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
PROYECTO: Tepetate Solar

Agosto de 2026

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

La información detallada de estos contenidos de presenta en el Anexo técnico # 1

Es importante señalar, tanto a los promoventes y consultores que, el presente documento se emite de conformidad con el artículo 9 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, cuyo propósito fundamental es facilitar la presentación y entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.

En este sentido, se advierte que este documento no es un formato y tampoco un formulario para elaborar una MIA, pues se insiste en que su propósito principal es establecer directrices armónicas y puntuales respecto del contenido y requisitos que deben cumplir dichos documentos y que se establecen en la normatividad ambiental aplicable y vigente.

Se destaca el hecho de que, el presente documento está basado en los principios de simplificación, eficacia, eficiencia y economía procedimental administrativa, que permitan una atención y resolución más efectiva de la tramitología del procedimiento de evaluación de impacto ambiental; lo anterior, se traduce en que la información presentada por el promovente deberá ser clara y concisa, así como previamente analizada por el responsable de su elaboración, que contenga los elementos técnicos basados en estudios específicos, cuyo análisis permita formular los argumentos ponderativos que permitan la resolución de la solicitud de evaluación de impacto ambiental; así como, para facilitar la organización y consulta eficaz de los elementos técnicos y anexos que sustentan la información vertida.

Toda la información vertida en la MIA que se elabore conforme a lo establecido en la presente Guía, deberá sustentarse técnicamente anexando los estudios con la interpretación de sus resultados y conclusiones, planos, mapas, memorias descriptivas, documentales y demás elementos técnicos correspondientes.

Finalmente, es importante enfatizar que la presente guía concentra la generalidad de la información, contenido y requisitos que deben contener cualquiera de las modalidades de la MIA que prevé la normatividad aplicable y vigente, precisando que este documento también está integrado por los diversos anexos técnicos que se organizan por sector y tipo de proyecto; de tal suerte, que tanto el promovente como el consultor deberán observar y cumplir con la información, requisitos y documentos que se requieran en dichos documentos.

Nombre del proyecto[1/]:	Parque Solar Fotovoltaico TEPETATE Solar (PFv Tepetate S).

[1/]: Utilizar el mismo nombre en todos los documentos relativos a la MIA y en la publicación.

Promovente	
Nombre o razón social	Ocelote Solar, S. de R.L. de C.V.
Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental	
Nombre o razón social	Juan Ricardo Juárez Palacios
Nombre del responsable técnico de elaboración del estudio de impacto ambiental	Juan Ricardo Juárez Palacios
Correo(s) electrónico(s)	[redacted]

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención,

mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

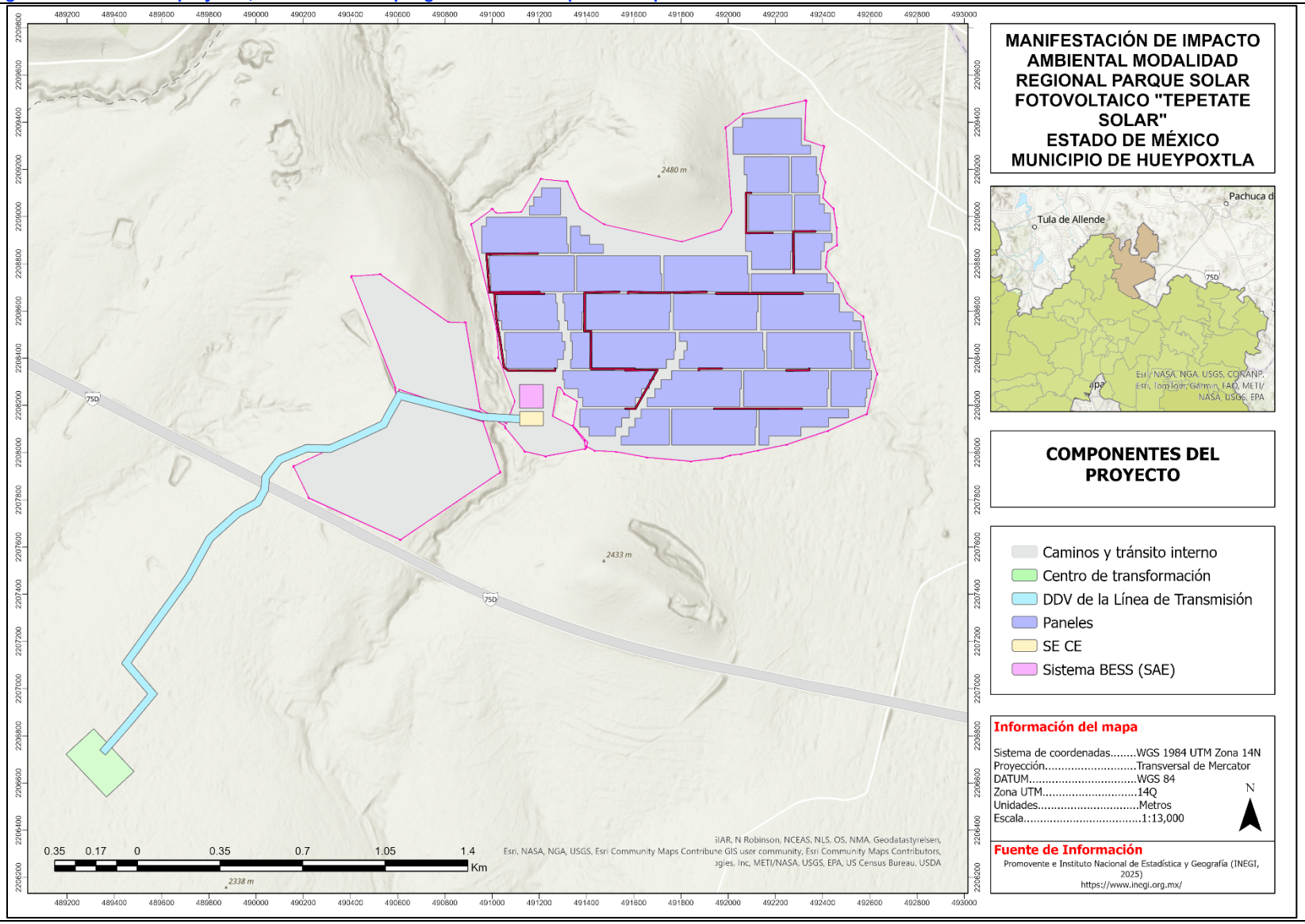
Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

Juan Ricardo Juárez Palacios

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

Ubicación del proyecto			
Entidad federativa	Estado de México	**Municipio**	Hueypoxtla
Calle y número, código postal o localidad, en caso aplicable	No aplica.		

Imagen de ubicación del proyecto, incluir todos los polígonos de los componentes que lo conforman



2/: Anexar planos georreferenciados en UTM, Datum WGS84, así como archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, del polígono general y de cada uno de los componentes del Proyecto, incluyendo obras complementarias y temporales; así como de los polígonos de las superficies de intervención y afectación y cambio de uso del suelo, referidas en la tabla de Superficies generales del Proyecto, asimismo en formato PDF y DWG del Proyecto.

DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS.

En esta presentación se presenta un resumen descriptivo de las obras y actividades; la versión extensa de esta descripción se detalla en el anexo técnico Nº 1.

El Proyecto TEPETATE SOLAR (en adelante el Proyecto) consiste en la construcción y operación de un parque solar para conexión a la Red Nacional de Transmisión (RNT) con las siguientes características de capacidades:

- Capacidad Instalada Neta en el Punto de Interconexión (**MW_{AC}**): 75.000
- Capacidad Instalada en Inversores (**MW_{AC}**): 84.150
- Capacidad Instalada en Módulos Fotovoltaicos (**MW_{DC}**): 105.2568

El proyecto contará con un sistema de almacenamiento eléctrico por medio de baterías del fabricante JINKO, con una potencia instalada por definir en el Estudio de Impacto en el Sistema que emita el Centro Nacional de Control de Energía en su Gerencia de Control Regional Central**.**

La central aprovechará la tecnología disponible con la instalación de 146,190 módulos fotovoltaicos para la captación de la energía solar. Este parque se compone conceptualmente de las siguientes partes y obras:

- Paneles fotovoltaicos
- Sistema de Almacenamiento por Baterías
- Subestación eléctrica Colectora (SE) Elevadora
- Línea de transmisión.

El Proyecto inyectará la energía producida en la subestación **SE APASCO en 230 kV**, perteneciente al Sistema Eléctrico mexicano a través de una línea de transmisión eléctrica (LT) que se inicia en la SE elevadora TEPETATE SOLAR localizada en el interior del parque.

Dentro del polígono de **219.1869 ha**, el área del vallado ocupará una superficie de 210.3108 ha dentro de la cual se ubicarán las obras e infraestructura, necesarias para la operación del proyecto fotovoltaico y la evacuación de la energía eléctrica generada; de esta superficie:

- Paneles (módulos) fotovoltaicos.
- Subestación de elevación.
- Caminos internos.
- Área de almacenamiento (Área BESS).
- Zanjas para cableado.
- Línea de transmisión.
- Centros de transformación,
- Obras de ocupación temporal.

Módulos fotovoltaicos: captan la radiación solar y la convierten en energía eléctrica en corriente continua (CC) mediante el efecto fotovoltaico. El tipo de módulo PV que se instalará en el proyecto es el denominado "*bifacial dual glass module*", este tipo de módulo incorporan una lámina en la cara posterior de la célula que, por un lado, permiten una mayor captación de la luz solar, y por otro, una mayor captación de electrones, por lo que se genera más electricidad y, en consecuencia, mayor potencia.

La constitución de un módulo PV es a base de celdas fotovoltaicas (ya sea del tipo monocristalino o policristalino) como la unidad básica, estas celdas se conectan entre sí para llegar a la potencia nominal del módulo de 720 W. Debido a la tecnología del módulo seleccionado para este Proyecto, las celdas que lo componen se agrupan y son unidas en una superficie denominada vidrio-vidrio.

El proyecto utilizará 146,190 módulos bifaciales JINKO Solar modelo Tiger Neo 66HL5-BDV 720 W con una potencia pico total de 95-688 mWp.

Las células monocristalinas que conforman los módulos solares seleccionados estarán diseñadas para soportar condiciones meteorológicas adversas, funcionando de manera eficiente sin interrupción durante toda su vida útil. Las células captan la energía de los fotones (rayos solares), las cuales a su vez formarán los módulos.

Estructuras de soporte: la estructura soporte será mediante seguidor a un eje monofila y estará formada perfiles laminados o conformados normalizados de acero galvanizado, lo cual le confiere las características idóneas para su situación a intemperie. Será un Seguidor horizontal monofila accionado mediante módulo de giro individual.

Seguidores solares (*trackers*): permiten que los módulos sigan el movimiento del sol a lo largo del día (uno o dos ejes), aumentando la captación de radiación solar y la eficiencia energética.

Sabiendo que el máximo aprovechamiento de la energía proveniente de la radiación solar se realiza cuando los módulos PV están situados en posición perpendicular a los rayos solares, el proyecto fotovoltaico contará con un sistema de seguidores horizontales de un eje con dirección Norte - Sur, con el fin de incrementar la generación eléctrica exponiendo y orientando los módulos en todo momento perpendicularmente en dirección al sol, aprovechando así la mayor radiación posible del sitio, los seguidores son parte del sistema de montaje de los paneles solares y a su vez el sistema de soporte al suelo.

El elemento central del subsistema lo constituyen los inversores fotovoltaicos, equipos electrónicos de potencia que realizan la conversión de corriente directa a corriente alterna mediante dispositivos semiconductores, tales como transistores de compuerta aislada (IGBT) o MOSFET. Estos equipos integran, además de la etapa de potencia, sistemas

de control digital, filtros de salida para la atenuación de armónicos y sistemas de enfriamiento que permiten mantener condiciones operativas adecuadas. Los inversores sincronizan la señal eléctrica generada con los parámetros de frecuencia, voltaje y fase requeridos por la red, contribuyendo a la estabilidad y calidad de la energía entregada.

Sistema de almacenamiento de energía (BESS): como parte de la estrategia de optimización operativa y gestión de la energía generada por el Proyecto PSFV Tepetate, se prevé la incorporación de un Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS, por sus siglas en inglés), tentativamente de la marca Jinko, el cual permitirá mejorar la estabilidad del suministro eléctrico, incrementar la eficiencia en la gestión de la energía y facilitar la integración con la red eléctrica nacional.

El sistema propuesto corresponde a una solución modular de almacenamiento a gran escala, basada en unidades contenerizadas de aproximadamente 20 pies, con una capacidad nominal del orden de 5 MWh por unidad, lo que permite su escalabilidad conforme a los requerimientos operativos del proyecto.

Centros de transformación: los centros de transformación en Tepetate Solar constituyen instalaciones eléctricas integradas cuya función es elevar el nivel de tensión de la energía generada, una vez convertida a corriente alterna por los inversores, para permitir su conducción eficiente dentro del sistema eléctrico del proyecto. Estos centros están conformados típicamente por transformadores elevadores (de baja a media tensión), celdas de maniobra, equipos de protección, medición y control, así como sistemas auxiliares asociados, los cuales pueden disponerse de manera compacta en estaciones prefabricadas o "*skids*". Su operación es esencial para reducir pérdidas eléctricas durante el transporte de la energía y para garantizar condiciones adecuadas de seguridad, confiabilidad y compatibilidad con la red interna y los sistemas de interconexión del parque fotovoltaico.

Inversores: transforman la energía generada por los módulos en corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), que es la forma utilizable por la red eléctrica. También sincronizan la frecuencia y voltaje para cumplir con las especificaciones de interconexión. La potencial nominal de cada inversor es de 3,825 KW y kVA. La ruta de la energía concentrada en los módulos en corriente directa pasa por varias etapas, una de ellas es el paso por los inversores solares. Cuando la corriente continua llega al inversor es dirigida a un circuito electrónico el cual convierte (invierte) la corriente continua en corriente alterna.

Subestación de elevación (SEE): La energía generada por los paneles FV y a su vez convertida a corriente AC por los inversores, es dirigida mediante la red de MT hacia la subestación ("SEE") elevadora interna del parque solar, esta SEE es donde se eleva el nivel de tensión de 34.5 kV de la red de MT al nivel de 230 kV. El nivel de tensión de 230 kV es necesario ya que justo ese valor es el nivel de tensión en el que opera el punto de interconexión (SE Maniobras de la CFE) donde finalmente la energía generada por el parque solar se inyectará al Sistema Eléctrico Nacional. El proyecto incluye la construcción y operación de una SE Elevadora de 34.5/230 kV en configuración sencilla de una sola bahía y un solo alimentador, todos los equipos que componen esta SE serán ubicados dentro de un mismo predio que ocupará una superficie aproximada de 0.6074 ha.

Red eléctrica interna de Media Tensión (MT): es el conjunto de líneas, equipos y obras civiles que operan típicamente en niveles de 13.2 kV, 23 kV o 34.5 kV dentro del parque, cuya función es transportar la energía eléctrica generada desde los centros de transformación hacia la subestación (SEE o SEM). Es una infraestructura integrada que incluye conductores, canalizaciones, protecciones, sistemas de puesta a tierra y elementos de maniobra.

Al interior del polígono de la SEE se establecerá una caseta de operaciones, donde se encontrarán las oficinas y todos los equipos electrónicos necesarios para la operación de todo el parque como la propia subestación.

Otros subcomponentes del proyecto que se ubicarán dentro de la SEE y cuya ubicación precisa en ese espacio se determinarán en el proyecto ejecutivo son:

- Área de oficina y edificaciones
  - Oficina de operaciones
  - Área de almacén temporal de residuos peligrosos
  - Estacionamiento
  - Sanitarios y otros espacios
- Sistemas periféricos de seguridad, vigilancia y mantenimiento.
- Almacén de confinamiento temporal de residuos peligrosos
- Sistema de iluminación periférica de la planta fotovoltaica. (nocturna.

Zanjas para cableado: se proyecta la apertura de zanjas para alojar los ductos que contendrán el cableado de evacuación de la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos, las cuales se desarrollarán lateralmente en alguna de las márgenes de los caminos internos.

Línea de transmisión y línea de interconexión: la LT de interconexión correrá desde la SEE que se estima estará ubicada en el extremo SW del PSFv Tepetate hacia la Subestación Apaxco de la CFE.

Infraestructura civil, auxiliar, control y seguridad:

Caminos internos: para facilitar el desplazamiento al interior del proyecto se construirá una red de caminos internos. Su estructura considera niveles de terracería, asimismo, se incorporarán obras de drenaje, donde sea necesario, como cunetas o canales para escurrimientos y pasos de agua, en los alrededores del camino, según se defina en la ingeniería civil del proyecto. La diferencia entre los caminos de acceso y los internos es que los internos consideran a un costado, la incorporación de una zanja para alojar el cableado proveniente del sistema eléctrico de MT principalmente.

Cercado perimetral energizado: el cercado perimetral eléctrico de la planta fotovoltaica será un sistema de seguridad activa que consiste en una malla con un cerco energizado en su parte superior, diseñado para disuadir, detectar e impedir el acceso no autorizado al interior del sitio, protegiendo los activos estratégicos del proyecto, en su parte inferior (a nivel del piso) dispondrá de pasos de fana para favorecer la interconexión de los hábitats.

Vida útil del proyecto: Tepetate Solar tendrá una vida útil de 30 años, con la posibilidad de prolongarla como resultado de las operaciones oportunas y eficientes de mantenimiento y a la adaptación de las nuevas tecnologías que vayan surgiendo al paso del tiempo.

INDICAR LAS OBRAS TEMPORALES PREVISTAS

Para el adecuado desarrollo de las etapas de preparación del sitio y construcción del parque fotovoltaico, será necesaria la habilitación temporal de infraestructura auxiliar y de apoyo logístico, cuya finalidad consistirá en garantizar condiciones operativas, administrativas, de seguridad, almacenamiento y control ambiental durante la ejecución de las obras. Estas instalaciones tendrán carácter provisional y permanecerán únicamente durante el periodo constructivo del proyecto, siendo retiradas al término de las actividades correspondientes, conforme a los criterios internacionales aplicables a proyectos de infraestructura energética y a las directrices de gestión ambiental para proyectos fotovoltaicos de gran escala (IFC, 2017)[i]; (IRENA, 2022)[ii].

La infraestructura mínima de ocupación temporal requerida comprenderá, de manera enunciativa mas no limitativa, los siguientes componentes:

- **Campamento temporal de obra**
  - Área destinada a funciones administrativas, coordinación técnica y resguardo operativo del personal responsable de la construcción.
  - Podrá incluir oficinas móviles, áreas de descanso, comedor, sanitarios portátiles, almacenes menores y casetas de control.
  - Su ubicación se definirá procurando minimizar movimientos de tierra y afectaciones a la vegetación existente, bajo criterios de ocupación temporal y reducción de impactos ambientales.
- **Patios temporales de almacenamiento**
  - Superficies destinadas al resguardo provisional de estructuras metálicas, paneles fotovoltaicos, cableado, transformadores, tuberías, postes, herrajes y demás insumos de construcción.
  - Contarán con áreas delimitadas para separación de materiales, maniobras de carga-descarga y circulación de maquinaria.
  - Se priorizarán superficies previamente alteradas o de baja sensibilidad ambiental, conforme a criterios internacionales de manejo de materiales y prevención de afectaciones al suelo (IFC, 2017, *op. Cit.*).
- **Áreas de maniobra y carga-descarga**
  - Espacios habilitados para el ingreso, estacionamiento temporal y operación de maquinaria pesada, grúas, plataformas, tractocamiones y vehículos de transporte de materiales.
  - Su función principal será facilitar las actividades logísticas y reducir riesgos operativos durante el montaje de infraestructura, favoreciendo además la seguridad industrial y la eficiencia constructiva (IRENA, 2022, *op. Cit.*).
- **Caminos temporales y accesos internos**
  - Vialidades provisionales destinadas a permitir la movilidad de maquinaria, personal y equipos hacia los distintos frentes de trabajo.
  - En la medida de lo posible se aprovecharán caminos existentes para minimizar apertura de nuevas superficies y reducir remoción de vegetación.
  - En zonas necesarias podrán requerirse mejoramientos superficiales, nivelaciones menores o colocación temporal de material pétreo, procurando mantener el patrón natural de escurrimientos y reducir procesos erosivos.
- **Áreas temporales de acopio de material producto de excavación**
  - Sitios destinados al depósito provisional de material proveniente de nivelaciones, excavaciones, perforaciones o habilitación de cimentaciones.
  - El material susceptible de reutilización podrá reincorporarse posteriormente en rellenos, conformación de taludes o estabilización de superficies, conforme a prácticas de manejo integral de materiales de construcción (IFC, 2017, *op. Cit.*).
- **Zona temporal de residuos**
  - Espacio delimitado para el almacenamiento temporal y segregación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos generados durante la construcción.
  - Contará con contenedores identificados y medidas de control para evitar dispersión de materiales o contaminación del suelo, en apego a las disposiciones ambientales aplicables y a los lineamientos de manejo de residuos para proyectos de infraestructura energética.
- **Instalaciones sanitarias provisionales**
  - Sanitarios portátiles y estaciones básicas de higiene para atención del personal de obra.
  - Su manejo y mantenimiento será realizado por empresas autorizadas, conforme a la normatividad sanitaria y ambiental aplicable.
- **Áreas temporales para combustible y lubricantes**
  - Espacios específicos para almacenamiento controlado de combustibles, aceites y lubricantes requeridos para operación de maquinaria.
  - Estas áreas contarán con medidas de seguridad y contención secundaria para prevenir derrames e infiltraciones al suelo, conforme a criterios internacionales de prevención de contaminación y manejo de sustancias potencialmente peligrosas (IFC, 2017, *op. Cit.*).
- **Red temporal de suministro eléctrico y agua**
  - Infraestructura provisional para abastecimiento de energía eléctrica y agua requerida durante la construcción.
  - Podrá consistir en plantas eléctricas móviles, líneas temporales, pipas o tanques de almacenamiento, según las necesidades operativas del proyecto.

- **Casetas de vigilancia y control de acceso**
  - Infraestructura básica para supervisión de ingresos y salidas de personal, maquinaria, vehículos y materiales.
  - Permitirá fortalecer condiciones de seguridad industrial, control operativo y trazabilidad de actividades durante la construcción (IRENA, 2022, *op. Cit.*).
- **Áreas de estacionamiento temporal**
  - Espacios provisionales destinados al resguardo de vehículos del personal técnico, supervisores y contratistas.
  - Serán habilitados procurando reducir compactación innecesaria del terreno y evitar afectaciones fuera de las áreas autorizadas.
- **Áreas de primeros auxilios y atención de emergencias**
  - Espacios básicos destinados a la atención inmediata de incidentes menores y resguardo de equipo de seguridad y protección civil.
  - Estas áreas formarán parte de los mecanismos de atención y respuesta previstos dentro de los programas de seguridad y contingencias del proyecto (IFC, 2017, *op. Cit.*).

Todas las instalaciones temporales anteriormente descritas serán diseñadas y operadas bajo criterios de mínima ocupación superficial, prevención de impactos ambientales y seguridad industrial, procurando en todo momento reducir afectaciones al suelo, vegetación, escurrimientos naturales y dinámica ambiental del sitio, conforme a las recomendaciones técnicas para proyectos fotovoltaicos de gran escala y a los principios preventivos establecidos en materia de evaluación del impacto ambiental (IRENA, 2022, *op. Cit.).*
Asimismo, una vez concluidas las etapas de preparación del sitio y construcción, la infraestructura temporal será desmontada y retirada, realizándose las acciones de limpieza, rehabilitación y, en su caso, restauración de las áreas temporalmente ocupadas, conforme a las medidas de mitigación y programas ambientales que deriven de la autorización correspondiente.

Operación y mantenimiento

La etapa de operación y mantenimiento corresponde al periodo durante el cual la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar generará energía eléctrica de manera continua mediante la conversión de la radiación solar en electricidad para su incorporación al Sistema Eléctrico Nacional. Esta fase tendrá una vida útil estimada de **30 años** y se caracterizará por una operación altamente automatizada, apoyada en sistemas de supervisión y control (SCADA) que permitirán monitorear en tiempo real el desempeño de los módulos fotovoltaicos, inversores, transformadores y demás equipos eléctricos, optimizando la eficiencia operativa y la atención oportuna de cualquier anomalía. Debido al elevado grado de automatización, la planta requerirá únicamente un número reducido de trabajadores permanentes para realizar labores de supervisión, vigilancia y mantenimiento.

El mantenimiento comprenderá actividades preventivas, predictivas y correctivas orientadas a preservar la confiabilidad, seguridad y eficiencia de las instalaciones. Entre ellas destacan la inspección periódica de módulos, estructuras, cableado, transformadores y sistemas de protección eléctrica, así como la sustitución de componentes que alcancen el término de su vida útil o presenten fallas. La limpieza de los módulos fotovoltaicos se realizará preferentemente mediante métodos mecánicos en seco, con el propósito de minimizar el consumo de agua, mientras que el control de la vegetación se efectuará mediante procedimientos mecánicos compatibles con la conservación del suelo y la cobertura vegetal.

Durante esta etapa el proyecto presentará un consumo reducido de insumos y una generación limitada de residuos, principalmente de tipo urbano, de manejo especial y, en menor proporción, residuos peligrosos asociados al mantenimiento de equipos, los cuales serán manejados conforme a la legislación ambiental aplicable. En conjunto, la fase de operación y mantenimiento se distingue por su baja demanda de recursos naturales, la ausencia de emisiones atmosféricas derivadas de procesos de combustión y un reducido nivel de impactos ambientales en comparación con otras tecnologías convencionales de generación eléctrica (IEA, 2024)[iii]; (IRENA, 2023)[iv]; (NREL, 2023)[v].

Indicar los tipos de obras o actividades del Proyecto conforme al artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

El presente proyecto se somete al procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental de competencia federal, al ubicarse dentro de los supuestos previstos en el **artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)** y en el **artículo 5, fracción K, del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA)**. Si bien dicha fracción no menciona de manera expresa a las plantas fotovoltaicas, su contenido comprende los **proyectos destinados a la generación de energía eléctrica**, citando únicamente algunos ejemplos específicos, entre ellos los proyectos eoloeléctricos. En consecuencia, la referencia a la energía eólica no constituye una enumeración limitativa, sino ejemplificativa de una categoría más amplia de infraestructura para la generación de electricidad.
Bajo este criterio de interpretación sistemática y teleológica, las plantas fotovoltaicas constituyen igualmente instalaciones destinadas a la generación de energía eléctrica, por lo que su evaluación corresponde a la Federación a través del procedimiento previsto en la LGEEPA y su Reglamento. Este criterio ha sido aplicado de manera constante por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que desde hace más de una década tramita y resuelve las Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos fotovoltaicos con fundamento en las disposiciones antes citadas, consolidando una práctica administrativa uniforme y consistente.

Costo de inversión del proyecto ($)	Costo de medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración ($)	Total ($)
$1,395,000,000.00	$8’500,000.00	$1,403,500,000.00

DURACIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO (CONFORMA AL CRONOGRAMA DE TRABAJO		
Etapa	**Duración**	
Preparación del sitio y construcción	3 años (36 meses)	
Operación y mantenimiento	30 años.	
Cierre y abandono del sitio3/	18 meses.	
3/: anexar en los casos aplicables el programa de cierre de operaciones, desmantelamiento, abandono y/o restauración del sitio.		
TABLA RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO		
Concepto	**Preparación del sitio y construcción (Cantidad y unidades)4/**	**Operación (Cantidad y unidades)4/**
Consumo de energía eléctrica	162 a 2,160 MWh durante toda la etapa constructiva	953 MWh/año, suministrados por la propia planta
Consumo de agua (potable)	1,080 a 15,570 m³ durante construcción	730 m³/año
Consumo de agua (para riego y conformación de mezclas (cemento-grava-arena)	18,000 a 48,000 m³ durante preparación/construcción	600 m³/año
Emisiones de gases de efecto invernadero	≈ 1,725–10,139 t CO_2e durante construcción	130 t CO_2e/año
Aprovechamiento de otros recursos naturales • Suelo vegetal • Material producto de excavación • Radiación solar	Aprovechamiento interno estimado: 52,605 m³ Reutilización estimada: 5,000 – 40,000 m³ No aplica como consumo	No aplica No aplica Recurso energético principal: 105.2568 MWDC instalados / 75 MWAC en punto de interconexión
Generación de residuos – Peligrosos		
Generación de residuos – Manejo especial	704 – 1,520 t/etapa	5 – 15 t/año
Generación de residuos – Sólidos urbanos	45 – 90 t/etapa	1.5 – 4.0 T/año
Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando cuerpo receptor y la ubicación del sitio específico de descarga, georreferenciado en UTM Datum WGS84		Sanitario de caseta de control (4 personas): 100 l/día
Otros en su caso (especificar)	No aplica	**No aplica**
Detalle de estimación de los volúmenes reportados en Anexo técnico # 1.		
4/: Anexar memorias de cálculo de los datos asentados		
SUPERFICIES GENERALES DEL PROYECTO		
Concepto	**Superficie**	
Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del proyecto	219.1869 ha	
Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones[5/]		
Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas[6/]		
Superficie total por vegetación[7/]	Existente	Por afectar
Superficie de vegetación forestal total[8/]	49.0356 ha (Vegetación secundaria arbustiva de matorral	
Superficie por cada tipo de vegetación	Crasicaule.	
Tipo de vegetación 1(Vegetación Secundaria Arbustiva de matorral crasicaule)	49.0356 ha (22.72% de la superficie total de desarrollo del proyecto)	
Tipo de vegetación 2	No aplica	
Tipo de vegetación 3	No Aplica	
Superficie de incidencia en cuerpos de agua (temporal y/o permanente).	No Aplica	

Superficie de incidencia en zona federal (temporal o permanente)	No aplica
Superficie de incidencia en zona federal marítimo terrestre (temporal o permanente)	No Aplica
5/ Considerar las superficies por componente/obra y total que ocuparán las construcciones e instalaciones que contemple el Proyecto. 6/ Incluir las superficies que serán intervenidas pero que no contarán con construcciones o instalaciones definitivas, como campamentos, patio de maniobras, almacenes, bodegas, entre otros. 7/ Incluir la superficie que contenga todo tipo de vegetación (nativa u original, inducida, secundaria, entre otros) dentro del área de intervención o del predio. 8/ Las superficies y polígonos de cambio de uso del suelo deberán ser congruentes con las superficies de los polígonos para la obtención de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.	
De acuerdo con las características del Proyecto, complementar la información de la presente Guía incorporando la información y documentación requerida conforme a los anexos por sector y subsector e incluir la información relativa al estudio de riesgo en caso de actividades consideradas altamente riesgosas de conformidad con el Primer y Segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas.	
De conformidad con el artículo 34 de la LGEEPA, el Promovente deberá publicar9/ a su costa, un extracto del Proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad o entidades federativas de que se trate, dentro del plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la manifestación de impacto ambiental a la Secretaría, debiendo acreditarlo por escrito dentro de los siguientes tres días contados a partir de la fecha de publicación; sin lo cual, no podrá integrarse debidamente el expediente. Para efecto de acreditar la publicación antes referida, el Promovente podrá proporcionar el enlace o vinculo a la página web del periódico respectivo donde conste dicha publicación.	
9/ No realizar la publicación antes de ingresar la MIA ante la Secretaría.	

[i] IFC.. 2017. *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Electric Power Transmission and Distribution*. International Finance Corporation. World Bank Group. https://www.ifc.org

[ii] IRENA. 2022. *Utility-scale solar photovoltaic power plants: Technical and environmental considerations*. International Renewable Energy Agency IRENA. https://www.irena.org

[iii] International Energy Agency (IEA). (2024). *Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030*. https://www.iea.org/

[iv] International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable Power Generation Costs in 2022*. Abu Dhabi: IRENA.

[v] National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2023). *Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance*. U.S. Department of Energy.

Agosto/2026

CAPÍTULO II: VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE EL USO DE SUELO		
Nombre del Instrumento Jurídico[1/]	**Disposiciones y restricciones aplicables al proyecto en materia de evaluación de impacto ambiental (EIA)[2/]**	**Congruencia o cumplimiento (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de como el proyecto se ajustará al instrumento)**
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	*Artículo 3º,- Para los efectos de esta Ley se entiende por:* … *Manifestación de impacto ambiental: el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo* (Énfasis añadido).	Con el objeto de cumplir con el alcance de esta definición, la misma es asumida en toda su amplitud y la integración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) se concentra en un documento en el cual se sintetizan los diversos estudios de gabinete y de campo realizados, destacando que los estudios de gabinete tienen igual rango de importancia que los de campo ya que, en la mayoría de los casos complementan con información técnica y científica valida (sobre todo cuando esta se encuentra publicada en fuentes válidas), los registros que pudieran derivar de muestreos, verificaciones y observaciones levantadas en el sitio del 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:* … *II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica; […]*	El proyecto consta de la construcción, operación y mantenimiento de un parque fotovoltaico cuyos detalles, componentes y alcances se detallan en el capítulo II de esta MIA-R. Por lo que se refiere a la importancia del artículo 28 de la LGEEPA, el proyecto es una infraestructura del sector eléctrico, por lo que, ajustando la iniciativa a la relevancia del precepto, se realiza esta MIA-R para solicitar a la autoridad federal competente, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) adscrita a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la autorización de dicho proyecto en materia de impacto ambiental; con lo anterior se está cumpliendo con el alcance de este artículo.
	VII.- Cambios de uso de suelos de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.	Cabe mencionar que, el establecimiento del proyecto pudiera requerir la remoción de vegetación forestal de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en una superficie de 49.7914 ha equivalentes al 23.32 % de la superficie total del AeP (210.3108 ha) por lo que. de ser obtenida la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, se gestionará la autorización correspondiente al cambio de

		uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), ante la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el Estado de México, Consecuentemente con lo anterior, en la eventualidad de obtener la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, la cual se gestiona con la presente M;IA-R, ésta habrá considerado el impacto ambiental derivado del cambio de uso de suelo del área forestal ubicada al interior del AeP.
	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 él 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. […]*	El proyecto cumple esta disposición vinculante al presentar a la consideración de la autoridad federal competente, la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) correspondiente al proyecto y, concebida ésta como "el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría un proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo". Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA-R. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, es el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, con esa orientación y alcances se integra esta Manifestación, lo cual es evidencia del cumplimiento a la disposición que se analiza. En tal virtud, la promovente, somete a evaluación la presente MIA-R que contiene en el Capítulo IV una descripción de los posibles efectos en los ecosistemas que podrían ser impactados, teniendo en cuenta el conjunto de elementos que lo conforman y que se exponen en el citado Capítulo IV, así como medidas de prevención, compensación y mitigación para reducir el alcance de los eventuales impactos que se generen con la ejecución del proyecto lo cual se detalla en el Capítulo IV de esta MIA-R.
	Artículo 34, fracción I: …el promovente deberá publicar a su costa, un extracto del proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa de que se trate, dentro del plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la manifestación de impacto ambiental a la secretaría.	Tal y como lo dispone este artículo, el promovente se compromete a publicar un extracto del proyecto en algún periódico del Estado de México, en el lapso comprendido en cinco días posteriores al día del ingreso del proyecto e ingresar a la ventanilla de la autoridad la evidencia correspondiente. Se propone publicar en las ciudades de México o Toluca, Estado de México, ya que en el Municipio de Hueypoxtla y en los municipios aledaños, no se publican periódicos.
	Artículo 35. *Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas*	Es importante afirmar que, si bien la disposición contenida en el artículo 35 de la LGEEPA está dirigida a indicar a la autoridad que conduce el procedimiento de EIA, en términos

	en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá: I.- Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados; II.- Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o III.- Negar la autorización solicitada, cuando: a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables; b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate. La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate. *La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.*	de los dispuesto por el primer párrafo del artículo 28 de la misma ley, los elementos sustantivos de su trabajo de valoración, la promovente considero trascendente evidenciar en este apartado cómo satisface el proyecto los rubros sustantivos que la autoridad deberá identificar en los capítulos correspondientes de esta MIA-R, particularmente en los Capítulos III y IV. Es oportuno mencionar que el proyecto se ajusta a las formalidades previstas en la LGEEPA desde el momento mismo en que, con apego en el artículo 28 de este ordenamiento se asume sin restricciones que el objetivo medular del proyecto está basado en actividades que están sujetas a obtener la autorización previa en materia de impacto ambiental de parte de la SEMARNAT; las actividades en comento están contempladas en la fracción II del citado precepto. En el mismo contexto, en el análisis que se desarrolla a lo largo de este capítulo se ofrece la evidencia de cómo el proyecto cumple con las disposiciones contenidas en los programas de desarrollo urbano, programas de ordenamiento ecológico del territorio, declaratorias de áreas naturales protegidas, normas oficiales mexicanas y demás dispositivos normativos aplicables. Demostrando a la autoridad, a través de este ejercicio de vinculación, la viabilidad para autorizar la realización del proyecto. Aunado a lo anterior y de acuerdo con el análisis realizado en el Capítulo IV de esta MIA-R, si bien se podrían tener afectaciones a individuos de las especies potenciales que cuentan con algún estatus de protección, éstos no podrían ocasionar que una o más de estas especies sea considerada como amenazada o en peligro de extinción; considerando además que los vertebrados terrestres, reptiles y mamíferos, pudieran ser los grupos más susceptibles a ser afectados durante el desarrollo del proyecto, principalmente durante la etapa constructiva, razón por la cual se plantean una serie de acciones (medidas) tendientes a reducir la intensidad del impacto potencial (Capítulo IV). Finalmente, para dar cumplimiento al inciso c) de la fracción III del artículo que se analiza en este momento, relativo a la veracidad de la información que se proporciona en cada uno de los capítulos que conforman la MIA-R que se somete a consideración de la autoridad, el responsable técnico de la MIA-R suscribe la declaración correspondiente indicada en el primer párrafo del artículo 35-BIS-1 de la LGEEPA, la cual forma parte integral de la MIA-R; aunado a que se incluye la bibliografía que da soporte a las metodologías, técnicas o experiencias que aborden rubros relacionados con el tema de que se trate, con la finalidad de ofrecer a la autoridad la

		evidencia de que lo que se manifiesta en la identificación de los impactos correspondientes se ajusta a una realidad o se justifica con evidencias técnicas o científicas.
	Artículo 35 Bis 1.- Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.	La promovente testifica que se ha asegurado del cumplimiento cabal de esta disposición y el consultor que elaboró esta MIA suscribirá el escrito con el cuál constata que está dando cumplimiento a esta previsión, con lo cual el proyecto satisface la vinculación que debe asegurar con esta disposición. Dicho escrito se anexa al expediente que integra la documentación de la MIA-R como parte integrante de la misma.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Artículo 3 fracción IX. *Esta fracción define el concepto de impacto ambiental significativo en los siguientes términos:* *IX. 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.*	La definición del concepto se asume como un elemento vinculante con el proyecto, toda vez que cuando la LGEEPA define lo que es una manifestación de impacto ambiental (fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA) alude a: "un documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el <u>impacto ambiental significativo</u> y potencial que generará una obra o actividad…"; en tal sentido, en el capítulo V de esta MIA-R se hace un análisis exhaustivo respecto a la identificación y, en su caso, la valoración de los impactos ambientales identificados, tendiente a determinar su significancia con base en los alcances que este mismo instrumento define, esto es, que los impactos identificados: • Resulten de la acción del hombre, • Provoquen alteraciones en los ecosistemas y en sus recursos naturales, o • Provoquen alteraciones en la salud (de las personas), • Obstaculicen la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, Obstaculicen la continuidad de los procesos naturales
	Artículo 5. *Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.* *K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:* ***I.*** *Construcción de plantas …;* ***II.*** *Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;* ***III.*** *Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y ...* ***IV.*** *Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW* *Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores <u>no requerirán autorización en materia de impacto ambiental</u> cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, <u>rurales, agropecuarias</u>, industriales o turísticas. (énfasis añadido)*	El proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de un parque fotovoltaico con las características y superficies ya descritas en el capítulo II. En cumplimiento con lo dispuesto en este artículo y atendiendo a que el proyecto forma parte de la industria eléctrica en un sentido amplio, se somete a dictamen previo la presente MIA-R para obtener su aprobación en materia de impacto ambiental, con lo cual se satisface el alcance de la presente disposición. La naturaleza del proyecto, en términos del RLGEEPAMEIA, no se encuentra definida como tal (central fotovoltaica), no obstante, su ejecución requiere la autorización previa de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental, por esa razón se estructuró e integró esta MIA-R ya que ese es el procedimiento definido por el Artículo 30 de la LGEEPA.

	O) Cambios de uso de suelo *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, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;* *II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y* *III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.*	Por lo que se refiere al alcance del inciso O) del artículo 5º, tal y como se describe en el Capítulo III de esta MIA-R, en los terrenos que pretende ocupar el proyecto se registró la presencia de vegetación forestal en una extensión equivalente al 23.32 % de la superficie del terreno para el AeP (210.3108 ha) por lo que, ***la solicitud de autorización del proyecto en materia de impacto ambiental que se presenta a esa DGIRA con este documento, no solo se refiere al alcance del proyecto como un elemento de la industria eléctrica sino también al impacto ambiental que podría derivar del cambio de uso de suelo***; con lo cual quedan satisfechos los alcances de los dos rubros del artículo 5º en los que incide el proyecto y con lo cual se evidencia la vinculación de esta gestión con el alcance de ambos preceptos (inciso K e inciso O). En el mismo sentido, una vez obtenida la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, se gestionará la autorización de CUSTF ante la Representación de la SEMARNAT en el Estado de México.
	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.* *La información que contenga la Manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias relevantes vinculadas con la realización del proyecto.* *La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.* *La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.*	Conforme al artículo referido, el presente documento conforma la MIA-R a que se refiere el precepto en análisis, en la modalidad que el propio RLGEEPAMEIA define, por lo que su alcance queda cumplido. El contenido de esta MIA-R se obtuvo de la página WEB de la SEMARNAT la “Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional” (2022), con la que elaboró el documento del cual forma parte este capítulo en el que se ofrece la información relativa a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto. En su Capítulo V identifica, describe y evalúa los impactos ambientales que pudiera ocasionar el proyecto, de tal suerte que en el capítulo VI se describen las medidas y los programas de medidas que la empresa compromete ejecutar para evitar, disminuir o corregir tales impactos y, en función de estas acciones, construirá escenarios que aportarán los elementos necesarios para que la autoridad evalúe la pertinencia del proyecto.
	Artículo 10. *Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:* ***I.*** *Regional, o Particular.*	Con el objeto de cumplir con la normatividad ambiental aplicable al proyecto, y, en lo relativo al alcance de esta disposición, el proyecto se traduce a una MIA-R, concebida ésta como el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y

		potencial que generará el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, será el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto y, en esa orientación se integra la presente MIA-R.
	Artículo 11. *Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:* ***I.*** *Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas.* ***II.*** *Un conjunto de obras y actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento.* ***III.*** *Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y* *Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.*	La modalidad adoptada para presentar esta MIA-R a la consideración de la autoridad fue la modalidad regional, en virtud de que así lo tiene establecido el área administrativa competente de la SEMARNAT. El alcance de los cuatro supuestos detallados por el artículo en análisis no ofrece resultados que pudieran refrendar la definición de la modalidad adoptada; en este sentido el proyecto no se ajusta a ninguno de los tipos de proyectos detallados en la fracción primera y mucho menos se prevé que pudiera “alterar” la cuenca hidrológica dentro de la cual pretende establecerse ya que ello supondría que podría desviar, disminuir o modificar el caudal de las corrientes de agua superficiales que cursan en su interior o modificar sus parteaguas o incluso afectar la calidad de sus aguas, nada de lo cual es factible de ocurrir aun operando el proyecto, todo ello se analiza detenidamente en el Capítulo V de esta MIA-R. Por lo que se refiere al alcance del supuesto II, resulta obvia su inaplicabilidad para el proyecto, ya que la iniciativa que se aborda en esta MIA-R corresponde a un parque fotovoltaico y no a un plan o a un programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que es sometido a la consideración de la Secretaría. El alcance del supuesto contenido en la fracción III debe explicarse considerando la redacción de este texto se refiere a que, en la MIA-R que se somete a la dictaminación de la autoridad se considere la inclusión de un conjunto de proyectos de obras y actividades y, en segundo término, que esa iniciativa, como todo proyecto (individual o que forme parte de un conjunto) pretende establecerse en una región ecológica determinada, en este sentido baste considerar que la regionalización ecológica del país definida por disposición de la LGEEPA en su artículo 20, fracción I, es delimitada en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en este sentido este instrumento divide a todo su territorio en 80 regiones ecológicas, que lo cubren en su totalidad, consecuentemente no existen un espacio, por

		pequeños que sea, del territorio que no forme parte de una región ecológica, en tal sentido este criterio tiene que ir íntimamente asociado a que la iniciativa que se incluye en la MIA-R considere a un conjunto de proyectos de obras y actividades. Al respecto es importante destacar que este alcance de la fracción III del artículo 11 del RLGEEPAMEIA no se refiere a que en el área donde pretenda establecerse el proyecto haya (establecidos o en proceso de establecerse) otros proyectos de la misma naturaleza ya que la disposición reglamentaria es clara y no hace esa distinción, por ello cabe transcribir el principio general del Derecho que estipula que "donde la Ley no distingue un servidor público, no tiene por qué distinguir", consecuentemente el criterio que parece aplicarse para obligar a estos proyectos a someterse a la modalidad ambiental porque pretenden establecerse en áreas con proyectos (establecidos o por establecerse) de la misma naturaleza, no puede concretarse como una disposición derivada del texto reglamentario. Por último y en lo que se refiere lo que se refiere al supuesto IV del artículo 11, como cualquier proyecto de la naturaleza que sea, éste pretende desarrollarse en un sitio en el cual interactuará con los diferentes componentes ambientales regionales y, si bien de esa interactuación se pronostica la posibilidad de que ocurran impactos ambientales, acumulativos, sinérgicos o residuales, ese alcance del pronóstico no basta para llevar la MIA-R a una modalidad regional, tiene que satisfacerse el complemento del texto que dispone que esos impactos (en su carácter de significativos) "*pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas*", en tal situación, en el Capítulo V de esta MIA-R se pone en evidencia que esta posibilidad no se prevé pueda ocurrir con la construcción, operación y/o mantenimiento del proyecto. No obstante, lo anterior, el promovente se allana a la disposición de la autoridad y adopta la modalidad regional en la MIA con a la intención de realizar una gestión expedita y que prevea un alcance más detallado de los efectos que pudiera ocasionar en el sistema ambiental regional.
	Artículo 13. *La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:* *I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;* *II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;* *III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;*	En total apego a lo dispuesto por este artículo, la presentación a la autoridad de este documento (MIA-R) para su dictamen de procedencia, con la estructura compuesta de ocho apartados (capítulos) definidos en este precepto, para solicitar la autorización del proyecto en materia ambiental, es la mejor evidencia del cumplimiento al alcance del artículo 13 del RLGEEPAMEIA. Esta disposición se adecua además al alcance del Decreto publicado en el DOF el 1º de Abril de 2026.

	IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; *V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y* *Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.*	Se destaca que conforme a los alcances del formato de la nueva Guía para elaborar las manifestaciones de impacto ambiental, emitida por la SEMARNAT en el mes de mayo próximo pasado, los contenidos establecidos por el artículo 13 del RLGEEPAMEIA, se integran en los cuatro capítulos que conforman esta MIAR.
	Artículo 14.- Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.	Con sustento en esta previsión del artículo 14 del RLGEEPAMEIA, el promovente presenta en esta misma MIA-R la información relativa al proyecto en materia de una infraestructura de la industria eléctrica y de una obra y actividades que pretende establecerse en terrenos que disponen de vegetación forestal, por lo que incluye también la información relativa al cambio de uso de suelo.
	Artículo 17.- El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando: ***I.*** *La manifestación de impacto ambiental;* ***II.*** *Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y* *Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondiente.*	El contenido del expediente que se ingresa a la consideración de la autoridad se ingresa mediante los instrumentos indicados en este artículo (artículo 17). Con lo anterior la promovente evidencia la vinculación de su gestión con las disposiciones del RLGEEPAMEIA en este artículo
	Artículo 19.- La solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, sus anexos y, en su caso, la información adicional, deberán presentarse en un disquete al que acompañarán cuatro tantos impresos de su contenido. *Excepcionalmente, dentro de los diez días siguientes a la integración del expediente, la Secretaría podrá solicitar al promovente, por una sola vez, la presentación de hasta tres copias adicionales de los estudios de impacto ambiental cuando por alguna causa justificada se requiera. En todo caso, la presentación de las copias adicionales deberá llevarse a cabo dentro de los tres días siguientes a aquel en que se hayan solicitado.*	El contenido del expediente que se ingresa a la consideración de la autoridad se ingresa mediante los instrumentos y en el número de copias indicados en este artículo (artículo 19). De la misma forma y, de ser el caso, la promovente anticipa su voluntad de atender requerimientos eventuales de la autoridad respecto a copias adicionales de la MIA-R de su proyecto. Con lo anterior la promovente evidencia la vinculación de su gestión con las disposiciones del RLGEEPAMEIA en este artículo.
	Artículo 36.- Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del	En tal sentido, en este ejercicio se hace uso de procesos eficientes de hermenéutica y de análisis vinculatorio que aseguren la congruencia con las disposiciones de todos los instrumentos jurídicamente vinculantes. Por otra parte, de manera preliminar al desarrollo del análisis vinculatorio de los ordenamientos jurídicos aplicables al proyecto en materia

	país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales. *La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley, sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.*	ambiental, se analizan sucintamente aquellos instrumentos de planeación relacionados con el sector en el que se inscribe el proyecto que aborda esta MIA-R.
	Artículo 38.- Los expedientes de evaluación de las manifestaciones de impacto ambiental, una vez integrados en los términos del artículo 20 del presente reglamento, estarán a disposición de cualquier persona para su consulta. *El promovente, desde la fecha de la presentación de su solicitud de evaluación en materia de impacto ambiental, podrá solicitar que se mantenga en reserva aquella información que, de hacerse pública, afectaría derechos de propiedad industrial o la confidencialidad de los datos comerciales contenidos en ella, en los términos de las disposiciones legales aplicables. Asimismo, la información reservada permanecerá bajo responsabilidad y custodia de la Secretaría, en los términos de la Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.* *En todo caso, el promovente deberá identificar los derechos de propiedad industrial y los datos comerciales confidenciales en los que sustente su solicitud.*	De acuerdo a lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo en análisis (artículo 38), el promovente solicita a la autoridad mantener en reserva la información que, de hacerse pública, afectaría derechos de propiedad o la confidencialidad de los datos comerciales contenidos en ella, en los términos de las disposiciones legales aplicables, para lo cual anexa al expediente de ingreso de la MIA-R un documento en el cual se ha cancelado la información que la promovente solicita a la DGIRA/SEMARNAT mantener en reserva en los términos de la Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.
	Artículo 41.- La Secretaría, dentro de los cinco días siguientes a la presentación de la solicitud, notificará al interesado su determinación de dar o no inicio a la consulta pública. *Cuando la Secretaría decida llevar a cabo una consulta pública, deberá hacerlo conforme a las bases que a continuación se mencionan:* *I. El día siguiente a aquel en que resuelva iniciar la consulta pública, notificará al promovente que deberá publicar, en un término no mayor de cinco días contados a partir de que surta efectos la notificación, un extracto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa donde se pretenda llevar a cabo; de no hacerlo, el plazo que restare para concluir el procedimiento quedará suspendido. La Secretaría podrá, en todo caso, declarar la caducidad en los términos del artículo 60 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.* *El extracto del proyecto de la obra o actividad contendrá, por lo menos, la siguiente información:* ***A)*** *Nombre de la persona física o moral responsable del proyecto;* ***B)*** *Breve descripción de la obra o actividad de que se trate, indicando los elementos que la integran;*	Si bien este precepto deriva de la decisión de la autoridad cuando hubiera decidido realizar una consulta pública, la disposición de la fracción I ha sido asumida por la autoridad como una obligación independiente de la consulta pública y ordena a los promoventes realizar dicha publicación, por lo que para efectos del proyecto que se considera en esta MIA-R, el promovente compromete cumplir con la publicación del extracto en el lapso comprendido en los cinco primeros días posteriores al ingreso de la MIA-R a la ventanilla del espacio de contacto ciudadano, con los contenidos indicados en este precepto. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.

	C) *Ubicación del lugar en el que la obra o actividad se pretenda ejecutar, indicando el Estado y Municipio y haciendo referencia a los ecosistemas existentes y su condición al momento de realizar el estudio, y* *d) Indicación de los principales efectos ambientales que puede generar la obra o actividad y las medidas de mitigación y reparación que se proponen;*	
	Artículo 44. *Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:* *I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;* *II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y* III. *En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.*	En el Capítulo IV de esta MIA-R se ofrece a la autoridad la evidencia de que el análisis de los factores ambientales que constituyen el ecosistema se realiza de una manera integral, considerando todos los elementos que lo constituyen y no únicamente los que van a ser objeto de aprovechamiento o afectación. El contenido de esta MIA-R permitirá a la autoridad dictaminar la procedencia del cumplimiento del proyecto respecto del alcance de la fracción I del artículo 44. En el Capítulo IV de la presente MIA-R se ofrecen evidencias de indicadores que demuestran que el ecosistema en donde se pretende establecer el proyecto no reúne los atributos característicos de un ambiente conservado. Alcances de la fracción II: en lo relativo a la consideración de los efectos de las obras y/o las actividades del proyecto, en el o en los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento y/o afectación, en el Capítulo IV de la presente MIA-R se hace la identificación, valoración y el análisis de fragilidad y susceptibilidad de los sub-factores y de los factores de mayor relevancia, constitutivos de los ecosistemas sobre los cuales incidirá el proyecto y no únicamente de aquellos que como el suelo, la vegetación, la fauna y ciertos procesos ecosistémicos, podrán resultar afectados por su establecimiento; esta consideración holística derivó no sólo de la obligación que deviene de la disposición que se analiza, sino de la interrelación que sustenta a la funcionalidad de los ecosistemas y que, deriva en efectos “dominó” cuando un sub-factor del ambiente es afectado de manera irreversible y ello provoca alteraciones de diferente magnitud sobre otros sub-factores interrelacionados; el análisis de las interacciones de los efectos se detalla en el Capítulo V, en el cual, la metodología de identificación de impactos empleada permite determinar el alcance de cada efecto para identificar impactos directos, indirectos o inducidos, lo cual requiere del conocimiento integral del conjunto de factores y sub factores de los ecosistemas en los cuales incidirá el proyecto y, por otro lado, permite prever el surgimiento de impactos no previstos

		por insuficiencia del proceso; en adición el esfuerzo también alcanza al establecimiento de las medidas de reducción, mitigación o compensación de esos efectos (impactos), las cuales se describen en el Capítulo VI; con esto queda en evidencia la atención y cumplimiento del alcance de éste apartado del artículo 44 del RLGEEPAMEIA por parte del proyecto. Alcances de la fracción II: los recursos naturales que serán "utilizados" de forma tal que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos. En lo referente al complemento de la disposición, esto es respecto a la "capacidad de carga" del ecosistema, asumiendo de manera supletoria la definición que respecto a ese concepto establece la fracción III del artículo 3° de la Ley General de Vida Silvestre. "*Artículo 3o. …* *III. Capacidad de carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico*". Del contenido de la disposición transcrita, resulta notable destacar para efecto del proyecto que nos ocupa, se realizaron los estudios específicos para integrar la MIA-R, diagnóstico ambiental relativo a la descripción de los principales componentes del ambiente y su valoración a nivel ecosistémico asociado en criterios de fragilidad ambiental tomando como variables el tipo de cubierta vegetal, y su estado de conservación; esta relación, en el contexto del análisis del SAR delimitado, permitió conocer cuáles son los principales procesos ecológicos que definen la integridad funcional del ecosistema presente, considerando ésta integridad funcional, bajo la siguiente definición conceptual: "*Un ecosistema tiene integridad si conserva suficiente biodiversidad, estructuras y funciones (bióticas y abióticas), para mantener su capacidad de auto organización y complejidad a través del tiempo*". Partiendo de la anterior definición, los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional delimitado, para efecto de la construcción del proyecto, muestra una amplia gama de procesos antrópicos que han ocurrido, y que siguen ocurriendo, producto de la intervención humana, y que continúan modificando la estructura y funcionamiento de los mismos. Por lo tanto, y en este contexto específico, no es posible hablar o determinar sobre la integridad funcional cuando los

		atributos de los ecosistemas, tanto a nivel de componentes como de procesos, carecen de partes, lo cual, no significa necesariamente que no sigan funcionando o no puedan continuar. Se hace visible que el estado de presión al que están sometidos, supera, por mucho, la capacidad de carga de los mismos, al contar con elementos externos cuya ocupación territorial poco a poco gana terreno sobre las áreas naturales o bien se generan procesos que modifican los valores de conservación de los ensambles y, con ello, la propia estructura de los ecosistemas. Bajo este enfoque y conforme a la información ambiental recopilada, generada y analizada, se está en posibilidad de determinar que el SAR delimitado mantiene un estado de conservación tendiente, aún, a la naturalidad. Las actividades que se desarrollan en el área del proyecto en la condición actual son, de hecho, uno de los elementos que incide en la calidad ambiental del SAR estudiado, toda vez que una gran proporción del terreno ha sido desprovisto de su vegetación nativa, para uso agrícola y de pastoreo, lo cual representa un límite artificial en la continuidad de la vegetación. Bajo este contexto de utilización de recursos existente en el SAR, el proyecto aporta medidas de mitigación, compensación y restauración propuestas en el Capítulo VI.
	Artículo 51.- La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. *Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:* ***I.*** *Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;* ***II.*** *En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;* ***III.*** *Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y* *Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
	Artículo 52.- La Secretaría fijará el monto de los seguros y garantías atendiendo al valor de la reparación de los daños que pudieran	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le

		ocasionarse por el incumplimiento de las condicionantes impuestas en las autorizaciones. *En todo caso, el promovente podrá otorgar sólo los seguros o garantías que correspondan a la etapa del proyecto que se encuentre realizando.* *Si el promovente dejara de otorgar los seguros y las fianzas requeridas, la Secretaría podrá ordenar la suspensión temporal, parcial o total, de la obra o actividad hasta en tanto no se cumpla con el requerimiento*.	notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
		Artículo 53.- El promovente deberá, en su caso, renovar o actualizar anualmente los montos de los seguros o garantías que haya otorgado. *La Secretaría, dentro de un plazo de diez días, ordenará la cancelación de los seguros o garantías cuando el promovente acredite que ha cumplido con todas las condiciones que les dieron origen y haga la solicitud correspondiente*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
		Artículo 51.- La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. *Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:* ***IV.*** *Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;* ***V.*** *En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;* ***VI.*** *Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y* *Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
POET	**POEGT**	De conformidad con el segundo párrafo del artículo 19, el POEGT "vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación", lo cual delimita de manera expresa su ámbito de obligatoriedad al actuar institucional del Estado. Este alcance se confirma en el Decreto mediante el cual se expide el POEGT (DOF, 2012), cuyo artículo segundo establece que dicho instrumento será de observancia obligatoria en el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática. Asimismo, el artículo tercero del referido Decreto, en concordancia con el artículo 34 del Teglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPAMOE), dispone que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el POEGT en sus programas operativos anuales, proyectos de presupuesto y programas de obra pública, lo que reafirma su carácter obligatorio en el ámbito gubernamental.	

		En este contexto normativo, el POEGT no constituye un instrumento de regulación directa de las actividades de los particulares, sino un mecanismo de política pública de carácter inductivo, cuya eficacia jurídica respecto de los gobernados se materializa de forma indirecta a través de los actos de autoridad, particularmente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. En consecuencia, si bien no impone obligaciones directas al promovente, sí configura un marco de referencia que debe ser considerado por la autoridad ambiental al emitir la resolución correspondiente. Adicionalmente, debe considerarse que la escala de elaboración del POEGT (1:2,000,000) implica una resolución espacial de carácter regional y estratégico, lo cual limita su aplicabilidad directa a nivel de sitio o predio, al no permitir la identificación precisa de condiciones específicas del territorio ni la definición de restricciones operativas a escala de proyecto. Por tanto, sus disposiciones deben interpretarse como directrices generales de política ambiental, cuya aplicación requiere ser contextualizada mediante instrumentos de mayor detalle y estudios específicos, como los que integran la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional. En términos de su estructura territorial, el POEGT establece una regionalización ecológica del país basada en la integración de factores biofísicos como clima, relieve, vegetación y suelos, de la cual derivan las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) como unidades de análisis para la definición de políticas y estrategias. En este sentido, el la REcol del proyecto se inscribe dentro de la Región Ecológica 14.16, en la cual se ubica la Unidad Ambiental Biofísica 121, denominada Depresión de México, caracterizada por una elevada presión antropogénica, procesos de degradación ambiental y un escenario tendencial crítico Para dicha UAB, el POEGT establece una política ambiental orientada al aprovechamiento sustentable, la protección, la restauración y la preservación de los recursos naturales, así como un conjunto de estrategias dirigidas a la mitigación del cambio climático, el fortalecimiento de la seguridad energética, la gestión sustentable del agua y la recuperación de ecosistemas. En este marco, el proyecto se analiza en términos de su congruencia con dichas directrices, identificándose que su naturaleza y características operativas resultan compatibles con los objetivos estratégicos del POEGT. En particular, el proyecto contribuye al cumplimiento de las estrategias relacionadas con el impulso de tecnologías limpias de generación eléctrica, la diversificación de la matriz energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual es consistente con las políticas de mitigación del cambio climático y de transición energética promovidas en el instrumento. Asimismo, el proyecto presenta un bajo requerimiento de recursos hídricos en su fase de operación, lo que resulta congruente con las estrategias orientadas a la protección y manejo sustentable de cuencas y acuíferos en una región caracterizada por déficit hídrico. De igual forma, incorpora medidas de prevención, mitigación y, en su caso, restauración ambiental orientadas a la conservación del suelo, el control de la erosión y la revegetación de áreas intervenidas, en concordancia con las estrategias de protección y restauración de ecosistemas. Adicionalmente, el desarrollo del proyecto fortalece la infraestructura energética regional y contribuye al desarrollo económico mediante la generación de empleo y la provisión de energía limpia, lo cual se alinea con las estrategias del POEGT orientadas al desarrollo regional y al aprovechamiento sustentable de los recursos. En virtud de lo anterior, se concluye que, aun cuando el POEGT no establece disposiciones jurídicamente vinculantes de manera directa para el promovente, el proyecto resulta congruente con sus lineamientos estratégicos y contribuye de manera funcional al cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad ambiental definidos para la UAB 121. Se destaca que, independientemente del carácter inductivo del POEGT, en este apartado de la MIA-R se hace un análisis de la forma en que el proyecto se alinea a las disposiciones y a las estrategias sectoriales definidas por el instrumento, esto es, cómo el proyecto ofrece coincidencias con los lineamientos inductivos del POEGT. Además es conveniente precisar que la definición que presenta la guía[1], en relación al espacio geográfico en el cual pretende establecerse el proyecto, esto es el sistema ambiental regional (SAR), incorpora en dicha definición precisamente el carácter regional del enfoque que debe darse al documento que integre los estudios que sustenten a la MIA-R y, por lo tanto, el esquema de regionalización utilizado para delimitar la REcol del proyecto fue el que define a la **Región Ecológica 14.16** (RE 14.16) la cual tiene definida la política ambiental de **Aprovechamiento Sustentable, Protección, Restauración y Preservación;** al interior de la cual se ubican solo una unidad ambiental biofísica (UAB), la **Nº 121** denominada

Depresión de México. La RE cubre parte del Estado de México, y Morelos, alrededor de la Ciudad de México (figura III.1), La UAB cual cubre una extensión de 14,532 km^2; dentro de la cual se ubica la REcol en la cual pretende insertarse el proyecto.

Dada la naturaleza, las definiciones y los alcances del POEGT antes descritas, sus estrategias y acciones no resultan en disposiciones vinculantes, de cumplimiento obligado a observar de parte de los regulados o gobernados (particulares), se confirma y resulta obvio que su atención y cumplimiento, de acuerdo a lo citado al inicio que dispone en el desarrollo de este sub capítulo y de acuerdo a lo que dispone el RLGEEPAMOE, 2014, *op. Cit.* En este mismo sentido, esos alcances se retoman en el Acuerdo por el cual se expidió el POEGT (2012, *op. Cit.*), por lo que, la aplicación de sus estrategias específicas está estrictamente acotadas a la actuación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y no a los particulares.

En atención al carácter del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) como instrumento de política ambiental de naturaleza estratégica, formulado conforme a lo dispuesto en el artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF, 2014), el presente análisis se realiza bajo un enfoque de **congruencia y compatibilidad**, y no de vinculación directa al promovente.

Lo anterior, en virtud de que el POEGT tiene como ámbito de obligatoriedad las acciones y programas de la Administración Pública Federal, de conformidad con el Decreto de su expedición (DOF, 2012), por lo que su eficacia jurídica respecto de los particulares es de carácter indirecto, a través de los actos de autoridad, particularmente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental.

Asimismo, debe considerarse que la escala de elaboración del POEGT (1:2,000,000) corresponde a un nivel de análisis regional y estratégico, lo cual limita su aplicación directa a nivel de proyecto o predio, al no permitir la definición de condicionantes específicas de uso del suelo ni la identificación precisa de atributos ambientales a escala local. En consecuencia, sus disposiciones se interpretan como directrices generales de política territorial.

Bajo este marco, el análisis se orienta a identificar la **congruencia material, la compatibilidad funcional y la no contradicción** entre las estrategias aplicables a la Unidad Ambiental Biofísica 121 (UAB 121) y las características del proyecto.
Para efectos metodológicos, las estrategias definidas en el POEGT para la UAB 121 se clasificaron en tres categorías:

1. **Estrategias directamente pertinentes**, aquellas que guardan relación funcional con la naturaleza, operación e impactos del proyecto.
2. **Estrategias indirectamente relacionadas**, aquellas que presentan una vinculación contextual o sectorial, sin implicar una interacción operativa directa.
3. **Estrategias no aplicables**, aquellas cuyo ámbito corresponde a políticas públicas, sectores productivos o dimensiones sociales ajenas a la naturaleza del proyecto, o cuya escala de aplicación excede el ámbito del mismo.

Este enfoque permite evitar interpretaciones extensivas indebidas del POEGT, al tiempo que garantiza un análisis técnico consistente con su carácter estratégico, asegurando que el proyecto no contraviene sus directrices y, en su caso, contribuye al cumplimiento de sus objetivos de sustentabilidad, las determinaciones de las categorías antes relacionadas y sus argumentos técnicos evidencian la congruencia del proyecto con los alcances de las estrategias de la UAB 121.
Este enfoque permite evitar interpretaciones extensivas indebidas del POEGT, al tiempo que garantiza un análisis técnico consistente con su carácter estratégico, asegurando que el proyecto no contraviene sus directrices y, en su caso, contribuye al cumplimiento de sus objetivos de sustentabilidad, las determinaciones de las categorías antes relacionadas y sus argumentos técnicos evidencian la congruencia del proyecto con los alcances de las estrategias de la UAB 121.

UAB 121

Grupo I – Estrategias directamente pertinentes

Estrategia POEGT	Relación con el proyecto	Tipo de relación	Argumento técnico
Tecnologías limpias de generación eléctrica	Generación fotovoltaica	Directa	El proyecto utiliza energía solar, contribuyendo a la transición energética y reducción de emisiones

		Mitigación de GEI	Reducción de emisiones	Directa	Sustituye generación fósil, contribuyendo a metas climáticas
		Seguridad y confiabilidad energética	Incremento de capacidad instalada	Directa	Aporta generación distribuida limpia y diversificación energética
		Diversificación de fuentes de energía	Energía renovable	Directa	Disminuye dependencia de combustibles fósiles
		Protección de ecosistemas	Medidas ambientales	Directa	Implementa medidas de mitigación, control de erosión y manejo ambiental
		Restauración de suelos	Revegetación y manejo	Directa	Incluye acciones de recuperación en áreas intervenidas
		Aprovechamiento sustentable	Uso eficiente del territorio	Directa	Uso no extractivo del recurso solar con baja huella hídrica
		Grupo II – Estrategias indirectamente relacionadas			
		Estrategia POEGT	**Relación con el proyecto**	**Tipo de relación**	**Argumento técnico**
		Desarrollo regional	Impacto económico	Indirecta	Generación de empleo e inversión local
		Infraestructura	Sistema eléctrico	Indirecta	Fortalece infraestructura energética regional
		Gestión del agua	Bajo consumo hídrico	Indirecta	No intensivo en agua, no agrava déficit
		Ordenamiento territorial	Inserción regional	Indirecta	Compatible con vocación de aprovechamiento sustentable
		Turismo	No afectación	Indirecta	No interfiere con vocaciones turísticas
		Industria	Energía para procesos	Indirecta	Puede abastecer demanda industrial limpia
		Grupo III – Estrategias no aplicables			
		Tipo de estrartegia		**Justificación de no aplicabilidad**	
		Vivienda y pobreza		Corresponden a política social	
		Salud pública		Fuera del alcance del proyecto	
		Grupos vulnerables		No relacionado con operación del proyecto	
		Agricultura/ganadería específica		No hay interacción productiva directa	
		Minería		Actividad distinta al proyecto	
		Programas sociales		Competencia gubernamental	
		Con base en el análisis anterior, se concluye que el proyecto presenta una congruencia material con las estrategias pertinentes definidas para la UAB 121, particularmente en lo relativo a la transición energética, la mitigación del cambio climático y el aprovechamiento sustentable de los recursos. Asimismo, no se identifican contradicciones con las directrices del POEGT, y aquellas estrategias no aplicables corresponden a ámbitos sectoriales o escalas de política pública ajenos a la naturaleza del proyecto. En consecuencia, el proyecto resulta compatible con los objetivos estratégicos del ordenamiento ecológico a nivel regional. En conclusión, y sobre la base del alcance descrito en los textos antes transcritos de los alcances de cada una de las estrategias ecológicas de la UAB 121, se confirma el carácter inductivo del POEGT para el gobernado y, consecuentemente su carácter nugatorio para los efectos de este análisis vinculatorio, específicamente para un proyecto promovido por una persona moral. Por lo antes expuesto y desde el enfoque inductivo del POEGT se concluye que, *lato sensu* el presente proyecto es viable, procedente y congruente			

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">con las políticas ambientales, de igual forma no se contrapone con las 30 estrategias definidas por el POEGT ni tampoco con cada una de las acciones aplicables para cada estrategia en la UAB 121, tal como ha quedado detallado en el presente apartado.
No obstante, en cada una de las etapas del proyecto, se prevé:
➢ Implementar acciones, planes y programas de protección y conservación de fauna, poniendo especial énfasis en las especies en protección a nivel nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) o internacional (UICN, CITES; capítulo VI);
➢ Si bien las áreas donde se prevé instalar el proyecto corresponden principalmente a áreas dedicadas a la agricultura de temporal, por lo que presenta un grado considerable de degradación, se prevé la implementación de un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, considerando las especies susceptibles de ello;
➢ Asimismo, al finalizar la etapa constructiva, se permitirá la sucesión natural en las áreas donde sea posible y siempre y cuando no interfiera con el funcionamiento óptimo de los componentes del parque solar;
➢ Una vez que se concluya la vida útil del parque, se desmontarán todas las estructuras que lo conforman y se restituirán las áreas a las condiciones ambientales más cercanas a su vocación inicial (forestal).
En lo referente a otras modalidades del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET), de forma particular, aquellos de carácter regional o local, considerando la definición incluida en la fracción VI del artículo 19 de la LGEEPA, se identificaron los siguientes instrumentos para el área donde se prevé establecer el proyecto.</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td rowspan="5">POETEdoMéx</td><td>Clave</td><td>Descripción</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uso de suelo: Agrícola</td></tr>
<tr><td>Ag01 (1/)</td><td>El uso de plaguicidas, nutrientes vegetales y todos los aspectos fitosanitarios deberán estar regulados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Toxicas (CICLOPLAFEST)</td></tr>
<tr><td>Análisis vinculatorio</td><td>El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni el uso de plaguicidas, fertilizantes o insumos fitosanitarios durante sus etapas de preparación, construcción, operación o mantenimiento. No obstante, en congruencia con el alcance del CRE01, se establece como medida preventiva que, en caso de requerirse el control de vegetación o manejo de plagas (por ejemplo, mediante herbicidas selectivos o control biológico), únicamente se emplearán productos autorizados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST), cumpliendo con las disposiciones aplicables en materia de registro, etiquetado, manejo, aplicación y disposición final.
Adicionalmente, se priorizarán métodos no químicos (mecánicos o manuales) para el control de vegetación, con el fin de minimizar riesgos ambientales y a la salud, garantizando así el cumplimiento del objetivo regulatorio del criterio.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">POET</td><td>Ag02 (1/)</td><td>Se deberá evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas derivada del uso inadecuado de agroquímicos o mala disposición final de envases o residuos de los mismos, evitando la escorrentía de plaguicidas y fertilizantes hacia cuerpos de agua superficiales. Además se evitaran procesos de la acumulación de contaminantes agroquímicos en las agas subterráneas por procesos de lixiviación.</td></tr>
<tr><td>Análisis vinculatorio</td><td>El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el uso sistemático de agroquímicos; sin embargo, en atención preventiva al criterio Ag02, se establecen medidas para evitar cualquier riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas. En caso de requerirse control de vegetación mediante insumos químicos, se emplearán únicamente productos autorizados y se aplicarán bajo condiciones controladas, evitando su uso en zonas cercanas a escurrimientos, cauces, cuerpos de agua o áreas con alta permeabilidad.
Adicionalmente, se prohíbe la disposición inadecuada de envases y residuos asociados, los cuales serán manejados conforme a la normatividad aplicable, incluyendo su almacenamiento temporal seguro y entrega a gestores autorizados o esquemas de manejo como los promovidos por programas oficiales (p. ej., centros de acopio autorizados).</td></tr>
</table>

			Para prevenir procesos de escorrentía y lixiviación, se implementarán medidas como la conservación de cobertura vegetal, el manejo adecuado de pendientes y la instalación de obras de control de escurrimientos (zanjas, cunetas y barreras en curvas de nivel), minimizando el arrastre de posibles contaminantes hacia cuerpos de agua y su infiltración hacia el subsuelo. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, evitando la contaminación hídrica asociada al manejo de agroquímicos, aun cuando su uso en el proyecto es marginal o inexistente.
		Ag03 (1/)	***Cuando con fines de enriquecimiento del suelo o cultivo, se incorporen residuos orgánicos al terreno de cultivo, estos no deben representar un riesgo de contaminación al suelo y al producto.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no considera actividades agrícolas ni la incorporación de residuos orgánicos con fines de enriquecimiento del suelo o cultivo. No obstante, en atención al alcance del criterio Ag03 y bajo un enfoque preventivo, se establece que cualquier incorporación de materia orgánica derivada de actividades de mantenimiento (por ejemplo, trituración de residuos vegetales generados por desmonte selectivo o control de vegetación) se realizará garantizando que dichos materiales estén libres de contaminantes, patógenos o sustancias que representen riesgo al suelo. En caso de que se utilicen insumos orgánicos externos (compostas o mejoradores de suelo), estos deberán provenir de fuentes autorizadas y cumplir con la normatividad aplicable en materia de calidad, asegurando su estabilidad, inocuidad y ausencia de metales pesados o compuestos tóxicos. Con ello, se evita la generación de procesos de contaminación del suelo, manteniendo la funcionalidad edáfica del sitio en congruencia con el objetivo ambiental del criterio.
		Ag04 (2/)	***En terrenos agrícolas con pendiente mayor al 15%, los cultivos se realizarán mediante terrazas y franjas, siguiendo las curvas de nivel para el control de la erosión.***
		Análisis vinculatorio	Aunque el proyecto corresponde a una planta fotovoltaica y no contempla actividades agrícolas productivas, se reconoce la aplicabilidad potencial del criterio Ag04 en virtud de los usos de suelo permitidos en la unidad de gestión ambiental. En este sentido, el proyecto incorpora medidas preventivas equivalentes orientadas al control de la erosión en zonas con pendiente mayor al 15%, homologando el principio técnico del criterio. Específicamente, en las áreas del predio donde se identifiquen pendientes superiores al 15%, se implementarán obras y prácticas de conservación de suelo que replican funcionalmente el efecto de terrazas y franjas en curvas de nivel, tales como: • **Nivelación selectiva y conformación de plataformas** para la instalación de estructuras fotovoltaicas, evitando cortes verticales y favoreciendo la estabilidad del terreno. • **Construcción de obras de retención y disipación de escorrentía** (bordos, zanjas de infiltración y cunetas en curvas de nivel), diseñadas conforme a la topografía local. • **Mantenimiento de cobertura vegetal o revegetación con especies nativas** en áreas no ocupadas directamente por infraestructura, para reducir la erosión hídrica. • **Trazado de caminos internos siguiendo curvas de nivel,** minimizando la generación de flujos concentrados. Estas acciones garantizan el control de la erosión hídrica y la conservación del suelo bajo condiciones equivalentes o superiores a las establecidas para sistemas agrícolas en pendiente, cumpliendo así con el objetivo ambiental del CRE Ag04, aun cuando el uso de suelo del proyecto no sea agrícola.
		Ag05 (1/)	***Se evitará la quema de esquilmos y de perímetros de predios agrícolas post cosecha***.

		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni la generación de esquilmos; sin embargo, en atención al criterio Ag05 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa del uso del fuego para la eliminación de residuos vegetales derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción y mantenimiento. La biomasa vegetal generada (producto de desmonte selectivo o control de vegetación) será manejada mediante alternativas ambientalmente adecuadas, tales como trituración e incorporación controlada al suelo, acopio para su aprovechamiento, o disposición conforme a la normatividad aplicable, evitando en todo momento prácticas de quema a cielo abierto. Asimismo, se implementarán medidas de supervisión y control para prevenir incendios accidentales, incluyendo la capacitación del personal, la restricción del uso de fuentes de ignición y la vigilancia en zonas con cobertura vegetal susceptible. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al eliminar riesgos de contaminación atmosférica, degradación del suelo y afectación a la biodiversidad asociados a la quema de residuos vegetales.
		Ag06 (2/)	***En las áreas preferentemente forestales con pendientes mayores a 30% sujetas a aprovechamiento agropecuario, se deberá restablecer la cobertura vegetal natural con especies nativas.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no implica el aprovechamiento agropecuario ni la transformación de áreas preferentemente forestales; sin embargo, en atención al criterio Ag06 y bajo un enfoque preventivo, se reconoce la importancia de conservar y, en su caso, restablecer la cobertura vegetal en zonas con alta pendiente. En las áreas del predio donde se identifiquen pendientes mayores al 30%, se evitará la remoción de la cobertura vegetal natural, priorizando su conservación como medida de estabilidad del suelo y control de la erosión. En caso de afectaciones puntuales derivadas de las obras del proyecto, se implementarán acciones de restauración ecológica mediante la revegetación con especies nativas, seleccionadas conforme a las condiciones edafoclimáticas del sitio y con criterios de compatibilidad ecológica. Asimismo, se restringirá la instalación de infraestructura en estas zonas, salvo en casos estrictamente necesarios y técnicamente justificados, incorporando medidas adicionales de estabilización y conservación de suelos. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al mantener y, en su caso, restablecer la cobertura vegetal natural en áreas con pendientes pronunciadas, contribuyendo a la conservación de los servicios ecosistémicos y la integridad ambiental del sitio.
		Ag07 (1/)	***Entre áreas de diferentes cultivos permanentes o semi-permanentes, o entre diferentes sistemas de producción se deberá disponer una zona con vegetación, establecida mediante la siembra o la regeneración natural.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el establecimiento de cultivos ni sistemas de producción agropecuaria; sin embargo, en atención al criterio Ag07 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se incorporan medidas orientadas a mantener zonas con vegetación que actúen como franjas de transición ecológica dentro del predio. En este sentido, se conservarán y, en su caso, establecerán áreas con cobertura vegetal natural o inducida en los espacios intersticiales del proyecto (entre filas de paneles, perímetros del predio y zonas no ocupadas por infraestructura), favoreciendo la regeneración natural o la siembra de especies nativas. Estas áreas funcionarán como barreras vivas que contribuyen a la conectividad ecológica, la infiltración de agua, la reducción de erosión y la regulación microclimática. Adicionalmente, se evitará la fragmentación total del sitio mediante la delimitación de corredores vegetados continuos, que cumplen una función análoga a las franjas de separación entre sistemas productivos, tal como lo establece el criterio. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo ambiental del CRE Ag07, al mantener zonas con vegetación que favorecen la estabilidad ecológica del sitio, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.

		Ag08 (2/)	***Las actividades agrícolas deberán desarrollarse sin afectar las zonas sujetas a restauración ecológica.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el desarrollo de actividades agrícolas; no obstante, en atención al criterio Ag08 y bajo un enfoque preventivo, se establece que las obras y actividades del proyecto se planificarán y ejecutarán evitando cualquier afectación a áreas que presenten procesos de restauración ecológica o que hayan sido destinadas a este fin dentro del predio o en su zona de influencia. En caso de identificarse zonas con cobertura vegetal en regeneración natural, áreas previamente restauradas o sujetas a programas de rehabilitación, estas serán excluidas de la instalación de infraestructura, delimitadas físicamente y protegidas mediante señalización y medidas de control de acceso. Asimismo, se implementarán acciones de manejo que favorezcan la continuidad de los procesos de recuperación ecológica, evitando su alteración por tránsito de maquinaria, depósito de materiales o modificación de escurrimientos. Con estas disposiciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al asegurar la integridad y permanencia de las áreas en restauración ecológica, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
		Ag09 (2/)	***Las actividades agrícolas podrán desarrollarse siempre y cuando no generen modificaciones a los ecosistemas y se encuentren sujetas a estrictas medidas de control.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el desarrollo de actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag09 y bajo un enfoque de congruencia ambiental, se establece que todas las actividades del proyecto se ejecutarán bajo estrictas medidas de control, evitando en todo momento la generación de modificaciones adversas a los ecosistemas presentes en el sitio. Para ello, se implementarán medidas de prevención, mitigación y control ambiental orientadas a conservar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, tales como: delimitación de áreas de trabajo, reducción de remoción de vegetación a lo estrictamente necesario, manejo adecuado de escurrimientos, control de emisiones de polvo y ruido, así como programas de restauración y revegetación con especies nativas en áreas intervenidas. Asimismo, se establecerán mecanismos de supervisión ambiental y seguimiento durante todas las etapas del proyecto, con el fin de asegurar que las condiciones ecológicas del sitio se mantengan dentro de rangos aceptables y evitar procesos de degradación. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al asegurar que las actividades del proyecto no generen modificaciones significativas a los ecosistemas y se desarrollen bajo un esquema de control ambiental estricto, en congruencia con lo establecido para actividades agrícolas.
		Ag10 (1/)	***Se implementará el uso de cercas vivas con especies arbóreas nativas***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag10 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se incorporan medidas orientadas al establecimiento de barreras vegetales con especies nativas que cumplan funciones ecológicas similares a las cercas vivas. En este sentido, se promoverá la conservación de la vegetación existente en los linderos del predio y, en su caso, el establecimiento de franjas vegetadas mediante la plantación de especies arbóreas y arbustivas nativas, seleccionadas conforme a las condiciones ecológicas locales. Estas franjas funcionarán como delimitación natural del sitio, contribuyendo a la conectividad ecológica, la reducción de la erosión, la infiltración de agua y la provisión de hábitat para fauna. Asimismo, se priorizará que las áreas perimetrales y zonas no ocupadas por infraestructura mantengan o incrementen su cobertura vegetal, evitando el uso de barreras exclusivamente artificiales cuando sea técnicamente viable incorporar elementos vivos. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al integrar elementos de vegetación nativa que cumplen funciones análogas a las cercas vivas en sistemas agrícolas, fortaleciendo la estructura ecológica del sitio.

		Ag11 (1/)	***Se establecerá una franja de 20 metros con vegetación nativa entre las áreas de producción y los cuerpos de agua naturales***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni áreas de producción; sin embargo, en atención al criterio Ag11 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se establece la conservación y, en su caso, el establecimiento de franjas de protección con vegetación nativa en torno a cuerpos de agua naturales presentes dentro del predio o en su zona de influencia. En caso de identificarse cauces, escurrimientos o cuerpos de agua, se respetará una franja mínima de 20 metros medida a partir del límite del cuerpo de agua, dentro de la cual no se permitirá la instalación de infraestructura ni la realización de actividades que impliquen remoción de vegetación. Estas franjas serán mantenidas con cobertura vegetal nativa o restauradas mediante revegetación con especies locales, favoreciendo la estabilidad de las riberas, la filtración de escurrimientos y la protección de la calidad del agua. Adicionalmente, estas zonas funcionarán como áreas de amortiguamiento ecológico, contribuyendo a la conectividad biológica y a la conservación de hábitats asociados a ecosistemas riparios. Con estas medidas se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al proteger los cuerpos de agua mediante la implementación de franjas vegetadas, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
		Ag12 (1/)	***Se prohíbe la disposición de residuos provenientes de la actividad agrícola en barrancas y cuerpos de agua***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag12 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa de disponer cualquier tipo de residuo en barrancas, cauces, escurrimientos o cuerpos de agua naturales presentes en el área del proyecto o su zona de influencia. Todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados conforme a la normatividad aplicable, mediante su separación, almacenamiento temporal en sitios acondicionados y su posterior entrega a gestores autorizados para su reciclaje, tratamiento o disposición final. Asimismo, se implementarán medidas de supervisión para evitar el depósito accidental o intencional de residuos en zonas de escurrimiento o cuerpos de agua. Adicionalmente, se delimitarán físicamente las áreas sensibles (barrancas, cauces y zonas bajas) y se restringirá el tránsito de maquinaria en sus proximidades, reduciendo el riesgo de arrastre de materiales o residuos por escorrentía. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir la contaminación de cuerpos de agua y la alteración de sistemas naturales de drenaje, aun cuando el proyecto no involucre actividades agrícolas.
		Ag13 (1/)	***Las áreas agrícolas de la UGA no podrán ser sujetos a procesos de urbanización.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no constituye un proceso de urbanización, ya que no implica la creación de centros de población, fraccionamientos, infraestructura habitacional ni la introducción de servicios urbanos asociados (vivienda, redes municipales, equipamiento urbano). Su carácter es de infraestructura energética con ocupación puntual y baja densidad constructiva. Asimismo, el proyecto no promueve ni induce cambios en el patrón de asentamientos humanos ni la expansión de la mancha urbana sobre áreas con aptitud agrícola dentro de la UGA. Por el contrario, mantiene amplias superficies con cobertura vegetal y sin urbanización, conservando la vocación del territorio en términos de funcionalidad ecológica. En este sentido, el proyecto es congruente con el criterio Ag13, al no generar procesos de urbanización en áreas agrícolas, ni directa ni indirectamente.
		Ag14 (1/)	***El almacenamiento, uso y siembra de semillas de organismos genéticamente modificados requiere contar con autorización previa de las Autoridades Competentes conforme a la relativa Valoración de Posibles Riesgos al Medio Ambiente; así como Valorada su Inocuidad Alimentaria.***

		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni el uso, almacenamiento o siembra de semillas, incluyendo organismos genéticamente modificados (OGM). No obstante, en atención al criterio Ag14 y bajo un enfoque preventivo, se establece que en caso de requerirse actividades de revegetación, restauración o establecimiento de cobertura vegetal, se utilizarán exclusivamente especies nativas no genéticamente modificadas, priorizando material vegetal local y adaptado a las condiciones ecológicas del sitio. En el supuesto excepcional de que se considerara el uso de organismos genéticamente modificados, se deberá contar previamente con las autorizaciones correspondientes emitidas por las autoridades competentes, conforme a la legislación aplicable en materia de bioseguridad, incluyendo la evaluación de riesgos al medio ambiente y la determinación de su inocuidad. Con estas disposiciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir riesgos asociados al uso de OGM y asegurar que cualquier intervención vegetal en el sitio se realice bajo principios de seguridad ambiental y regulación estricta.
		Ag15 (1/)	***No se permitirá la expansión de la superficie agrícola en zonas forestales***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la expansión de la superficie agrícola ni el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios; sin embargo, en atención al criterio Ag15 y bajo un enfoque preventivo, se establece que no se promoverá ni inducirá la transformación de zonas forestales a usos agrícolas dentro del predio o su área de influencia. Asimismo, el diseño del proyecto prioriza evitar la afectación de áreas con cobertura forestal, limitando la remoción de vegetación a lo estrictamente necesario y conforme a las autorizaciones correspondientes en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en caso de que aplique. Adicionalmente, se implementarán medidas de conservación y, en su caso, restauración con especies nativas, a fin de mantener la integridad de los ecosistemas forestales presentes. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al evitar la expansión de la frontera agrícola en zonas forestales y contribuir a la conservación de la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos asociados.
		Ag16 (2/)	***Las prácticas agrícolas tales como barbecho, surcado y terraceo deberán realizarse en sentido perpendicular a la pendiente***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la realización de prácticas agrícolas como barbecho, surcado o terraceo; sin embargo, en atención al criterio Ag16 y bajo un enfoque de equivalencia técnica, se establece que las obras y actividades que impliquen intervención del suelo se diseñarán y ejecutarán considerando la topografía del terreno, privilegiando su alineación en sentido perpendicular a la pendiente o siguiendo curvas de nivel. En este sentido, el trazo de caminos internos, zanjas, cunetas y demás obras de manejo de escurrimientos se realizará conforme a la configuración natural del terreno, con el objetivo de reducir la velocidad del agua, evitar la formación de flujos concentrados y minimizar procesos de erosión. Asimismo, la instalación de infraestructura se adaptará a las condiciones del sitio, evitando cortes longitudinales que favorezcan el arrastre de suelo. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al aplicar principios de manejo del suelo orientados a la conservación edáfica y al control de la erosión, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
		Ag18 (1/)	***Se evitará la contaminación generada por los desperdicios de las prácticas agrícolas***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla prácticas agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag18 y bajo un enfoque preventivo, se establecen medidas para evitar la generación y dispersión de contaminantes derivados de cualquier tipo de residuo asociado a las actividades del proyecto. En este sentido, todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados conforme a la normatividad vigente, mediante su adecuada separación, almacenamiento temporal en condiciones controladas y disposición final a través de prestadores de servicios

			autorizados. Se prohíbe expresamente el abandono o dispersión de residuos en el sitio, así como su disposición en áreas no autorizadas. Adicionalmente, se implementarán buenas prácticas de manejo de materiales e insumos, así como programas de supervisión ambiental, con el fin de prevenir la contaminación del suelo, agua y aire. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al evitar la contaminación generada por residuos, en congruencia con lo establecido para actividades agrícolas, aun cuando estas no formen parte del proyecto.
		Ag19 (2/)	***Se limitará el incremento de superficie de cultivo sobre terrenos con suelos delgados (< 40 cm de espesor) y/o con pendiente mayor al 30%.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la expansión de superficies de cultivo; sin embargo, en atención al criterio Ag19 y bajo un enfoque preventivo, se establecen medidas para evitar la intervención intensiva en áreas con suelos delgados (< 40 cm de espesor) y/o con pendientes mayores al 30%. En este sentido, durante la etapa de diseño y micro-sitio del proyecto, se priorizará la instalación de infraestructura en zonas con condiciones edáficas y topográficas más favorables, evitando en la medida de lo posible aquellas áreas con suelos someros o pendientes pronunciadas. En caso de que dichas áreas se encuentren dentro del polígono del proyecto, se restringirá su intervención, destinándolas preferentemente a conservación o a mantener su cobertura vegetal natural. Asimismo, se implementarán medidas de protección y conservación de suelo, tales como la mínima remoción de cobertura vegetal, el control de escurrimientos y, en su caso, la revegetación con especies nativas, con el fin de preservar la estabilidad del terreno y evitar procesos de erosión o degradación. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al limitar la intervención en zonas ambientalmente sensibles, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
		Ag20 (2/)	***Se prohíbe el uso de cualquier tipo de agroquímico inorgánico en zonas adyacentes a ecosistemas naturales.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el uso de agroquímicos; sin embargo, en atención al criterio Ag20 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa del uso de agroquímicos inorgánicos en zonas adyacentes a ecosistemas naturales dentro del predio o su área de influencia. En caso de requerirse el control de vegetación, se priorizarán métodos mecánicos o manuales, evitando el uso de insumos químicos. De manera excepcional, si se llegara a justificar el uso de algún producto, éste deberá ser de bajo impacto ambiental, autorizado por las instancias competentes y aplicado fuera de zonas cercanas a ecosistemas naturales, respetando franjas de amortiguamiento y condiciones que eviten deriva, escorrentía o infiltración. Asimismo, se conservarán y protegerán las áreas con vegetación natural, delimitándolas y restringiendo cualquier actividad que implique el uso de sustancias potencialmente contaminantes en sus proximidades. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir la afectación de ecosistemas naturales por el uso de agroquímicos, aun cuando el proyecto no contempla actividades agrícolas.
		Ag21 (1/)	***En las zonas de uso agrícola que formen o pasen a formar parte de los cinturones verdes de carácter forestal se realizarán prácticas de reforestación únicamente con especies nativas.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla usos agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag21 y bajo un enfoque preventivo y de congruencia ecológica, se establece que, en caso de identificarse dentro del predio o su área de influencia zonas agrícolas que formen o lleguen a integrarse a cinturones verdes de carácter forestal, las acciones de reforestación, revegetación o restauración asociadas al proyecto se realizarán exclusivamente con especies nativas, acordes con las condiciones ecológicas del sitio y con criterios de compatibilidad con la vegetación potencial local. Esta medida es consistente con la política forestal nacional, que prioriza la restauración de ecosistemas y la diversificación de especies vegetales en las áreas a recuperar.

			Asimismo, se evitará el empleo de especies exóticas o de ornato en franjas vegetadas, áreas de amortiguamiento y zonas sujetas a restauración, privilegiando material vegetal de procedencia local o regional cuando sea técnicamente viable. Con ello, el proyecto asegura el cumplimiento del objetivo ambiental del criterio, al favorecer la integración paisajística, la recuperación de cobertura vegetal y la conservación de la biodiversidad, aun cuando no implique actividades agrícolas en sentido estricto.
		Ag22 (2/)	Aplicar cultivo en franjas: a) de contorno cuando la pendiente es de 2 a 15%, b) de contención en terrenos con pendientes en ambas direcciones y c) perpendicular para terrenos con relieve ondulado.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni la implementación de cultivos en franjas; sin embargo, en atención al criterio Ag22 y bajo un enfoque de equivalencia técnica, se adoptan principios de manejo del suelo y del escurrimiento que replican la lógica de dichas prácticas en función de la pendiente y el relieve del terreno. En este sentido, el diseño del proyecto considera la adaptación de la infraestructura a la topografía local, de tal manera que: • En zonas con pendientes entre 2 y 15%, las obras lineales (caminos, zanjas y drenajes) se dispondrán siguiendo curvas de nivel, favoreciendo el control de escurrimientos. • En áreas con pendientes en múltiples direcciones, se implementarán obras de contención y disipación (zanjas de infiltración, bordos y cunetas) que reduzcan la concentración de flujos y la erosión. • En terrenos con relieve ondulado, la disposición de la infraestructura se realizará preferentemente de manera perpendicular a la pendiente dominante, minimizando el arrastre de suelo y la generación de cárcavas. Adicionalmente, se conservará o restablecerá la cobertura vegetal en áreas no ocupadas por infraestructura, reforzando la estabilidad del suelo. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al aplicar principios equivalentes al cultivo en franjas para el control de la erosión y el manejo adecuado del escurrimiento, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
		Ag23 (1/)	***Se deberá disponer una zona con vegetación establecida mediante la siembra o la regeneración natural entre áreas de diferentes cultivos permanentes o semi-permanentes, o entre diferentes sistemas de producción.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla cultivos permanentes, semi-permanentes ni sistemas de producción agropecuaria; no obstante, en atención al criterio Ag23 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se conservarán y, en su caso, se establecerán zonas con vegetación mediante regeneración natural asistida o siembra de especies nativas en áreas no ocupadas por infraestructura, particularmente en linderos, perímetros, franjas internas y espacios de transición entre componentes del proyecto. Estas franjas vegetadas operarán como barreras vivas y áreas de amortiguamiento, favoreciendo la reducción de la erosión, la infiltración del agua, la conectividad ecológica y la estabilidad del suelo, en congruencia con la función ambiental que el criterio asigna a las separaciones entre sistemas productivos. Asimismo, se evitará que la disposición de obras y actividades elimine por completo estas áreas de transición, privilegiando la conservación de la vegetación existente y su reforzamiento con especies nativas cuando resulte necesario. Con ello, el proyecto satisface el objetivo ambiental del criterio, aun cuando no desarrolle actividades agrícolas en sentido estricto.
		Ag10 (1/)	***Se implementará el uso de cercas vivas con especies arbóreas nativas***
		Uso de suelo: INFRAESTRUCTURA	
		If01(2/)	***Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de infraestructura deberán incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) y programas de rescate de la fauna, garantizando medidas de compensación y mitigación.***

		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la ejecución de actividades de preparación del sitio, tales como desmonte selectivo, excavaciones y nivelaciones; por lo que, en atención al criterio H01, se implementarán programas específicos de **rescate de germoplasma y rescate de fauna**, como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Previo al inicio de las obras, se llevará a cabo un **programa de rescate de flora**, enfocado en la recolección de germoplasma (semillas, esquejes, estacas, hijuelos u otras estructuras vegetativas) de especies nativas presentes en el sitio, priorizando aquellas con valor ecológico, endémicas o con algún estatus de protección. El material colectado será resguardado y, en su caso, utilizado en actividades de revegetación, restauración o establecimiento de áreas verdes dentro del proyecto o en zonas definidas para compensación ambiental. De manera complementaria, se implementará un **programa de rescate y reubicación de fauna silvestre**, el cual incluirá recorridos previos, ahuyentamiento, captura y liberación controlada en sitios con condiciones ambientales similares y fuera del área de influencia del proyecto, conforme a protocolos técnicos y bajo supervisión de personal especializado. Ambos programas incorporarán medidas de mitigación y compensación, tales como la revegetación con especies nativas, la conservación de hábitats remanentes y el seguimiento de las acciones implementadas, con el objetivo de reducir la pérdida de biodiversidad y mantener la funcionalidad ecológica del sitio. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al integrar medidas específicas para la protección de la flora y fauna durante las actividades de construcción de infraestructura.
		If02 (2/)	***La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal. Cuando no sea posible evitarlo, se deberá realizar acciones de compensación proporcionales al impacto ocasionado.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica considera, como principio de diseño, la **minimización de la remoción de cobertura vegetal**, limitando las actividades de desmonte a lo estrictamente necesario para la instalación de infraestructura, mediante un esquema de ocupación dispersa y de baja densidad constructiva. En las áreas donde no sea posible evitar la afectación de la cobertura vegetal, se implementarán **medidas de compensación ambiental proporcionales al impacto generado**, consistentes en la revegetación y restauración de áreas intervenidas o degradadas, utilizando especies nativas y priorizando la recuperación de la estructura y funcionalidad ecológica del sitio. Estas acciones podrán incluir la rehabilitación de suelos, establecimiento de franjas vegetadas y fortalecimiento de la cobertura en zonas de conservación dentro del predio o en áreas definidas para compensación. Adicionalmente, se dará seguimiento a las acciones de restauración mediante indicadores de supervivencia y establecimiento de la vegetación, a fin de garantizar su efectividad. Con estas medidas se asegura el cumplimiento del criterio, al evitar en la medida de lo posible la reducción de la cobertura vegetal y, en su caso, compensar los impactos generados de manera proporcional y verificable.
		If03 (1/)	***El emplazamiento de infraestructura de vías de comunicación, se realizará sobre el derecho de vía de caminos, con la finalidad de evitar mayor fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zonas agrícolas***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la construcción de vías de comunicación de carácter regional o de nueva apertura; sin embargo, en atención al criterio H03 y bajo un enfoque preventivo, se establece que el acceso al sitio y la movilidad interna se desarrollarán prioritariamente aprovechando **caminos existentes y sus respectivos derechos de vía**, evitando la apertura innecesaria de nuevas vialidades. En caso de requerirse adecuaciones o la construcción de caminos internos, estos se limitarán a lo estrictamente indispensable, procurando su trazo sobre rutas previamente intervenidas o zonas de menor sensibilidad ambiental, con

			el fin de **minimizar la fragmentación de los ecosistemas** y evitar la afectación adicional a áreas con cobertura vegetal o con potencial agrícola. Asimismo, el diseño de caminos considerará la reducción de su ancho, la adaptación a la topografía y la implementación de medidas de control de escurrimientos, favoreciendo la continuidad de procesos ecológicos y la conectividad del paisaje. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al evitar la generación de nueva fragmentación y el cambio innecesario de uso de suelo, mediante el aprovechamiento de infraestructura existente.
		If04 (1)	***La construcción de caminos deberá considerar y permitir la infiltración del agua pluvial al subsuelo, la estabilidad del terreno, así como el drenaje natural.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la construcción y adecuación de caminos internos; por lo que, en atención al criterio H04, su diseño y ejecución incorporarán medidas orientadas a **favorecer la infiltración del agua pluvial, mantener la estabilidad del terreno y respetar el drenaje natural** del sitio. En este sentido, los caminos se diseñarán con materiales y técnicas que permitan la infiltración, evitando en la medida de lo posible superficies completamente impermeables. Asimismo, se integrarán obras de drenaje pluvial, tales como cunetas, alcantarillas, vados y zanjas de infiltración, dimensionadas conforme a las condiciones topográficas e hidrológicas del sitio, con el fin de evitar la concentración de escurrimientos y la generación de procesos erosivos. Adicionalmente, el trazo de los caminos se adaptará a la topografía natural, evitando la interrupción de cauces y escurrimientos existentes, y se implementarán medidas de estabilización de taludes y control de erosión en zonas susceptibles. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que la infraestructura vial interna del proyecto mantenga las condiciones de infiltración, estabilidad y drenaje natural del terreno.
		If05 (1)	***Los proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas de patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se desarrollará considerando, como criterio de selección y diseño del sitio, la **evitación de zonas con valor patrimonial histórico, arqueológico, paleontológico y cultural**. Para ello, previo al inicio de las obras, se verificará la existencia de registros oficiales y, en su caso, se realizarán recorridos de reconocimiento en campo para identificar posibles elementos de valor patrimonial dentro del área del proyecto. En caso de identificarse algún vestigio o evidencia durante las actividades de preparación del sitio o construcción, se suspenderán de inmediato los trabajos en el área correspondiente y se dará aviso a la autoridad competente, implementando las medidas de protección que ésta determine. Asimismo, el proyecto se apegará a las disposiciones aplicables en materia de protección del patrimonio cultural, evitando en todo momento su alteración, afectación o destrucción. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir impactos sobre elementos patrimoniales y garantizar su protección durante el desarrollo del proyecto.
		If06 (2/)	***Cuando la infraestructura lineal interrumpa los corredores biológicos se deberán construir pasos de fauna sobrellevando el trazo vial en una longitud mínima de 100 m por paso o para el caso de sistemas montañosos mediante la incorporación de túneles al diseño del proyecto. Los pasos de fauna deberán ser proporcionales a la longitud de la sección del trazo del proyecto que se encuentre en zonas adyacentes a macizos forestales en una relación no menor al 7.5%.***

		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no corresponde a infraestructura lineal de gran escala; sin embargo, en atención al criterio H06 y bajo un enfoque preventivo, se evaluará la posible **interrupción de corredores biológicos** derivada de la instalación de caminos internos, cercado perimetral y disposición de infraestructura. En caso de identificarse afectación a rutas de desplazamiento de fauna o conectividad ecológica, se incorporarán medidas de diseño para **mantener la permeabilidad del sitio**, tales como la habilitación de pasos de fauna en puntos estratégicos, la elevación parcial de cercos, la incorporación de claros o pasos inferiores en cercamientos, así como la conservación de franjas de vegetación continua que faciliten el tránsito de especies. Cuando las condiciones del sitio lo justifiquen, los pasos de fauna se diseñarán de manera proporcional a la extensión del área intervenida y a la relevancia ecológica de los corredores identificados, considerando criterios técnicos de ubicación, dimensiones y funcionalidad que garanticen su efectividad. Adicionalmente, se priorizará un diseño del proyecto que minimice la fragmentación del hábitat, evitando barreras físicas continuas y manteniendo la conectividad entre parches de vegetación. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir o mitigar la interrupción de corredores biológicos, aun cuando el proyecto no corresponda a infraestructura lineal en sentido estricto.
		If07 (1/)	***En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos la empresa responsable de la construcción deberá garantizar la continuidad del flujo interrumpido.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la instalación de infraestructura que podría modificar de manera puntual los patrones de escurrimiento superficial; por lo que, en atención al criterio H07, se implementarán medidas para **garantizar la continuidad de los flujos hidrológicos naturales** del sitio. En este sentido, el diseño del proyecto incorporará obras de drenaje adecuadas —tales como alcantarillas, vados, cunetas y pasos hidráulicos— dimensionadas conforme a las características hidrológicas y topográficas del terreno, con el fin de evitar la interrupción, desvío o concentración indebida de escurrimientos. Asimismo, se respetarán los cauces naturales y zonas de escurrimiento, evitando su obstrucción o modificación innecesaria. Adicionalmente, se adoptarán criterios de diseño que favorezcan la infiltración del agua y reduzcan la generación de escurrimientos superficiales concentrados, contribuyendo a mantener el balance hidrológico local. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar la continuidad de los flujos hidrológicos y prevenir afectaciones a la dinámica natural del agua en el sitio.
		If08 (1)	***La infraestructura carretera y las nuevas vialidades deberán mitigar los efectos negativos sobre la movilidad de la fauna.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la construcción de infraestructura carretera de carácter regional; sin embargo, en atención al criterio H08 y bajo un enfoque preventivo, se establecerán medidas para **mitigar posibles efectos sobre la movilidad de la fauna** asociados a caminos internos, cercado perimetral y disposición de infraestructura. En este sentido, el diseño del proyecto favorecerá la **permeabilidad del sitio**, mediante la conservación de corredores de vegetación, la limitación de barreras físicas continuas y la incorporación de elementos que permitan el tránsito de fauna, tales como pasos en cercos, elevación parcial de mallas o secciones abiertas en puntos estratégicos. Asimismo, se implementarán medidas complementarias como la **reducción de velocidad de vehículos**, señalización interna, restricción de tránsito nocturno en zonas sensibles y capacitación del personal para evitar perturbaciones a la fauna. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al minimizar la interferencia del proyecto en la movilidad de la fauna y mantener la conectividad ecológica del sitio, aun cuando no se trate de infraestructura carretera en sentido estricto.

		If09 (2/)	***Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se desarrollará bajo el principio de **minimización de impactos ambientales**, asegurando que la instalación y operación de la infraestructura no genere efectos negativos significativos que modifiquen la estructura ni alteren las funciones de los ecosistemas presentes en el sitio. Para ello, el diseño del proyecto prioriza una ocupación de baja densidad, la reducción de la remoción de vegetación a lo estrictamente necesario, la conservación de áreas con cobertura natural y la implementación de medidas de control de erosión, manejo de escurrimientos y protección de hábitats. Asimismo, se integran acciones de restauración y revegetación con especies nativas en áreas intervenidas, así como la conservación de corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. Adicionalmente, se establecerá un programa de supervisión y seguimiento ambiental que permita verificar que las condiciones ecológicas del sitio se mantengan dentro de rangos aceptables, evitando procesos de degradación y garantizando la funcionalidad de los ecosistemas. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir la alteración significativa de la estructura y funciones de los ecosistemas, en congruencia con los principios de sustentabilidad y prevención que rigen la evaluación de impacto ambiental.
		If11 (1/)	***Para la instalación de cualquier proyecto de infraestructura se deberá aplicar un Programa de Reforestación equivalente a la superficie afectada. Las especies utilizadas deberán ser nativas***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la posible afectación de cobertura vegetal derivada de las actividades de preparación del sitio; por lo que, en atención al criterio If11, se implementará **un Programa de Reforestación y/o Revegetación** que compense el impacto ue pudiera derivar de la realización del proyecto. Dicho programa considerará la utilización exclusiva de **especies nativas**, seleccionadas con base en las condiciones ecológicas y edafoclimáticas del sitio, privilegiando aquellas propias de la vegetación local. Las acciones podrán incluir la restauración de áreas intervenidas dentro del predio, el reforzamiento de franjas vegetadas, así como, en su caso, la reforestación en áreas destinadas a compensación ambiental. Asimismo, el programa incorporará criterios técnicos de preparación del terreno, plantación, mantenimiento y seguimiento, incluyendo indicadores de supervivencia y establecimiento de la vegetación, con el fin de garantizar su efectividad y la recuperación de la cobertura vegetal. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al compensar la afectación generada mediante la restauración de superficies equivalentes con vegetación nativa, contribuyendo a la recuperación de la estructura y funcionalidad ecológica del sitio.
		If12 (1/)	***Para la vegetación de las áreas verdes asociada a proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA se deberá priorizar el uso de especies nativas.***
		Análisis vinculatorio	En las áreas verdes asociadas al desarrollo del proyecto de planta fotovoltaica, (perímetros, zonas de amortiguamiento, franjas vegetadas y espacios no ocupados por infraestructura), priorizará el **uso exclusivo de especies nativas**, en congruencia con el criterio If12. La selección de especies se realizará considerando la vegetación potencial del sitio, las condiciones edafoclimáticas y criterios de adaptación ecológica, privilegiando especies locales que favorezcan la conservación de la biodiversidad, la conectividad ecológica y la estabilidad del suelo. Se evitará el uso de especies exóticas, ornamentales o con potencial invasor. Asimismo, las acciones de establecimiento y mantenimiento de estas áreas verdes se integrarán a los programas de revegetación y restauración del proyecto, contribuyendo a la recuperación de la cobertura vegetal y a la provisión de servicios ecosistémicos, tales como infiltración de agua, control de erosión y hábitat para fauna.

			Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al promover el uso de vegetación nativa en las áreas verdes del proyecto, fortaleciendo la integridad ecológica del sitio.
		If13 (1/)	***Para la vegetación de las áreas verdes o libres de proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA se prohíbe el uso de especies exóticas invasores***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica establece que en todas las **áreas verdes, libres y de amortiguamiento** asociadas a su desarrollo se **prohíbirá el uso de especies exóticas invasoras,** en congruencia con el criterio If13. En este sentido, las acciones de revegetación, reforestación y mantenimiento de cobertura vegetal se realizarán exclusivamente con **especies nativas**, seleccionadas con base en su compatibilidad ecológica, adaptación a las condiciones del sitio y ausencia de comportamiento invasivo. Asimismo, se evitará la introducción de especies ornamentales o exóticas que puedan desplazar a la vegetación local o alterar la dinámica de los ecosistemas. Adicionalmente, se implementarán medidas de control y monitoreo para prevenir la introducción y propagación de especies invasoras, incluyendo la revisión de insumos vegetales, supervisión de áreas intervenidas y, en su caso, la erradicación o manejo oportuno de cualquier especie detectada con potencial invasor. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir riesgos a la biodiversidad y mantener la integridad ecológica del sitio mediante el uso exclusivo de vegetación nativa.
		If14 (1/)	***Los proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Programa Integral de Manejo del Agua que evalúe la factibilidad del suministro de agua.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica requerirá agua de manera puntual durante la etapa de construcción (principalmente para control de polvo y servicios básicos); sin embargo, durante la etapa de operación **no se contempla el uso de agua para la limpieza de paneles**, ya que ésta se realizará mediante **procesos en seco,** eliminando consumos hídricos asociados a esta actividad. Asimismo, se adoptarán medidas de **uso eficiente y reducción del consumo**, tales como la optimización de riegos para control de polvo, el uso de agua tratada cuando sea viable y la prevención de pérdidas o consumos innecesarios. Adicionalmente, se considerarán acciones para el manejo adecuado de escurrimientos y la promoción de la infiltración de agua pluvial. Derivado de la implementación de procesos en seco durante la operación, el proyecto presenta una **demanda hídrica reducida y no permanente**, lo que disminuye significativamente su presión sobre los recursos hídricos locales. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que el uso del agua sea limitado, eficiente y ambientalmente viable, acorde con la disponibilidad del recurso en la región.
		If15 (1/)	***Los proyectos de infraestructura que en su operación generen residuos sólidos o peligrosos deberán contar con un Programa de Manejo de Residuos autorizado por la Autoridad Competente.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica, durante sus etapas de construcción, operación y mantenimiento, generará residuos sólidos y, en su caso, residuos de manejo especial o peligrosos; por lo que, en atención al criterio If15, se implementará un **Programa de Manejo de Residuos** conforme a la normatividad aplicable y, cuando corresponda, autorizado por la autoridad competente. Dicho programa contemplará la **identificación, clasificación, separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final** de los residuos, diferenciando entre residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Asimismo, se establecerán medidas para su manejo seguro, incluyendo el uso de contenedores adecuados, áreas de acopio temporal debidamente señalizadas y la entrega de residuos a empresas autorizadas para su reciclaje, tratamiento o disposición final. En el caso de residuos peligrosos (por ejemplo, aceites usados, materiales contaminados o componentes eléctricos), se garantizará su manejo conforme a la legislación vigente, incluyendo su registro, control y disposición mediante prestadores de servicios autorizados.

			Adicionalmente, se implementarán acciones de capacitación, supervisión y registro, con el fin de asegurar el cumplimiento del programa y prevenir riesgos de contaminación al suelo, agua y aire. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al establecer un esquema integral y regulado para el manejo de los residuos generados por el proyecto.
		If16 (1/)	***Los proyectos de infraestructura promovidos en la UGA que requieran agua para su desarrollo u operación deberán tratar el 100% de sus aguas residuales***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no generará descargas continuas de aguas residuales de proceso durante su operación, dado que no utiliza agua en la limpieza de paneles (procesos en seco). No obstante, en atención al criterio If16, se establece que **el 100% de las aguas residuales generadas** —principalmente de tipo sanitario durante la etapa de construcción y, en menor medida, en operación— serán **captadas y tratadas adecuadamente** antes de su disposición final. Para ello, se implementarán sistemas sanitarios temporales y/o permanentes que garanticen el manejo integral de estas aguas, tales como sanitarios portátiles con servicio autorizado, fosas sépticas o sistemas de tratamiento equivalentes, según corresponda. En todos los casos, el manejo, recolección, transporte, tratamiento y disposición se realizará a través de prestadores de servicios autorizados, evitando descargas directas al suelo, cuerpos de agua o sistemas de drenaje sin tratamiento previo. Adicionalmente, se establecerán medidas de supervisión y control para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas implementados, así como el cumplimiento de la normatividad aplicable en materia de descargas y saneamiento. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que la totalidad de las aguas residuales generadas por el proyecto reciban tratamiento adecuado, evitando riesgos de contaminación al suelo y a los recursos hídricos
		If18 (4/)	***Se deberá valorar la resiliencia de la infraestructura a eventos hidrometeorológicos extremos.***
		Análisis vinculatorio	En atención al criterio de regulación ecológica If18, relativo a la necesidad de valorar la resiliencia de la infraestructura frente a eventos hidrometeorológicos extremos, el Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar incorpora un enfoque integral de análisis de riesgo, diseño adaptativo y gestión preventiva, sustentado en información oficial y actualizada del contexto territorial del municipio de Hueypoxtla, Estado de México. De conformidad con el **Atlas de Riesgos del Municipio de Hueypoxtla (CENAPRED, 2022)**[i], los fenómenos hidrometeorológicos representan uno de los principales factores de riesgo en el territorio municipal, destacando particularmente la ocurrencia de **lluvias intensas que pueden generar inundaciones pluviales y desbordamientos de cuerpos de agua (jagüeyes, ríos y presas)** . Este documento establece que el monitoreo de dichos fenómenos se realiza prioritariamente mediante pronósticos meteorológicos de corto plazo, debido a la recurrencia de eventos de precipitación significativa en la región (Ver desarrollo de los alcances del Atlas de Riesgos en el Anexo Técnico # 2). Asimismo, el análisis climatológico indica que el régimen de lluvias presenta concentraciones estacionales relevantes, con valores mensuales superiores a **90–120 mm durante los meses de junio a agosto**, y precipitaciones anuales del orden de **≈480 a 600 mm en estaciones cercanas**, lo cual confirma la existencia de periodos de alta intensidad pluvial con potencial de generar escurrimientos superficiales significativos . Adicionalmente, el Atlas de Riesgos documenta la presencia de **eventos de viento fuerte**, los cuales pueden alcanzar velocidades superiores a **150 km/h**, generando cargas estructurales relevantes sobre edificaciones e infraestructura . Este tipo de fenómeno constituye un factor crítico de diseño para estructuras expuestas, como es el caso de sistemas fotovoltaicos. Bajo este contexto, el proyecto garantiza el cumplimiento del criterio If18 mediante los siguientes elementos estructurales y de planeación: 1. **Valoración específica del riesgo hidrometeorológico**: Se incorpora el análisis de peligros identificado en el Atlas de Riesgos municipal, particularmente inundaciones pluviales y eventos de viento extremo, como

			base para la toma de decisiones en el diseño del proyecto, en congruencia con el principio de conocimiento del riesgo establecido en los sistemas de protección civil . 2. **Diseño resiliente de la infraestructura**: La infraestructura del parque fotovoltaico será diseñada considerando: ○ Condiciones de escurrimiento superficial y drenaje natural del terreno, evitando la obstrucción de cauces y la acumulación de agua. ○ Sistemas de desalojo pluvial (cunetas, canales, obras de disipación) que permitan manejar eventos de lluvia intensa sin comprometer la estabilidad del sitio. ○ Estructuras de soporte con capacidad de resistir cargas de viento extremo conforme a normas técnicas aplicables (p. ej., criterios de diseño estructural de CFE). 3. **Selección de sitio y configuración del proyecto**: La disposición de los componentes del proyecto evitará zonas identificadas como susceptibles a inundación o concentración de escurrimientos, conforme a la zonificación de riesgos generada mediante análisis SIG en el Atlas municipal . 4. **Integración de medidas de monitoreo y alerta**: El proyecto considera la integración operativa con los sistemas de monitoreo meteorológico existentes (SMN y Protección Civil municipal), permitiendo la implementación de protocolos de respuesta ante eventos extremos, en concordancia con los esquemas de alerta temprana establecidos para el municipio . 5. **Gestión adaptativa y mantenimiento preventivo**: Durante la etapa de operación se implementarán programas de inspección y mantenimiento orientados a asegurar la funcionalidad de sistemas de drenaje, estabilidad estructural y control de erosión, reduciendo la vulnerabilidad ante eventos extremos recurrentes. En este sentido, el Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar no solo reconoce la presencia de fenómenos hidrometeorológicos relevantes en el municipio de Hueypoxtla, sino **que integra de manera explícita su análisis en el diseño, construcción y operación de la infraestructura**, asegurando su capacidad de adaptación, resistencia y recuperación ante dichos eventos. Por lo anterior, se concluye que el proyecto **satisface plenamente el alcance del criterio If18**, al incorporar un enfoque preventivo, técnicamente fundamentado y territorialmente contextualizado que garantiza la resiliencia de la infraestructura frente a eventos hidrometeorológicos extremos.
		If19 (4/)	***El desarrollo de infraestructura requerirá considerar el riesgo aviar, asociado a la operación del proyecto respecto a la avifauna presente en la zona.***
		Análisis vinculatorio	Para la línea de transmisión de interconexión se recomienda incorporar criterios de diseño avifauna-seguro, mediante estructuras que garanticen separaciones suficientes entre fases y entre elementos energizados y aterrizados, aislamiento de puentes y equipos asociados, y la instalación de dispositivos anticolisión en cable de guarda y/o conductores en los tramos de mayor riesgo ambiental. Estas medidas deberán reforzarse en cruces de cauces, áreas abiertas, zonas de tránsito potencial de aves y murciélagos, así como en cualquier sector identificado durante los recorridos de campo como ruta de vuelo, alimentación o refugio. Con ello se busca reducir los riesgos de electrocución y colisión asociados a la infraestructura aérea de interconexión.
		If20 (1/)	***En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por las Autoridades Competentes***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la implementación de un **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre**, en atención al criterio If20, el cual será elaborado conforme a criterios técnicos especializados y **sometido a validación por las autoridades competentes** previo al inicio de las actividades de preparación del sitio. Dicho programa incluirá acciones de identificación de especies, recorridos de prospección, ahuyentamiento, captura, manejo y liberación controlada en sitios con condiciones ambientales adecuadas y fuera del área de influencia del proyecto. Se priorizará la protección de especies con algún estatus de conservación, así como aquellas con baja capacidad de desplazamiento.

			Asimismo, el programa considerará medidas complementarias de mitigación, tales como la delimitación de áreas sensibles, la programación de actividades para evitar periodos críticos (reproducción, anidación), la capacitación del personal y el monitoreo durante las distintas etapas del proyecto. La ejecución del programa estará a cargo de personal capacitado y se documentará mediante reportes técnicos que evidencien su cumplimiento. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al integrar un esquema formal, validado y verificable para la protección de la fauna silvestre durante el desarrollo del proyecto.
		If21 (1/)	***Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura deberán contar con autorización previa de impacto ambiental.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se somete al procedimiento de **evaluación de impacto ambiental** ante la autoridad competente, en cumplimiento de la legislación aplicable, previo al inicio de cualquier obra o actividad relacionada con su instalación. En este sentido, todos los **estudios, medidas, obras y acciones** contemplados para el desarrollo del proyecto se encuentran integrados en la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), la cual será evaluada por la autoridad ambiental correspondiente, quien determinará su viabilidad y, en su caso, establecerá las condicionantes que deberán cumplirse durante las distintas etapas del proyecto. Asimismo, el promovente se compromete a **no iniciar actividades de preparación del sitio, construcción u operación** sin contar con la autorización previa en materia de impacto ambiental, así como a cumplir con todas las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean establecidas en la resolución correspondiente. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que el proyecto se desarrolle dentro del marco legal aplicable y bajo supervisión de la autoridad ambiental.
		If01(2/)	***Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de infraestructura deberán incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) y programas de rescate de la fauna, garantizando medidas de compensación y mitigación.***
		Criterios de aplicación general	
		Ge01	En proyectos, predios y parcelas situados en dos o más UGAS, la aplicación del POETEM se realizará de forma independiente por las diferentes secciones correspondientes a cada UGA.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se analizó en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), verificando su localización respecto a las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) aplicables. En este sentido, se identificó que el polígono del proyecto se ubica dentro de dos UGAs la 0082 y la 0113, por lo que, en atención al criterio Ge01, la evaluación de congruencia se realizó **de manera diferenciada e independiente para cada sección del predio correspondiente a cada UGA**. Para cada UGA involucrada, se analizaron de forma específica sus políticas ambientales, criterios de regulación ecológica, usos de suelo y estrategias aplicables, desarrollando la correspondiente vinculación y medidas de cumplimiento de manera individualizada. Este enfoque permitió asegurar que las condiciones, restricciones y lineamientos propios de cada UGA sean atendidos conforme a sus características particulares, evitando generalizaciones o interpretaciones homogéneas del territorio. En consecuencia, el proyecto integra en su diseño y en sus medidas de manejo ambiental los requerimientos específicos de cada UGA, garantizando la correcta aplicación del POETEM en aquellas porciones del predio que correspondan a distintas unidades de gestión. Con lo anterior, se acredita el cumplimiento del criterio Ge01, al aplicar el ordenamiento ecológico de forma independiente y diferenciada en función de las UGAs involucradas en el área del proyecto.

		Ge03	***Se determinarán las especies invasoras prioritarias y sus vías de introducción para la definición de medidas para evitar su invasión y establecimiento en los sistemas naturales mexiquenses***.
		Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge03, el proyecto de planta fotovoltaica incorporó en su análisis ambiental la **identificación de especies exóticas invasoras prioritarias potencialmente presentes o con riesgo de introducción en el área del proyecto**, así como la evaluación de sus **principales vías de ingreso y dispersión**. Para ello, se realizará la revisión de información técnica y bases de datos oficiales sobre especies invasoras en el Estado de México, complementada con trabajos de muestreo e inventario en campo para el registro y la identificación de especies con comportamiento invasivo o indicios de su presencia. Asimismo, se identificarán como principales vías de introducción potenciales: el movimiento de maquinaria y materiales, el transporte de suelo o vegetación, el uso de insumos vegetales no controlados y la perturbación del sitio derivada de las actividades de construcción. Con base en lo anterior, el proyecto establecerá un conjunto de **medidas preventivas y de control**, entre las que destacan: • Uso exclusivo de **especies nativas** en programas de revegetación y áreas verdes. • **Prohibición del uso de especies exóticas invasoras** en cualquier componente del proyecto. • **Control y monitoreo periódico** para la detección temprana de especies invasoras en áreas intervenidas. • **Limpieza de maquinaria y equipo** previo a su ingreso al sitio, para evitar la introducción de propágulos. • Manejo adecuado de suelos y residuos vegetales para prevenir su dispersión. • Implementación de acciones de **erradicación o control** en caso de detectarse especies invasoras durante la ejecución del proyecto. Con estas acciones se da cumplimiento al criterio Ge03, al identificar las especies invasoras prioritarias y sus vías de introducción, así como al establecer medidas concretas para evitar su invasión y establecimiento en el área del proyecto y su entorno.
		Ge04	***El aprovechamiento de agua deberá respetar los límites de disponibilidad definidos por la Autoridad Competente.***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica considera el uso de agua de manera **puntual y no permanente**, principalmente durante la etapa de construcción; mientras que en la etapa de operación no se contempla consumo para limpieza de paneles, al emplearse **procesos en seco**, lo que reduce significativamente la demanda hídrica del proyecto. En atención al criterio Ge04, el aprovechamiento de agua se realizará **en estricto apego a los límites de disponibilidad establecidos por la autoridad competente**, para lo cual se prevé el abastecimiento a partir de fuentes autorizadas, garantizando que los volúmenes requeridos no excedan la disponibilidad del recurso en la región ni afecten a otros usuarios. Asimismo, el proyecto incorporará medidas de **uso eficiente del agua**, control de consumos y verificación de la factibilidad del suministro, en congruencia con las disposiciones aplicables en materia de gestión hídrica. En caso de requerirse concesión o permiso, éste será gestionado ante la autoridad correspondiente previo al uso del recurso. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que el aprovechamiento del agua sea limitado, regulado y acorde con la disponibilidad definida por la autoridad competente, evitando presiones adicionales sobre los recursos hídricos locales.
		Ge05	***Deberá de vigilarse el aprovechamiento de los manantiales, pozos y cauces en coordinación con la Comisión Nacional del Agua***.

		Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge05, se realizó la caracterización hidrológica del área del proyecto, identificándose que **no existen manantiales ni pozos dentro del polígono del proyecto**, y que únicamente se presentan **cauces intermitentes**, los cuales conducen escurrimientos superficiales asociados exclusivamente a eventos de precipitación pluvial. No obstante, bajo un enfoque preventivo, el proyecto establece medidas para **proteger y no alterar la dinámica natural de estos cauces intermitentes,** evitando su obstrucción, desvío o modificación. Asimismo, se implementarán obras de drenaje y manejo de escurrimientos que permitan la continuidad de los flujos superficiales. Adicionalmente, en caso de requerirse alguna intervención que pudiera incidir en el régimen hidrológico local, ésta se realizará en coordinación con la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** y conforme a la normatividad aplicable, garantizando que no se afecte el aprovechamiento ni la integridad de los cuerpos de agua. Con estas acciones se da cumplimiento al criterio, al considerar las condiciones hidrológicas del sitio y establecer medidas para la protección y vigilancia de los escurrimientos presentes, aun cuando no existan aprovechamientos directos de manantiales o pozos en el área del proyecto.
		Ge06	***En las barrancas y cañadas, no está permitido urbanizar, rellenar, depositar o verter residuos urbanos, especiales o peligrosos, así como descargar aguas residuales que incumplan con la Normatividad de calidad vigente.***
		Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge06, el proyecto de planta fotovoltaica establece la **prohibición expresa de intervenir barrancas y cañadas** mediante actividades de urbanización, relleno o modificación del terreno, así como la restricción total para el depósito o vertimiento de residuos urbanos, de manejo especial o peligrosos en estas zonas. Derivado de la caracterización del sitio, se identifican únicamente **cauces intermitentes asociados a escurrimientos pluviales**, los cuales serán respetados en su trazo natural, evitando su alteración, obstrucción o relleno. En estas áreas se restringirá el tránsito de maquinaria y el acopio de materiales, implementando medidas de delimitación y protección. Asimismo, el proyecto no contempla descargas de aguas residuales sin tratamiento; por el contrario, se garantizará que **el 100% de las aguas residuales generadas sea manejado y tratado conforme a la normatividad vigente**, evitando cualquier descarga directa a barrancas, cañadas o cauces. Adicionalmente, se implementará un **manejo integral de residuos**, asegurando su recolección, almacenamiento temporal y disposición final mediante prestadores autorizados, eliminando el riesgo de disposición inadecuada en zonas sensibles. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir la alteración de barrancas y cañadas y evitar la contaminación de estos sistemas, garantizando la conservación de su función hidrológica y ecológica.
		Ge08	***Los Programas de Ordenamiento Ecológico Local deberán actualizarse y alinearse conforme al presente Instrumento y al Plan Estatal de Desarrollo vigente***.
		Análisis vinculatorio	El criterio Ge08 establece una disposición de carácter **institucional y programático**, cuyo ámbito de aplicación corresponde a las **autoridades estatales competentes**, en particular aquellas responsables de la formulación, actualización y alineación de los Programas de Ordenamiento Ecológico Local con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio y el Plan Estatal de Desarrollo vigente. En este sentido, el alcance del criterio no implica una obligación directa para el promovente del proyecto, sino que se orienta a garantizar la coherencia y actualización de los instrumentos de planeación territorial a nivel estatal y municipal. No obstante, el proyecto de planta fotovoltaica reconoce este marco de referencia y se desarrolla en congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico vigentes aplicables al área del proyecto, considerando sus políticas, criterios y lