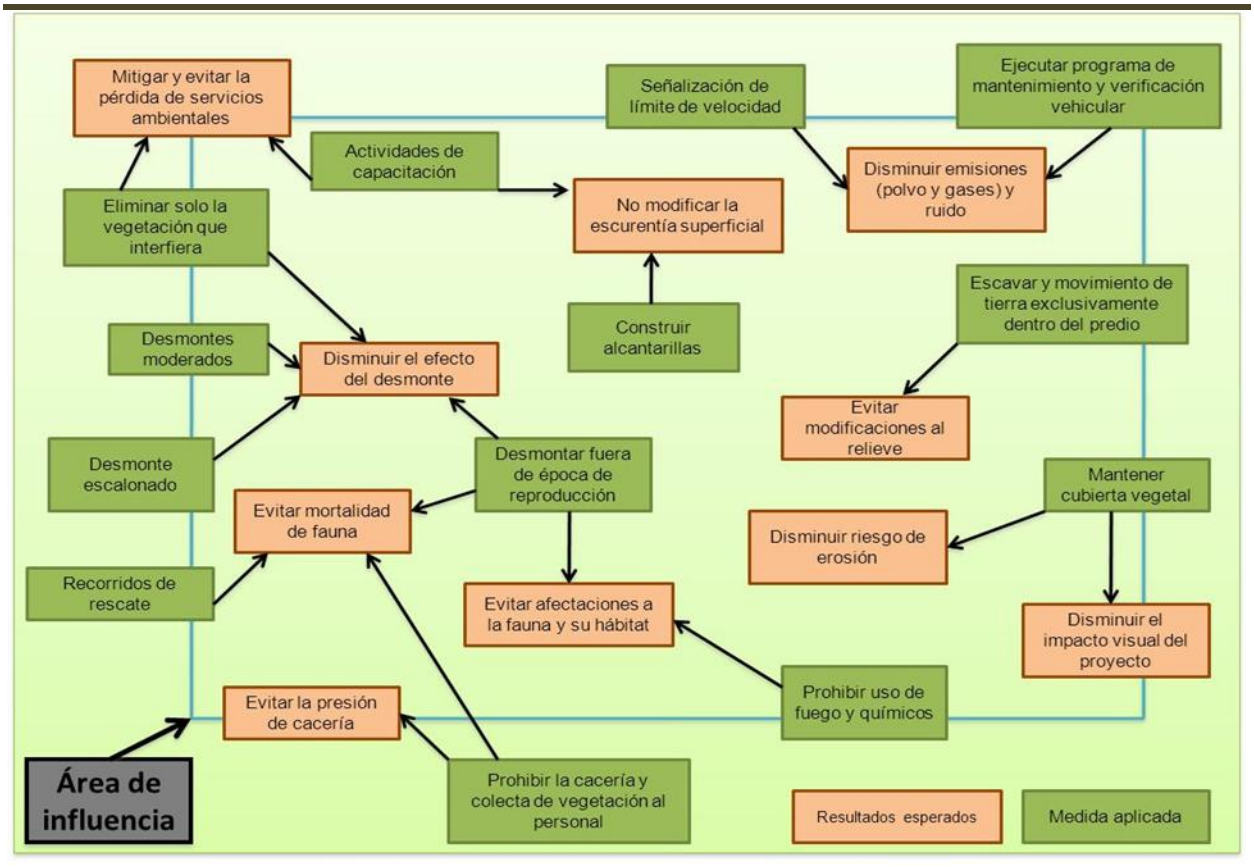


Figura 8. Ejemplo de relaciones causales entre impactos mitigados y sus medidas en la etapa de preparación del sitio y construcción.

Para el desarrollo de este escenario se deberán considerar las medidas de mitigación propuestas y también las medidas de compensación por los impactos residuales, destacando las mejoras que pudiera presentar la región en estudio la implementación de estas. Las medidas propuestas para los impactos asociados al cambio de uso del suelo actuarán de manera directa disminuyendo la presión al colocar señalización que prohíbe ese tipo de actividades al personal del proyecto, así como las pláticas que el responsable pudiera impartir al mismo personal.

Se llevarán a cabo programas ambientales específicos dentro del Programa de Vigilancia Ambiental, en los que se incluyen acciones para la capacitación del personal, así como la señalización del límite máximo permisible de velocidad.

En cuanto a la generación de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos los posibles impactos serán reducidos ya que se aplicarán estrictamente las medidas de mitigación correspondientes, así como lo estipulado en la normativa ambiental mexicana aplicable descrita en el capítulo III. En la *Figura 9* se muestran las acciones que funcionan como eje para el cumplimiento de esa misma normativa.

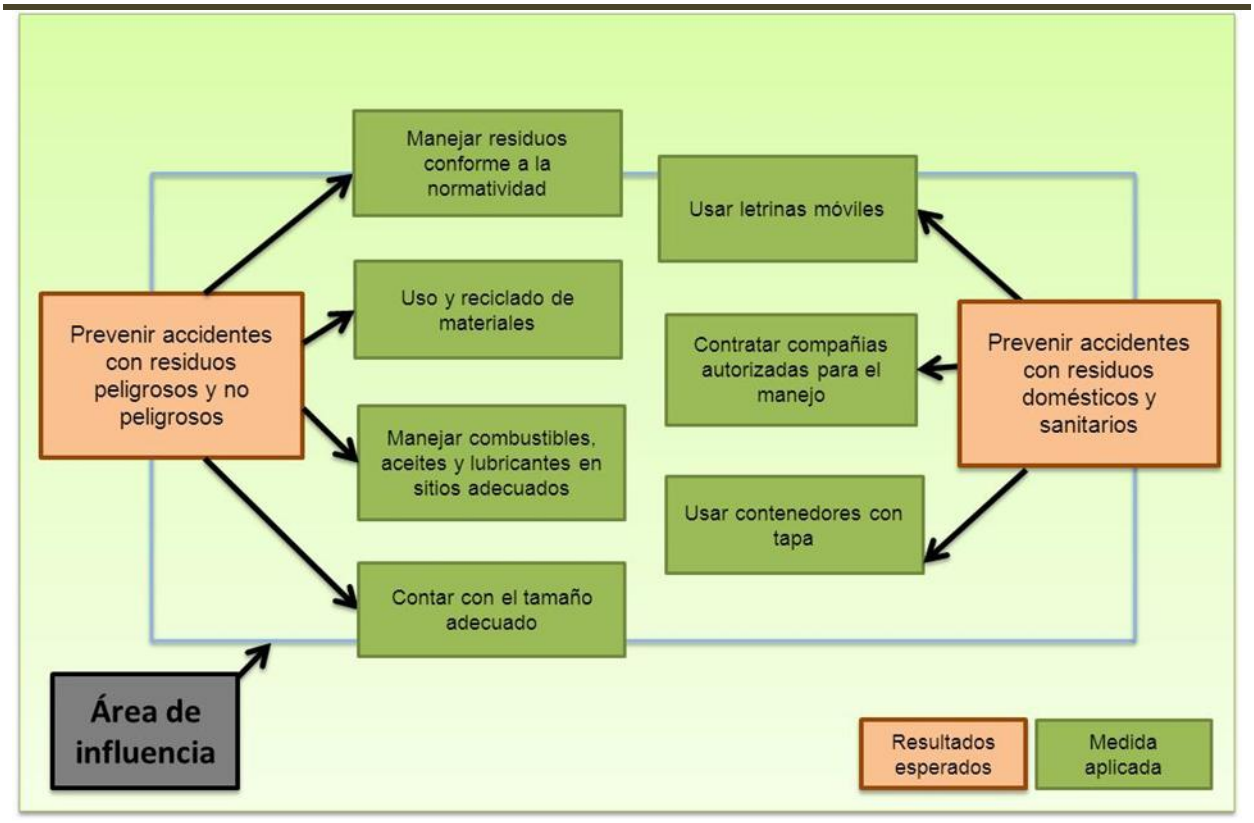


Figura 9. Ejemplo de relaciones causales entre impactos esperados y medidas propuestas relacionadas a los residuos generados por el proyecto.

Es importante señalar que, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la contratación de mano de obra no calificada y la derrama económica focalizada que implica la presencia de personal en las inmediaciones del área del proyecto generarán un impacto social positivo.

El personal calificado contratado (técnico y operativo) contará con capacitación para realizar de manera adecuada sus actividades. Dicha acción será vigilada mediante el programa correspondiente, así como a través el supervisor ambiental de la obra, especialista en materia ambiental.

Los impactos ambientales se verán limitados y contenidos al SAR ejecutando la correcta aplicación de las medidas de mitigación y control, además de las de prevención y compensación. Los componentes o factores en los que se centra dichas medidas son las siguientes:

- Aire
- Geoformas
- Agua
- Suelo

- Flora
- Fauna
- Sociedad y Economía
- Cultura
- Paisaje

En el *Cuadro 15*, se analizan los efectos positivos de la implementación de las medidas de mitigación y de los programas ambientales, los cuales se considera que pueden tener incluso un efecto regulador u ordenador sobre los procesos que implican un deterioro ambiental actualmente.

Cuadro 15. Tendencia del SAR con el proyecto implementando medidas de mitigación.

TENDENCIA DEL SAR SIN PROYECTO			
FACTOR	**SUB-FACTOR**	**SITUACIÓN**	**TENDENCIA**
Aire	Calidad del aire, nivel de polvos	La región no cuenta con monitoreo de calidad del aire, y en las inmediaciones del SAR y del proyecto no hay un sistema permanente de monitoreo para dar seguimiento al tema.	Aún sin contar con un monitoreo específico, se sabe que hay una calidad del aire afectada por las emisiones de las granjas avícolas. Considerando la implementación de las medidas de control y mitigación de emisiones de gases y partículas suspendidas, no se modificarán las tendencias por la implementación del proyecto.
Geoformas	Relieve	La geomorfología de la región es relativamente simple, con pocos afloramientos rocosos en el SAR.	El proyecto no implica un cambio significativo en los elementos del relieve, ya que no se requiere la implementación de taludes.
Agua	Características fisicoquímicas del agua	Existen algunos escurrimientos temporales o de flujo laminar en el predio del proyecto. A nivel de SAR se presentan numerosas corrientes acentuadas en lluvias.	El proyecto no tiene requerimientos de agua, ni implica manejo de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas. Los paneles solares no implican una interrupción al ciclo hidrológico y no se afectará la infiltración del agua al subsuelo.
	Infiltración		
	Escurrimiento superficial	Existen altos volúmenes de precipitación en la temporada de lluvias en la región, dando como resultado una alta variación en el volumen de escurrimientos laminares superficiales.	Los paneles no cambiarán el volumen de aporte por precipitación. Se evitará la formación de corrientes que incrementen la erosión laminar. Se asegurará que exista una adecuada infiltración del agua hacia el suelo.
Suelo	Erosión	La región se caracteriza por tener un intenso aprovechamiento del recurso edafológico, con un pobre manejo del mismo.	La tendencia hacia la erosión y contaminación del suelo a nivel regional es fuerte, aunque ningún elemento del proyecto incrementará dicha tendencia, ya que los propios paneles estarían reduciendo el efecto erosivo. Las medidas de mitigación asegurarán que no se presenten derrames que puedan alcanzar el manto freático.
	Características fisicoquímicas	La contaminación del suelo a nivel regional se puede asociar con la agricultura y la ganadería.	
Flora	Cubierta vegetal	Pérdida de cobertura y fragmentación la vegetación por el desarrollo agropecuario, principalmente.	No se requiere el cambio de uso de suelo y vegetación con el proyecto, debido a que se usarán terrenos de ganadería.
	Diversidad de especies	Disminución de especies primarias por la transformación del hábitat.	La disminución de especies primarias depende directamente de la tasa de transformación del hábitat, que no es particularmente elevada.
Fauna	Especies y poblaciones terrestres y voladoras	Aunque el área de SAR actualmente presenta alto grado de transformación, se tiene que el grado de biodiversidad se puede considerar como medio.	Algunas especies de fauna podrían disponer de sitios de refugio temporal debido a la presencia de los paneles fotovoltaicos.
	Fragmentación del hábitat faunístico		
Sociedad y economía	Nivel de empleo	La ocupación en la región se concentra en el sector agropecuario.	Existirá una derrama económica temporal durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto.
	Economía local	La economía local se basa en las actividades agropecuarias, extensamente representadas a nivel de SAR.	
	Servicios e infraestructura	Nivel medio a bajo de servicios.	
Paisaje	Calidad paisajística	Riqueza paisajística media a baja a nivel del SAR.	Desde el punto de vista paisajístico, el proyecto no tendrá incidencia relevante en la región.

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

A partir de los tres escenarios ambientales que se han presentado, es posible observar que en el Sistema Ambiental Regional en el que se insertará el proyecto NO se presenta una tendencia histórica aguda de cambio de uso del suelo. Al mismo tiempo, al modelar la intervención de la superficie por el desarrollo de las obras del proyecto, no se observa un cambio significativo en esa tendencia.

No existen procesos que permitan inferir en afectaciones o modificaciones crónicas y/o críticas hacia el tema de la calidad del agua superficial, subterránea o respecto a las posibles alteraciones en los patrones de infiltración del agua. El proyecto no producirá cambios cuantificables en la cantidad y calidad de agua captada e infiltrada, y por lo tanto no se afectarán a los potenciales escurrimientos superficiales.

Las obras permanentes del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV se realizarán sobre una superficie total de apenas 236.834 ha o 2.36 km^2, de las cuales la gran mayoría corresponde a terrenos actualmente dedicados a actividades agropecuarias, específicamente de cultivos maíz con un manejo muy pobre o limitado, que también son usados para la alimentación de ganado con el rastrojo restante del corte de maíz. De dicha superficie, la fracción con vegetación natural que se afectará corresponde a un área de 56.993 ha (0.569 km^2) de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto de las obras se realizarán sobre terrenos agropecuarios en una superficie de 179.841 ha (1.798 km^2).

En total, las obras requerirán una superficie equivalente al 0.829 % de la superficie global del SAR, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental, pero además esa superficie incluye solamente un 0.19% de superficies actualmente ocupadas por vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto del proyecto usará áreas actualmente utilizadas para actividades agropecuarias, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental.

Con la introducción del proyecto sin implementar las correspondientes medidas de mitigación, se espera que el SAR continúe con su dinámica actual, sin cambios significativos a los actuales procesos de deterioro. Los componentes naturales del sitio continuarán con las tendencias observadas y descritas, con un cambio poco apreciable en términos de composición porcentual de los tipos de uso del suelo y vegetación, mientras que se presentaría un beneficio en los aspectos socioeconómicos por la derrama obtenida a partir del proyecto.

Finalmente, la introducción del proyecto en conjunto con la serie de medidas de mitigación y programas ambientales específicos se espera que llegue a tener incluso un efecto ordenador en el entorno. El desarrollo del Proyecto no implicará un cambio negativo significativo desde el punto de vista de los pronósticos ambientales en la región en que se desarrollará, ni se modificarán de manera las actuales tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos y de las actividades productivas y de la región, más allá de la actual tasa de expansión que ya se presenta de manera histórica.

Sin embargo, para garantizar que no se modifiquen dichas tendencias con la introducción del proyecto, se establecen una serie de programas ambientales específicos, coordinados a través de un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) ejecutado por un experto en la materia.

Programa de vigilancia ambiental

Como eje de implementación de las medidas de mitigación, se diseñó el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, que asegurará que las medidas correctivas sean llevadas a cabo de acuerdo con la normatividad ambiental (leyes, normas oficiales, reglamentos, política ambiental de la empresa, resoluciones, etc.). Las cinco líneas estratégicas generadas para este sistema de cumplimiento se organizan en forma de programas específicos ambientales que se enumeran a continuación:

1. Programa de Rescate y Ahuyentamiento de Fauna Silvestre
2. Programa de Conservación y Restauración de Suelos
3. Programa de Protección y Conservación de la Vegetación
4. Programa de Manejo Integral de Residuos
5. Programa de Monitoreo de Aves y Murciélagos

Los objetivos generales del PVA incluyen:

a) Vigilar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales de los distintos participantes de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento,

b) Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto propuestas en la MIA-R del proyecto; y,

c) Vigilar el estado de salud ambiental de los ecosistemas y recursos en el trazo propuesto, así como en las áreas adyacentes al mismo.

La autoridad ambiental señalará, en el resolutivo correspondiente, las características, frecuencia de entrega de informes y otros aspectos relativos al cumplimiento y desempeño de los programas ambientales específicos aquí propuestos, para que el responsable de la vigilancia ambiental y el equipo y personal especializado en la ejecución de estos pueda programar y calendarizar actividades puntuales.

En el apartado siguiente se presentan las medidas de mitigación a las que se estará dando seguimiento a través del Programa de Vigilancia Ambiental, así como sus indicadores de realización, efectos y comprobaciones, que se estarían agregando a los programas ambientales propuestos específicamente para mitigar y compensar los potenciales impactos producidos por el proyecto.

Seguimiento y control

Para el funcionamiento del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se diseñará el desarrollo de mecanismos de control que permitan verificar el cumplimiento en materia ambiental. En este sentido, el PVA, contempla la elaboración de una serie de fichas de seguimiento de la calidad ambiental, que contemplan las medidas de mitigación propuestas, según la información descrita en el capítulo VI de este documento.

Las medidas de mitigación serán ejecutadas en tiempo y forma para cumplir con los requerimientos que la autoridad ambiental establezca por medio del resolutivo correspondiente. Por lo tanto, se recomienda el diseño e implementación de acciones de seguimiento que contengan todas las medidas de control, prevención y mitigación de forma sistematizada y calendarizada, así como el monitoreo de los indicadores ambientales y la aplicación de las condicionantes y términos establecidos en el resolutivo. Para lograr lo anterior las autoridades ambientales en México pueden requerir a la empresa desarrolladora que se realice uno o varios de los siguientes Programas o Informes:

- El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) deberá ser autorizado por la SEMARNAT para su implementación con las metodologías a emplear y los mecanismos para evaluación de su cumplimiento y efectividad.

- Se elaborarán informes con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental, que se deberán integrar para demostrar que, con la aplicación de las medidas propuestas, se mitigaron o previeron los impactos ambientales que pudieran presentarse por la realización del Proyecto. Dichos informes deberán incluir la evidencia gráfica y los argumentos técnicos científicos que el o los ecosistemas presentan, por lo menos las mismas condiciones ambientales con las que fueron evaluados.

El seguimiento del programa se realizará mediante la coordinación entre el asesor de campo y la empresa o institución responsable del programa que se encargará de realizar visitas periódicas al área del proyecto, para verificar el cumplimiento del Programa. Para llevar a cabo este seguimiento es necesaria la presencia de un asesor de campo residente en el sitio de obra, que realice las siguientes funciones:

Inspección rutinaria diaria en los diferentes frentes de la obra, a efecto de vigilar el cumplimiento de compromisos en materia ambiental, en las diferentes actividades que se realicen en la preparación del sitio y construcción del proyecto. La inspección se debe centrar, entre otros, en los siguientes aspectos:

1. El seguimiento se deberá realizar con el apoyo de las fichas y los programas derivados del PVA.
2. Revisar la documentación existente en materia ambiental que tenga relación con el Proyecto.
3. El asesor de campo debe contar con amplio conocimiento de los documentos y permisos en materia de medio ambiental.

4. Vigilar el cumplimiento de las medidas de mitigación emitidas en la MIA, términos y condicionantes del Resolutivo.
5. Programar reuniones de carácter ambiental con los contratistas involucrados.
6. Apoyar a los contratistas en la capacitación de sus trabajadores en aspectos relacionados con la protección ambiental.
7. Emisión de opiniones técnicas fundamentadas en la normativa ambiental, leyes, reglamentos, que tengan relación con el Proyecto.
8. Elaboración de informes de las actividades en materia ambiental, apoyando con evidencias escritas y fotográficas.
9. Estar en comunicación constante con el supervisor de la empresa responsable del Proyecto, e informar de cualquier situación que ponga en riesgo el equilibrio ecológico del lugar.

Uno de los puntos importantes para el funcionamiento adecuado del PVA, es contar con un mecanismo de control que permita la comunicación entre cada uno de los participantes, por lo que se pretende:

- Contar con mecanismos de captura, catalogación, almacenamiento, recuperación y manipulación de insumos documentales referentes a la MIA, leyes ambientales, normatividad, necesidades de calidad, entre otras.
- Administrar los elementos de información necesarios para la correcta ejecución de las medidas de mitigación en los elementos ambientales correspondientes.
- Integrar herramientas para la planeación, seguimiento y evaluación de la vigilancia del conjunto de medidas de mitigación ambientales relativas al Proyecto.
- Mantener actualizada la información relativa al Proyecto mediante la elaboración de reportes, informes, anexos fotográficos, formatos de vigilancia, oficios, etc. requeridos durante la supervisión del Proyecto.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV se ubicaría en un área óptima para la obtención de energía por medio de una fuente alternativa, totalmente renovable y de bajo impacto ambiental como es la radiación solar. Considerando la topografía de la región, y desde el punto de vista ambiental, el sitio seleccionado para el proyecto cumple con una serie de características que lo hacen óptimo en el sentido de que no se afectarán ecosistemas con valores de biodiversidad muy elevados, debido a que se trata en su totalidad de terrenos de uno agropecuario con un pobre manejo.

CONCLUSIONES SOBRE LOS PRONÓSTICOS AMBIENTALES

El Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV será desarrollado en una región con una alta tasa de transformación del suelo, que utilizará en su totalidad terrenos que actualmente se usan para la ganadería dentro del Sistema Ambiental Regional, en sitios con un pobre manejo del recurso edafológico, es decir, con una alta tasa de erosión.

De acuerdo con las modelaciones realizadas, se espera que las tendencias de cambio de uso de suelo en el SAR sigan trayectorias similares al curso actual, independientemente de la implementación o no del proyecto. Esto significa que se considera que las tendencias de desarrollo prexistentes no serán significativamente modificadas por el proyecto.

El Sistema Ambiental Regional en el que se desarrollará el proyecto cuenta con un alto grado de transformación. Con el análisis de dichos usos de suelo durante el diagnóstico ambiental, se observó que 201.42 km^2, equivalente al 70.52 % del SAR corresponde al uso del suelo agropecuario, seguido de unos 81.41 km^2 de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, equivalente al 28.50 % del SAR.

Las obras permanentes del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV se realizarán sobre una superficie total de apenas 236.834 ha o 2.36 km^2, de las cuales la gran mayoría corresponde a terrenos actualmente dedicados a actividades agropecuarias, específicamente de cultivos maíz con un manejo muy pobre o limitado, que también son usados para la alimentación de ganado con el rastrojo restante del corte de maíz. De dicha superficie, la fracción con vegetación natural que se afectará corresponde a un área de 56.993 ha (0.569 km^2) de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto de las obras se realizarán sobre terrenos agropecuarios en una superficie de 179.841 ha (1.798 km^2).

En total, las obras requerirán una superficie equivalente al 0.829 % de la superficie global del SAR, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental, pero además esa superficie incluye solamente un 0.19% de superficies actualmente ocupadas por vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto del proyecto usará áreas actualmente utilizadas para actividades agropecuarias, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental.

Comparando los escenarios ambientales analizados (sin proyecto, con proyecto sin implementar medidas de mitigación y con proyecto implementando las medidas propuestas), no se prevé que el desarrollo del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV pueda implicar o representar un incremento o modificación significativa en la tasa de cambio de uso del suelo históricamente registrada a nivel regional.

VII.5 CONCLUSION GENERAL

De acuerdo con los resultados obtenidos de la identificación de los impactos y su valoración, se identificaron 20 impactos ambientales, de los cuales 17 son de naturaleza adversa, mientras que tres (3) son de naturaleza positiva.

Las acciones que tuvieron mayor importancia respecto a los impactos generados fueron: el desmonte, el despalme, en la etapa de preparación del sitio. Para la etapa de construcción y el hincado de postes, en cuanto a orden de afectación. Finalmente, para la etapa de operación y mantenimiento, fue el mantenimiento preventivo y correctivo fueron considerados como las acciones de mayor importancia respecto a los impactos; sin embargo, se deben considerar aquellos referentes a la etapa de abandono, en donde el desmantelamiento y restauración generarán impactos positivos al ecosistema.

Los componentes ambientales que mayor impacto recibirán con el desarrollo del proyecto y considerando las acciones arriba mencionadas, serán: Fauna y Paisaje en los que se espera sucedan efectos residuales, así como impactos de adición o acumulativos.

En este caso podemos concluir que, si bien el impacto más significativo sería el correspondiente a la avifauna, el Proyecto se pretende establecer en un área que no presenta trayectorias directas de vuelo en cuanto a aves migratorias que puedan considerarse fijas.

Sin embargo, es importante implementar medidas como monitoreos biológicos para aportar mayor información sobre fenómenos como la migración y las especies acuáticas, siendo estas últimas uno de los grupos de avifauna mayor afectados por este tipo de desarrollos. Esto es particularmente importante en el caso de la presencia de aves residentes y migratorias de menor tamaño como las passerinas que vuelan a menor altura y son más vulnerables, además de considerar su presencia de manera permanente en el caso de las especies residentes.

Los impactos positivos están relacionados con la población y su economía, ya que el Proyecto contempla la generación de empleos y servicios que permitirán a las localidades percibir los beneficios que el desarrollo del Proyecto trae, así también ser vigilantes de aquellas acciones que puedan poner en riesgo a la población y el ecosistema.

Finalmente, un gran porcentaje de los impactos identificados durante la etapa de preparación del sitio y construcción, serán temporales, reversibles y mitigables por lo que se espera que la inserción del Proyecto no cause efectos adversos a largo plazo y que puedan poner en riesgo la integridad y funcionalidad del ecosistema. Los impactos residuales y acumulativos serán atendidos bajo las mejores estrategias que se han propuesto en este documento y que consideran experiencias de otros proyectos similares.

Se considera que los impactos ambientales potenciales del proyecto serán de magnitud limitada, en su mayoría de tipo temporal durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, y que podrán ser amortiguados y compensados a través de la implementación de las medidas de mitigación presentadas en el capítulo VI, así como por el desarrollo del programa de vigilancia ambiental y de los programas ambientales específicos propuestos.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera que el Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV es viable desde el punto de vista ambiental, y se prevé que sus potenciales impactos podrán ser mitigados con la participación de los contratistas y de los prestadores de servicios de gestión ambiental para la vigilancia del cumplimiento de condicionantes y especificaciones, y con la implementación de las acciones y medidas de mitigación que se indiquen en el resolutivo que emita la autoridad ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. (1a ed.). Roma, Italia: FAO Forestry Paper.

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velásquez Montes A., Chias Becerril L., Ortíz Álvarez M. L., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales G. J., Márquez Huitzil R. 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEMARNAT-INE-UNAM, México, DF.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



[redacted]

CONTENIDO

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL 1
VIII.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN 1
VIII.1.1 CARTOGRAFÍA 1
VIII.1.2 FOTOGRAFÍAS 3
VIII.1.3 VÍDEOS 3
VIII.2 OTROS ANEXOS 3
VIII.2.1 LISTADOS FLORÍSTICOS Y FAUNÍSTICO 3
VIII.2.2 DOCUMENTOS LEGALES 3
VIII.2.3 RESULTADOS DE LABORATORIO 3
VIII.2.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS Y/O TRABAJOS DE CAMPO 3
VIII.2.5 EXPLICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS 3
VIII.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS 4
VIII.4 BIBLIOGRAFÍA 10
VIII.4.1 VINCULACIÓN 10
VIII.4.2 CLIMA 11
VIII.4.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 12
VIII.4.4 EDAFOLOGÍA 12
VIII.4.5 HIDROLOGÍA 12
VIII.4.6 VEGETACIÓN 12
VIII.4.7 FAUNA 13
VIII.4.8 PAISAJE 22
VIII.4.9 DIAGNÓSTICO 22
VIII.4.10 IMPACTOS 23
VIII.4.11 MEDIDAS DE MITIGACIÓN 24
VIII.4.12 PRONÓSTICOS AMBIENTALES 24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Raster.* _____ *1*
Cuadro 2. *Vector.* _____ *2*

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

VIII.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se mencionan los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del **Proyecto Eólico Tepetates PV.**

VIII.1.1 CARTOGRAFÍA

Los planos de las obras a realizar en este proyecto (arreglo de la obra y aspectos técnicos de construcción) se encuentran en el Capítulo II y en el Anexo Cartográfico. La información vectorial y raster utilizada en este trabajo se describe a continuación (*Cuadro 1* y *Cuadro 2*):

Cuadro 1. Raster.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) V 3.0 escala 1:50,000	Son archivos que almacenan datos de elevación del terreno, es decir, un Modelo Digital de Elevación (MDE), los cuales se pueden procesar posteriormente para obtener diversos productos.	https://inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/index.jsp
Cuencas Visuales	Se obtienen mediante el software ArcMap, empleando una herramienta llamada Viewshed y el MDE de INEGI.	ESRI Inc. ArcGis Desktop 10.8
Imágenes de satélite Sentinel 2-A	Archivos múltiples que al combinarse dan origen a una imagen de satélite la cual puede tener diversas aplicaciones, entre ellas conocer el uso del suelo y vegetación. Satélite y sensor: Sentinel 2-A MSI Escena: T14QQG Bandas empleadas: RGB 4,3,2 Fecha de la escena: 08/03/2024 Hora de la captura: 16:51:31 Resolución espacial: 10m Proyección: UTM WGS 84	https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=12&lat=19.15895&lng=-96.49807&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=U2FsdGVkX19cIYlP%2BfIgh2%2FRiU3ZZtIZ%2BYPaD1fzMsNe0njLymX97XTkE6S3z49gphIZBSRJ9q%2FwFSIulktofUzHBvA6vRVwb2v%2BcW3ebr6PQHn1CH4wRFASDzZLjAwE&datasetId=S2_L2A_CDAS&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE ESA Copernicus
Imágenes de satélite Landsat	Archivos múltiples que al combinarse dan origen a una imagen de satélite la cual puede tener diversas aplicaciones, entre ellas conocer el uso del suelo y vegetación. Satélite y sensor: Landsat 8 OLI Escena: P24-R47 Bandas empleadas: RGB 4,3,2 Fecha de la escena: 02/02/2014	https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen=0 NASA Landsat Program USGS Sioux Falls

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
	Hora de la captura: 16:48:41 Resolución espacial: 15m Proyección: UTM WGS 84	
Índice de Integridad Ecosistémica 2018 a 250 m	Es un archivo que muestra la capacidad que poseen los ecosistemas para automantenerse, autoregenerarse y autotorganizarse en concordancia con los factores bio-geo-físico-químicos locales. Elaborado mediante un modelo conceptual con la combinación de capas de información ambiental y sensores remotos.	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/bindintecs/ie2018_250mgw

Cuadro 2. Vector.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Microcuencas	Es una capa que se obtiene empleando el MDE del CEM y una herramienta que se llama Watershed Delineation Tools la cual se carga en ArcMap	http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=15148
Geoformas (Sistema clasificatorio del relieve de México)	Es una capa que muestra el relieve de la República Mexicana	IG-UNAM-INE-SEMARNAT, (2003), Sistema Clasificatorio del Relieve de México, Instituto de Geografía, UNAM; Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
Fallas y Fracturas. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	Representa las estructuras geológicas originadas por los eventos tectónicos. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/#Descargas
Unidades de Paisaje	Muestra unidades ambientales homogéneas en donde se agrupan diversas características medio ambientales. Se dividen en inferiores y superiores.	Elaboración propia con insumos de INEGI, IG-UNAM-INE-SEMARNAT y CONABIO
Climas	Estos conjuntos de datos vectoriales están compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 de INEGI. Muestra las unidades climáticas.	https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Descargas
Suelos	Datos autoría de INEGI que muestran diferentes tipos de unidades edafológicas.	https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Descargas
Vías de comunicación	Información obtenida desde el sitio web de INEGI a partir de las cartas topográficas escala 1:50,000 y 1:20,000.	https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/#Descargas
Localidades	Información obtenida de las cartas topográficas de INEGI o desde el Marco Geoestadístico, Censo de Población y Vivienda 2020	https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas
Áreas de Interés para las Aves (AICAS)	Datos Vectoriales de Áreas de Interés para la Conservación de las Aves en México.	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/aicas15gw
Regiones Terrestres Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/rtp1mgw
Regiones Hidrológicas Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/rhpri4mgw
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Datos Vectoriales de las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas	https://sig.conanp.gob.mx/Shape

VIII.1.2 FOTOGRAFÍAS

Las imágenes relevantes y las consideradas ilustrativas se encuentran en sus respectivos apartados, estas son muy útiles para la descripción de las diferentes actividades y procesos, así mismo y con la finalidad de complementar e ilustrar el documento se incluyen el Anexo Fotográfico. En el Anexo Fotográfico, cada imagen correspondiente a fauna contiene la nomenclatura científica y común, como se muestra a continuación:

VIII.1.3 VÍDEOS

No aplica.

VIII.2 OTROS ANEXOS

VIII.2.1 LISTADOS FLORÍSTICOS Y FAUNÍSTICO

Dentro de los anexos se incluyen las listas de especies de flora y fauna con características ecológicas, económicas y sociales relevante.

VIII.2.2 DOCUMENTOS LEGALES

Proporcionados por el promovente, y se encuentran a manera de anexos.

VIII.2.3 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados de los análisis de las muestras de suelo son interpretados en su respectivo apartado dentro del Capítulo IV.

VIII.2.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS Y/O TRABAJOS DE CAMPO

Esta información se encuentra en cada apartado del sistema natural (ambiental y socioeconómico) dentro del Capítulo IV.

VIII.2.5 EXPLICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

El análisis matricial causa-efecto utilizado para la evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos se explica en el Capítulo V.

VIII.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abundancia: es el número de individuos que presenta una comunidad por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población).

Vegetación secundaria: Nombre común que se da a las asociaciones vegetales secundarias en zonas de cultivo y pastoreo cuando son abandonadas y que se forman una vez destruida la original.

Acumulación (AC): Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada a la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, es decir, se considera simple, el efecto se valora como uno. Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro.

Anfibios: Se dice de los vertebrados de temperatura variable que son acuáticos y respiran por branquias durante su primera edad, se hacen aéreos y respiran por pulmones en su estado adulto. En el estado embrionario carecen de amnios y alantoides.

Arbóreo: Referente al estrato conformado por las especies de árboles, generalmente mayores a 3 m de alto y que habitan un lugar.

Arbustivo: Estrato conformado por plantas leñosas, menores a 3 m, cuyo tallo se ramifica desde la base.

Caducifolia: Que permanece sin hojas durante una parte del año.

Cámbico: Connotativo de un cambio de color, estructura o consistencia de un suelo.

Componentes ambientales: Están definidos como entidades biológicas, particularmente por los órdenes taxonómicos de la fauna presente en los diferentes tipos de vegetación.

Composición: La manera como está integrado un grupo de organismos. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de organismos.

Comunidad vegetal: Conjunto de plantas de cualquier rango, que viven e interaccionan mutuamente en un hábitat natural.

Criticalidad: Se define como la medida cualitativa de las unidades ambientales que pondera su importancia como proveedora de servicios ambientales, la presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección y aquellos elementos de importancia desde el punto de vista social.

Diversidad: Se refiere a la variedad de especies que constituyen una comunidad.

Diversidad alfa: Es el número de especies en un área pequeña siendo esta área uniforme. El índice de Shannon mide este tipo de diversidad.

Diversidad beta: Comprende la heterogeneidad dentro de un ecosistema a través de la determinación del cambio en la composición de especies a través de un gradiente fisiográfico. Se expresa en tasas de cambio de la composición de las especies o índices de similitud.

Diversidad gamma: Es el número total de especies observadas en todos los hábitats de una determinada región que no presenta barreras para la dispersión de los organismos.

Distribución: Arreglo espacial de una especie sobre su hábitat.

Distribución potencial: Es la extensión de terreno en el que las especies pueden habitar, con base en su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas. La distribución real o verificada generalmente es menor que la potencial.

Especie amenazada: Aquella especie, o poblaciones de la misma, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si se presentan y prevalecen factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Dosel: Piso superior, techo.

Efecto (EF): Este a tributo se refiere a la relación causa efecto, o forma de manifestación de un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la actuación consecuencia directa de está. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, si no que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. Este término toma valor de uno en el caso de que el efecto sea secundario y el valor cuatro cuando sea directo.

Emisión: Es la descarga directa o indirecta a la atmósfera de sustancia o energía, en cualquiera de sus estados físicos.

Epifita: Vegetal que vive sobre otras plantas sin sacar de ellas su nutrimento.

Especie: Unidad básica de la clasificación de los organismos, que incluye a grandes rasgos, a todos los individuos que se parecen entre sí más que otros y que por fecundación recíproca producen descendencia fértil.

Especie en peligro de extinción: Aquella especie cuya área de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat

natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Especie endémica: Aquella que tiene distribución restringida a nivel regional, estatal o de país.

Especie sujeta a protección especial: Aquella especie o población que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Excreta: Deyección de los restos no digeridos de los alimentos.

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (porcentaje del área respecto al entorno en el que se manifiesta el efecto). La selección producirá un efecto muy localizado; considerando lo siguiente: impacto como un carácter puntual (uno). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo, el impacto será total (ocho), considerando las situaciones intermedias, según gradación, como impacto parcial (dos) y extenso (cuatro). En el caso de que el efecto sea puntual, pero se produzcan en un lugar crítico (vertidos próximos y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada, etc), se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del porcentaje de extensión en que se manifiesta.

Flora: Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la diversidad de los organismos.

Ganges: (Marcha de temperatura tipo) Se refiere a las regiones que presentan el mes más cálido del año antes del solsticio de verano (antes del mes de junio en el hemisferio norte, o antes de diciembre en el hemisferio sur).

Hábitat: Es un área que tiene una combinación de recursos como el alimento y el agua, así como de factores ambientales como la temperatura y la precipitación pluvial, que favorecen la presencia de individuos de una especie.

Herbáceo: Con aspecto de hierba, plantas no leñosas de consistencia blanda.

Herpetofauna: Nombre dado al conjunto de especies, tanto de anfibios como de reptiles, que habitan un área determinada.

Huella: Impresión en el terreno de las extremidades delanteras (manos) o traseras (patas) de mamíferos.

hm^3: Hectómetros cúbicos, en este capítulo se refiere a volumen de agua en balances hidrológicos de gran escala.

Impacto: Efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio o en las unidades ambientales y que puede ser beneficioso, es decir positivo, o perjudicial, negativo. Se manifiesta cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Son internos y se generan de las actividades del proyecto y nos estamos refiriendo a todas las acciones del proyecto, que se han identificado como agentes causales de afectaciones, positivas o negativas en el medio natural.

Impacto acumulativo: Cuyo efecto al prolongarse en el tiempo, incrementa progresivamente su gravedad por carecer el medio de mecanismos de eliminación efectivos similares al incremento del impacto.

Impacto ambiental significativo o relevante: 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.

Impacto benéfico: Como impactos benéficos, se pueden reconocer a aquellos que son infringidos al sistema socio-ambiental que retribuyen e impulsan un proceso positivo que puede o no significar retribuciones económicas.

Importancia del impacto: La importancia del impacto, es la importancia del efecto ante una acción sobre un factor ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental aceptado. La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante la fórmula propuesta a continuación y está dada en función del valor asignado a los símbolos considerados.

Intensidad (I): Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El factor está comprendido entre 1 y 12 en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 representa una afección de intensidad baja. Los valores intermedios entre estos dos términos manifestarán una afectación parcial.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecute la acción que produce el impacto.

Magnitud del impacto: Medida relativa del cambio que experimenta cada componente relevante al ejecutarse el proyecto con relación al valor que presenta dicho componente en el área de influencia.

Momentos (MO): El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t 0) y el comienzo del centro (tj) sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, en momentos será inmediato, y si es inferior a un año, (corto plazo) se le asignará un valor de (cuatro). En un periodo de tiempo que va de uno a cinco años, (largo plazo), se asignará también un valor (uno).

MJ/m²: Megajoules por metro cuadrado de superficie. En este caso una medida de la energía de la radiación solar a nivel de superficie.

Nativa: Planta propia del sitio, que crece espontáneamente y se reproduce sin intervención humana por encontrarse ecológicamente bien adaptada. Sinónimos: autóctona, indígena.

Naturaleza del impacto (NA): Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones sobre cada uno de los factores considerados.

Ócrico: Subunidad de suelo que se caracteriza por presentar en la superficie una capa de color claro y pobre en materia orgánica.

Perenne: Duradero. Referente a las plantas que duran 3 o más años.

Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de manifestación, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor cuatro, a los periódicos un valor de dos y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y los discontinuos uno. Un ejemplo de efecto continuo es la ocupación de un espacio consecuencia de una construcción. El incremento de los incendios forestales durante el estilo es un efecto periódico, intermitente y continúan en el tiempo. El incremento del riesgo de incendios, consecuencia de una mejor accesibilidad a una zona forestal, es un efecto de aparición irregular, no periódico, ni continuo, pero de gravedad excepcional.

Persistencia (PE): Se refiera al tiempo que supuestamente, permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornará a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Situará menos de un año, considerando que la selección produce un efecto fugaz, asignándole un valor de uno. Si dura entre uno y diez años es considerado temporal (dos); y si el efecto tiene una duración superior a los diez años, consideramos el efecto como permanente asignándole un valor de cuatro. La persistencia es independiente a la reversibilidad. Un efecto permanente, puede ser reversible o irreversibles. Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles recuperables y los efectos permanentes pueden ser irreversibles e irrecuperables.

Plutónicas (rocas): Rocas originadas por solidificación de magmas –silicatados- dentro de la corteza terrestre.

P/T: Coeficiente precipitación/temperatura, utilizado para distinguir condiciones de humedad en un tipo de clima.

Rastro: Cualquier señal o indicio que dejan los mamíferos durante sus actividades.

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es preciso con la posibilidad de retornar las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de intervención humana (introducción de medidas correctoras). Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor de uno o dos, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si no es parcialmente, el efecto liquidable toma un valor de cuatro. Cuando el efecto es irrecuperable con alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana se le asignará un valor de 8. En el caso de ser irrecuperable existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias por lo tanto el valor asignado será cuatro.

Redes de niebla: Redes de nylon de 6 y 9 m de longitud y 2,5 m de ancho y abertura de malla de 3/4 de pulgada, que se utilizan para atrapar aves o murciélagos sin hacerles daño.

Reptiles: Son animales vertebrados, que, a diferencia de los anfibios, tienen la piel dura, cubierta de escamas, y sus huevos tienen cáscaras casi impermeables o son vivíparos. Estas dos características les permiten vivir lejos del agua en algunos de los hábitats más secos del mundo. Aunque los reptiles tienen sangre fría, con frecuencia se calientan tomando sol; una vez que se han calentado pueden moverse más rápido.

Reversibilidad (RV): Se refiere al tiempo de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, existe la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que esta deja de actuar sobre el medio. Si es a corto plazo, se le asigna un valor de uno, si es a medio plazo (dos) y si el efecto es irreversible se le asigna el valor cuatro. Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados en el parámetro anterior (Recuperabilidad).

Sinergia (SI): Este atributo completa el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocado por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente y no simultánea. Cuando una acción actúa sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor de uno, si presenta un sinergismo moderado el valor asignado será dos y si es altamente sinérgico cuatro.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Textura: Proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas minerales del suelo menores a 2 mm de diámetro.

Trampas Sherman: Trampas de aluminio que se ceban y se utilizan para la captura sin daño de pequeños mamíferos principalmente.

Transectos: Línea recta de tamaño considerable donde se van colocando las trampas Sherman, cada 10 m. También puede entenderse como recorridos realizados, por lo general a pie, a lo largo de una línea que permite facilitar información sobre la composición faunística.

Vegetación secundaria: Acahual. Calificativo de la vegetación o procesos ecológicos influidos directa o indirectamente por el hombre.

VIII.4 BIBLIOGRAFÍA

VIII.4.1 VINCULACIÓN

Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (http://www.conabio.gob.mx).

Escalante, P., A.G. Navarro y A.T. Peterson. 1992. Cap. 8 A geographic, ecological and historical análisis of land bird diversity in Mexico. In Ramamoorthy, T.P. et. Al. (Eds.) Biological diversity of México: origins and distributions. Oxford University Press. New York, USA.

Navarro, S.G.A. y D.H. Benítez. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. Pp 45-54.In: Flores-Villela, O. y S.G.A. Navarro (compiladores). Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias, No. 7.

NOM-059-ECOL-2001. Norma oficial mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación.

Vinculación (normatividad)

CONABIO 2012. Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad. Disponible en web: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html

CONANP 2012. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en web: http://www.conanp.gob.mx/listado_areas.html

Conferencia Internacional sobre Energías Renovables. Disponible en web: http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pe/conf_inter_er.pdf

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. Ultima reforma publicada en DOF 09 de febrero de 2012. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Ultima reforma DOF. 09-04-2012. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm

Ley General de Desarollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada en DOF. 04-06-2012. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgdfs.htm.

Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada en DOF. 06-06-2012 http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgvs.htm

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada en: DOF. 04-06-2012. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Ultima reforma publicada en DOF. 30-05-12. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir.htm

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Publicada en DOF 12-01-2012. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laerfte.htm

Normas Oficiales Mexicanas. Disponible en web: http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do

POISE 2011-2025. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2011-2025. Disponible en web: http://aplicaciones.cfe.gob.mx/aplicaciones/otros/POISE20102024.ZIP

Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024. Disponible en web: http://www.sener.gob.mx

Protocolo de Kyoto. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Ultima reforma publicada en Diario Oficial de la Federación el 25 de mayo de 2001. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm

Reglamento de la Ley General de Desarollo Forestal Sustentable. Ultima reforma publicada en DOF el 21 de febrero de 2005. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm

Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Ultima reforma publicada en DOF 30 de noviembre 2006. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Ultima reforma publicada en DOF 26-04-2012. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley.htm

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Ultima reforma publicada en DOF el 30 de noviembre de 2006. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm

Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Publicada en Diario Oficial de la Federación el 2 de septiembre de 2009. Disponible en web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm

VIII.4.2 CLIMA

Fuentes, O., M. T. Vázquez. 1997. Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México. Cuadernos de Investigación 42, CENAPRED. 37 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 217 pp. México.

García, E. 1997. Mapas de climas 1:1 000 000 (clasificación Köppen modificado por E. García). CONABIO.

Kopp, R. et al. 2014. Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. AGU Publications. 383-406 p.

SMN, 2018. Normales Climatológicas Soledad de Doblado, Ver. 1991-2020. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua.

Unisys. 2016. Unisys Weather – Hurricane. http://weather.unisys.com/hurricane/index.html.

VIII.4.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. p. 3-108. Publicado en: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (compiladores). 1998. Diversidad Biológica de México. Instituto de Biología UNAM. 792 pp.

Zepeda, O., S. González (Editores). 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres de México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 225 pp.

SSN-UNAM. 2018. Servicio Sismológico Nacional. Sistema de consulta electrónica online. http://www.ssn.unam.mx/.

VIII.4.4 EDAFOLOGÍA

INEGI. 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1 000 000. Serie I.

VIII.4.5 HIDROLOGÍA

CONAGUA. 2011. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, año agrícola 2009-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor) México. pp. 334.

CONAGUA. 2012. Atlas del agua en México 2012. Comisión Nacional del Agua. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-36-12.pdf

CONAGUA. 2013. Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), Consulta a la base de datos (http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115).

VIII.4.6 VEGETACIÓN

Cites (Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre). (2017). Apéndices I, II y III de la Cites. [En línea]. Disponible en: https://www.cites.org/eng/app/appendices.php. Fecha de consulta: julio de 2018.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.

Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168p.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad: Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.

Rivas-Martínez, S., 1997. Syntaxonomical Synopsis of the Potential Natural Plant Communities of North America, I. Itinera Geobotánica 10: 5-148 (1997)

Rzedowski, 2006. Vegetación de México. 1a. ed. digital. CONABIO, México. 504 pp.

The Field Museum. 2002. Inventarios biológicios rápidos. Disponible en: http://fm2.fieldmuseum.org/rbi/what.asp

VIII.4.7 FAUNA

Avifauna

AOU, 2018. Check-list of North American Birds. 7th edition. American Ornithologists Union. Washington, D.C. (http://checklist.aou.org/taxa/).

Bibby, C. J., N. D. Burgess & D.A. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Academic Press. London. 257 p.

BirdLife International (2018) IUCN Red List for birds. Downloaded from http://www.birdlife.org on

CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Colwell, R. K. & J. A. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. London B. 345: 101-118.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User´s Guide), Versión 9.1.0. Disponibleenhttp://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. AICAs de México. http://avesmx.conabio.gob.mx/

Del Pont, R. 1997. Guía de aves canoras y de ornato. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México. (Edición digital: INE 1997).

Drewitt, A. L., y Langston, R. H. W. 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. Annals of the New York Academy of Sciences, 1134: 233-266.

Escalante, P., A. M. Sada & J. Robles. 2014. Listado de nombres comunes de las aves de México. Instituto de Biología, UNAM. 39 p.

Halffter, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. Biology International. 36: 3-17.

Howell, S. N. G. & S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Oxford, UK. 851 p.

IUCN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (IUCN Red List of Threatened Species). www.iucnredlist.org

Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8(31): 151-161.

Kampichler, C., S. Calmé, H. Weissenberger & S. L. Arriaga-Weiss. 2010. Indication of a species in an extinction vortex: The ocellated turkey on the Yucatan peninsula, Mexico. Acta Oecologica. 36: 561-568.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, 84 p.

Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda & N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad. 82: 1249-1261.

Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García & L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 476-495. DOI:10.7550/rmb.41882

Oksanen, J, F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, R. B. O´Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, H. Wagner. 2011. Vegan: community ecology package. R package version 1.17-8. http://CRAN.Rproject.org/package=vegan.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL (https://www.R-project.org/).

Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante & B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46 p.

Rappole, J. H., S. R. Derrickson & Z. Hubálek. 2000. Migratory Birds and Spread of West Nile Virus in the Western Hemisphere. Emerging Infectious Diseases. 6 (4): 319-328.

Ruelas I., E. 2010. Aves rapaces migratorias. CONABIO. Biodiversitas, 2: 11-15.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059, Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección, México. 78 pp.

Sibley, D. A. 2000. The Sibley Guide to Birds. National Audubon Society. New York. 544 p.

Sporer M. K., J. F. Dwyer, B. D. Gerber, R. E. Harness y A. K. Pandey. 2013. Marking power lines to reduce avian collisions near the Audubon National Wildlife Refuge, North Dakota. Wildlife Society Bulletin 37: 796–804.

Mastofauna terrestre no voladora

Álvarez del Toro, M. 1977. “Los mamíferos de Chiapas”. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 147 pp.

Amador, L. (Ed) 2010. “Técnicas para el Monitoreo de Vertebrados”. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Aranda M. 2000. "Manual para la identificación de huellas y otros rastros de los Mamíferos grandes y medianos de México". INECOL, CONABIO, México

Aranda M. 2005. Herpailurus yagouaroundi. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.

Aranda M. 2005. Leopardus pardalis. En Ceballos & Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica. PP.: 359

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (coords.). 2000b. "Regiones terrestres prioritarias". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bisbal, F. J. 1989. "Distribution and habitat association of the carnivores in Venezuela". In: Redford, K. H. & Eisenberg, J. (Eds.). Advances in Neotropical Mammalogy. Sandhill Crane Press. EUA. pp. 339-362

Broad, S., Luxmoore, R. & Jenkins, M. 1988. "Significant trade in wildlife: A review of selected species in CITES Appendix II". Vol. 1. CITES. EUA.

Bustamante R., A. Oporto, S. Moraga, F. De La Barrera, G. Sepúlveda & D. Moreira. 2009. "Informe sobre mitigación de impacto ambiental en Fauna Silvestre: Rescate y Relocalización". SAG-Universidad de Chile.

Ceballos G y Arroyo-Cabrales J. 2012. "Lista actualizada de los mamíferos de México". Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No.2

Ceballos, G.; Oliva, G. (2005). "Los Mamíferos Silvestres de México". CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.

Chávez-Tovar J.C. Eira barbara. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.2005. Pp.377

Chávez-Tovar J.C. Galictis vittata. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.2005. Pp.379

Colchero F; O´Farril y Medellín R.A. Didelphis marsupialis. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.

Cuarón A.D. Tamandua mexicana. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica. 2005

Gallina, S. & C. López-Gonzales (Editor). 2011. "Manual de Técnicas para el Estudio de la fauna". Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp. (On line: http: www. Uaq.mx)

González Romero A." Métodos de estimación, contención y captura de mamíferos". En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro. PP. 124.

Halffter G, Soberón J, Koleff P; Melic A. 2005 Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades, alfa, beta y gamma. CONABIO, CONACYT, DIVERSITAS. Zaragoza 2005

Hall.1981." The Mammals of North America. University of Kansas

Jones C; Mc Shea W.J; Conroy M.J & Kunz T.H. Chapter 8 Capturing mammals. En Wilson D.E, Russell F.C; Nichols J.D; Rudran R. & Foster M.S. »Measuring and monitoring biological diversity: Standar method for Mammals. 1996. Smithsonian Institution Press. Washinton & London.

Leopold, A. S. 1959. "Wildlife of Mexico: the game birds and mammals". 538. Univ. California Press. EUA. p. 538

López-Gonzpalez C.A, Carmma E., Guitierrez-González y Lara-Díaz N.E. 2011. "Carnivoros: Inventario y monitoreo". En En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro.

López-Wilchis, R. & López-Jardínes, J. 1998. Los Mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá, Volumen I. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México.

Lorenzo C; Cervantes F.A.Sylvilagus floridanus. En Ceballos G, Oliva G.2005. "Los Mamíferos silvestres de México" CONABIO, Fondo de Cultura Económica.

Massei, G., R. J. Quy, J. Gurney, D. P. Cowan. 2010. Can translocations be used to mitigate human–wildlife conflicts? Wildlife Research 37: 428-439.

Montgomery, G.G. 1985 "Impact of vermilinguas (Cyclopes, Tamandua: Xenartha=Edentata) on arboreal ant populations. Pp.351-363, en: The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas (Montgomery, G.G;ed) Smithsonian Institution Press, Washinton D.C

Roemer, G. W., Gompper, M. E. & Valkenburgh, B. V. 2009. "The ecological role of the mammalian mesocarnivore". Bioscience. 59(2):165-173

Rudran R; Kunz T.H; Southwell C 5 Smith A.P. "Chapter 6. Observational techniques for non Volant mammals." En Wilson D.E, Russell F.C; Nichols J.D; Rudran R. & Foster M.S. »Measuring and monitoring biological diversity: Standar method for Mammals. 1996. Smithsonian Institution Press. Washintong & London.

Sánchez-Hernández C., García-Estrada C., Romero-Almaraz Ma. De L. 2000 "Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. UNAM.

Sunquist, M. E. & Sunquist, F. C. 2002. "Wildcats of the World". The University of Chicago Press. EUA. 452 pp.

Ticul S; Álvarez-Castañeda; González-Ruiz. 2015. "Guía para identificar los Mamíferos de México." Centro de investigaciones biológicas del Noroeste.

Uribe J; Arita H. 1998. "Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México." Acta zoologíca mexicana (nueva serie).75:45-71.

Valenzuela G.D.2005. Procyon lotor. En Ceballos & Oliva (eds.) Los mamíferos silvestres de México. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica

Zarza H; Medellín R.A. Didelphis virginiana. En Ceballos G., Oliva G. 2005. "Los Mamíferos silvestres de México". CONABIO, Fondo de Cultura Económica.

Mastofauna voladora

Baerwald, E. F. & R. M. R. Barclay. 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. J. Wildl. Manag. 75: 1103–1114.

Baerwald, E. F., G. H. D'Amours, B. J. Klug & R. M. R. Barclay. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Curr. Biol. 18: 695–696.

Barclay, R. M. R. & L. M. Harder. 2003. "Life histories of bats: life in the slow lane." Pages 209–253 in T. H. Kunz and M. B. Fenton, editors." Bat Ecology. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.

Ceballos G & Arroyo-Cabrales J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No. 2.

Ceballos, G. & G. Oliva. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.

Chávez-Tovar J.C. Galictis vittata. 2005. En: Ceballos & Oliva (Eds.) Los mamíferos silvestres de México. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad. Fondo de cultura Económica. Pp. 379.

CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Colwell, R. K. & J. A. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. London B. 345: 101-118.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User´s Guide), Versión 9.1.0. Disponibleenhttp://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates

Galindo-González, J., Guevara, S. & Sosa, V., 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. Conservation Biology, 14 (6): 1693-1703.

Halffter G, Soberón J, Koleff P; Melic A. 2005. Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades, alfa, beta y gamma. CONABIO, CONACYT. Diversitas. Zaragoza.

Henestroza, O. R. 2009. Centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec; su impacto ambiental y socioeconómico. Elementos. 74(16): 39.

INECOL-CFE. 2014. Estudio del monitoreo de aves y murciélagos en la central eólica La Venta II, municipio de Juchitán, Oaxaca. Realizado por el Instituto de Ecología A.C. Elaborado para la Comisión Federal de Electricidad.

IUCN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (IUCN Red List of Threatened Species). <www.iucnredlist.org>

Kunz, T. H., E. B. Arnett, B. M. Cooper, W. P. Erickson, R. P. Larkin, T. Mabee, M. L. Morrison, M. D. Strickland & J. M. Szewczak. 2007. Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. J Wildl Manag. 71 (8): 2449–2486. DOI: 0.2193/2007-270.

Kunz, T. H., E. B. Arnett, W. P. Erickson, A. R. Hoar, G. D. Johnson, R. P. Larkin, M. D. Strickland, R. W. Thresher, and M. D. Tuttle. 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Frontiers in Ecology and the Environment 5: 315–324.

Larsen, R. J., K. A. Boegler, H. H. Genoways, W. P. Masefield, R. A. Kirsch, and S. C. Pedersen. 2007. Mist netting bias, species accumulation curves, and the rediscovery of two bats on Montserrat (Lesser Antilles). Acta Chiropterologica. 9:423–435.

Ledec, G., K. Rapp & R. Aiello. 2011. Full report, Greening the Wind: Environmental and Social Considerations for Wind Power Development in Latin America and beyond. Energy Unit, Sustainable Development Department. The World Bank. 170 p.

MacSwiney, M. C., F. M. Clarke & P. A. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. Journal of Applied Ecology 45:1364-1371.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.

McAleece, N., J. D. G. Gage, P. J. D. Lambshead & G. L. J. Paterson. 1997. BioDiversity Professional statistics analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London. See more at: http://www.sams.ac.uk/peter-lamont/biodiversity-pro#sthash.9X53Kp2E.dpuf

Medellín, R., H. Arita & O. Sánchez. 2008. Identificación de los Murciélagos de México, clave de campo. 2a ed. Instituto de Ecología, UNAM, México, DF.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, 84 p.

Neuweiler, G., 2000. The biology of bats. Oxford university press, Oxford.

O'Farrell, M. J., & B. W. Miller. 1999. Use of vocal signatures for the inventory of freeflying Neotropical bats. Biotropica. 31: 507-516.

O'Farrell, M. & W. Gannon. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. Journal of Mammology, 80(1): 24-30.

Sánchez-Hernández, C., C. García-Estrada & M. L. Romero-Almaraz. 2000 Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. UNAM.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio -Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México. Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaria de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 78 p.

Wang, S. & S. Wang. 2015. Impacts of wind energy on environment: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 49: 437-443.

Williams-Guillén, K., Perfecto, I. y Vandermeer, J., 2008. Bats Limits Insects in a Neotropical Agroforestry System. Science, 320, 69-70.

Herpetofauna

Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina, S. y C. López-González (editor). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volúmen I. Universidad Autónoma de Quéretaro - Instituto de ecología A.C. (pp. 61-85). Quéretaro, México.

Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds). 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Serie Manuales de Campo Nº 2. Conservación Internacional. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp.

Böhm, M. et al. 2013.The conservation status of the world's reptiles. Biological Conservation 157:372-385.

Bustamante, R., A. Oporto, S. Moraga, F. De La Barrera, G. Sepúlveda y D. Moreira. 2009. Informe sobre mitigación de impacto ambiental en Fauna Silvestre: Rescate y Relocalización. SAG-Universidad de Chile. Recuperado 28-01-2016 de: http://www.sag.cl/sites/default/files/guia_tecnica_medidas_de_mitigacion.pdf

Carey, C., W. R. Heyer, J. Wilkinson, R. A. Alford, J. W. Arntzen, T. Halliday, L. Hungerford, K. R. Lips, E. M. Middleton, S. A. Orchard y A. S. Rand. 2001. Amphibian declines and environmental change: Use of remote-sensing data to identify environmental correlates. Conservation Biology, 15: 903-913.

CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User´s Guide), Versión 9.1.0. Disponibleenhttp://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates

Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. FAN. Santa Cruz de la Sierra. 147 – 162 pp.

Flores-Villela, O. 1993a. Herpetofauna Mexicana. Special Publications, Carnegie Museum of Natural History 17:1-73.

Flores-Villela, O. 1993b. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In Biological diversity of Mexico: origins and distributions, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds). Oxford University Press, New York. p. 253-280.

Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S467-S475.

Gallina, S. y C. López-González (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. EVolúmen I. Universidad Autónoma de Quéretaro - Instituto de Ecología A.C. Quéretaro, México. 377pp.

Gascon, C. y T. E. Lovejoy. 1998. Ecological impacts of forest fragmentation in Central Amazonia. Zoology. 101: 273-279.

Gibbons, J. W., D. E. Scott, T. R. Ryan, K. A. Buhlmann, T. D. Tuberville, B. S. Metts, J. L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy y T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. Bioscience, 50: 653-666.

Hammer, Ø. D., A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontología Electrónica 4: 1-9.

Köhler, G. 2003. Reptiles of Central America. Herpeton Verlag. Germany.

Koleff, P. y A. Melic (eds). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. CONABIO, SEA, DIVERSITAS y CONACyT. (pp. 191-207). España.

Liner, E. A. 2007. A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico. Occasional Papers of the Museum of Natural Science, Louisiana State University 80:1-60.

Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. Oxford. 265 p.

Molina-Ruiz, J y M. L. Tudela-Serrano. 2006. Identificación de impactos ambientales significativos en la implantación de parques eólicos. Un ejemplo en el municipio de Jumilla (Murcia). Investigaciones Geográficas (esp), 41: 145-154.

Moreno, C., F, Barragán, E. Pineda y N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad. 82: 1249-1261.

Ochoa-Ochoa, L. M. y O. Flores-Villela. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-Conabio, México. 211 p.

Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplo. 85:S460-S466.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección: 1-78.

Semlitsch, R. D. (ed.). 2003. Amphibian Conservation. Smithsonian Institution, USA. 324 p.

Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox y B. E. Young. 2010. The global decline of amphibians: Currents trends and reptiles. En: Wilson, L.D., J.H. Towsend, J.D. Johnson (eds). Eagle Mountain Publishing, LC. pp. 1-2.

Tuberville, T. D., J. D. Willson, M. E. Dorcas y J. W. Gibbons. 2005. Herpetofaunal species richness of southeastern national parks. Southeastern Naturalist 4: 537-569.

UICN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Vitt, L. J. y J. P. Caldwell. 2009. Herpetology, an introductory biology of amphibians and reptiles. 3rd Ed. Academic Press, Amsterdam. 270 p.

Young, B. E., S. N. Stuart, J. S. Chanson, N. A. Cox, y T. M. Boucher. 2004. Disappearing Jewels: The Status of NewWorld Amphibians.NatureServe, Arlington, Virginia. 55 pp.

Zug, G.R., L.J. Vitt y J.P. Caldwell. 2001. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Academic Press. USA. 630 p.

Socioeconómico

Asamblea Mexicana de Energía Eólica AMDEE (2016). Reporte de Apoyo al desarrollo del PRODESEN.https://www.amdee.org/Publicaciones/3er%20Estudio%20E%C3%B3lico%20AMDEE%20Documento%20Prodesen%20PwC.pdf

Asamblea Mexicana de Energía Eólica AMDEE (2018). Capacidad Instalada de Energía Eólica en Mexico 2018. https://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico-2018

CONAPO. (2010a). Índice de marginación por entidad federativa y municipio, 2010. Ciudad de México: CONAPO.

CONASAMI. (2017). Salario mínimo nacional.

INEGI 2009. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:250,000. Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INEGI. 2015. Salud. Encuesta intercensal 2015. INEGI.

Ley General de Cambio Climático (2015). http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/LGCC.pdf

Mejía, A. 2015. ¿Hacia La Transición De Paradigmas? De La Seguridad De Suministro A La Autonimía Energética En Entornos Urbanos y Regionales En México. En Sánchez, J.(2015). Energía, Goberanza y Sostenibilidad. Ciudad de Durango, México: Editorial de La Universidad Juárez del Estado de Durango. https://issuu.com/julieta.san2009/docs/energia_gobernanza_y_sostenibilidad

Santos, D. (2017). ANÁLISIS DEL USO POTENCIAL DE MICROALGAS MARINAS PARA EL DESARROLLO DE BIOREFINERÍAS ENERGÉTICAS EN MÉXICO. En Mejía, N. (2017). Estudios Estratégicos del Sector Energético. Ciudad de Durango, México. https://issuu.com/juanleonardofortisolorzano/docs/estudios_estrat__gicos_del_sector_e

SENER (2017). REPORTE DE AVANCE DE ENERGÍAS LIMPIAS PRIMER SEMESTRE 2017. Secretaría de Energía (2017). México.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279723/Informe_Renovables_2017_11122017.pdf

UN Environmentl and Bloomberg New Energy Finance (2018). La inversión eólica cae a un nivel bajo de cuatro años. https://www.windpowermonthly.com/article/1454674/wind-investment-falls-four-year-low

VIII.4.8 PAISAJE

Bosque, J; Escobar, F.J; García, E y Salado, M.J. (1994): Sistema de Información Geográfica. Prácticas con PC ARC-INFO e IDRISI. Editorial RAMA. Madrid.

Molina, J. Tudela, M.L.; Cano, M.P. y Bueno, J.M (2001): «Minimización del impacto paisajístico en la actividad minera a cielo abierto. Demostración teórica y práctica de los costes de restauración». Papeles de Geografía, 33, 123-131. Universidad de Murcia.

VIII.4.9 DIAGNÓSTICO

Equihua Z., M., N. García-Alaniz, O. Pérez-Maqueo, G. Benítez-Badillo, M. Kolb, M. Schmidt, J. Equihua B., P. Maeda & J.L. Álvarez-Palacios, 2014. Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. En: González, C.A., Vallarino, A., Pérez, J.C., Low, A.M. (Eds.). 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México (pp. 687-710).

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velásquez Montes A., Chias Becerril L., Ortíz Álvarez M. L., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales G. J., Márquez Huitzil R., (2004), Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEMARNAT-INE-UNAM, México, DF

Faber-Langendoen, D., J. Rocchio, S. Thomas, M. Kost, C. Hedge, B. Nichols, K. Walz, G. Kittel, S. Menard, J. Drake, and E. Muldavin. 2012. Assessment of wetland ecosystem condition across landscape regions: A multi-metric approach. Part B. Ecological Integrity Assessment protocols for rapid field methods (L2). EPA/600/R-12/021b. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development (EPA), Washington, E.U.

García-Alaniz, N. y M. Schmidt, 2016. Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 206 pp.

García-Alaniz, N., M. Equihua, O. Pérez-Maqueo, J. Equihua B., P. Maeda, F. Pardo U., J.J. Flores M., S.A. Villela G. y M. Schmidt, 2017. The Mexican National Biodiversity and Ecosystem Degradation Monitoring System. Current Opinion in Environmental Sustainability 26: 62–68.

Herrera, B. y L. Corrales, 2004. Midiendo el éxito de las acciones en las áreas protegidas de Centroamérica: Evaluación y Monitoreo de la Integridad Ecológica. PROARCA/APM, Guatemala. 44 pp.

Komar, O., Schlein, O., y Lara, K. 2014. Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras. ICF, SINFOR, Escuela Agrícola Panamericana (EAP/Universidad Zamorano) y Proyecto USAID ProParque. Tegucigalpa, Honduras. 39 pp.

Parrish, J.D., Braun, D.P., Unnasch, R.S. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. BioScience 53, 9: 851-860.

Sánchez-Parra, L. A., 2014. Redes Bayesianas para inferir integridad ecológica en los ecosistemas mexicanos. Trabajo recepcional. Especialización en Métodos Estadísticos, Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana. 21 pp.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), 2016. Marco conceptual y guía metodológica para la Integridad ecológica en Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 39 pp.

Tierney, G. L., D. Faber, W. Langendoen, B. R. Mitchell, W. G. Shriver, y J. P. Gibbs, 2009. Monitoring and evaluating the ecological integrity of forest ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment 7:308–316.

Vélez R., L. A. y A. Gómez S., 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura CLXXXIV 729: 31-44.

VIII.4.10 IMPACTOS

Canadian Environmental Assessment Agency. 1999. Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide. The Cumulative Effects Assessment Working Group.

Canter, L. W. 1997. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. 2ª ed. McGraw Hill/Interamericana de España, S. A. U. Madrid, España, 84 p.

Conesa.-Fernández, V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 412 pp.

Eccleston, Charles H. 2001. Environmental impact assessment: a guide to best professional practices.

INECOL 2007. Monitoreo de murciélagos para el proyecto de Investigación Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) para conocer el escenario previo a la instalación de tres aerogeneradores. Instituto de Ecología, A. C. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 33 pp.

INECOL. 2003. Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular, para el Proyecto P.E. La Venta II.

INECOL. 2009. “Estudio prospectivo de fauna avifauna y quirópteros para las centrales eoloeléctricas Oaxaca I,II,III y IV, Oaxaca. Informe Final.

INECOL. 2011. “Plan de vigilancia de la fauna (aves y murcielagos) en la central eólica la venta II, Oaxaca 2011.

INECOL-CFE, 2007. Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Particular. Del Proyecto 31 CE La Venta III, Oaxaca. Reporte Final. Junio de 2007.

Pérez-Maqueo, O. 2003. Las Manifestaciones de Impacto Ambiental: un análisis crítico. Tesis Doctoral, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver. 160 pp + anexos.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2023. Guia para la presentación de la manifestación ambiental modalidad regional, México, D.F.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Norma Oficial Mexicana NOM–059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

UICN 2011. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

VIII.4.11 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Gauthreaux, S. A. Jr. and C. G. Belser. 1999. The behavioural responses of migrating birds to different lighting systems on tall towers. In Proceedings of Avian Mortality at Communications Towers Workshop (A. Manville, editor), 11 August 1999.

Hodos, W., A. Potocki, T. Storm and M. Gaffney. 2001. Reduction of motion smear to reduce avian collisions with wind turbines. Pp. 88-105. National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Proceedings. Prepared by Resolve, Inc., Washington DC.

Kingsley, A. and B. Whittam. 2001. Potential Impacts of Wind Turbines on Birds at North Cape, Prince Edward Island: A report for the Prince Edward Island Energy Corporation. Bird Studies Canada, Atlantic Region. 31 p.

Mossop, D.H. 1998. Five years of monitoring bird strike potential at a mountaintop wind turbine, Yukon Territory. CANMET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1993, Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SCT3-1995, Que regula el señalamiento visual y luminoso de objetos Diario Oficial de la Federación (dof-01-09-1996). México, D.F., México.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Norma Oficial Mexicana NOM–059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

Sterner, D. 2002. A Roadmap for PIER Research on Avian Collisions with Wind Turbines in California. California Energy Commission. 40 p.

U.S. Fish & Wildlife Service. 2003. Service Interim Guidance on Avoiding and Minimizing Wildlife Impacts from Wind Turbines. Washington D.C.

VIII.4.12 PRONÓSTICOS AMBIENTALES

CONAGUA. 2014. Estadísticas del Agua en México. 239 pp. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf.

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velásquez Montes A., Chias Becerril L., Ortíz Álvarez M. L., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales G. J., Márquez Huitzil R., (2004), Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEMARNAT-INE-UNAM, México, DF.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE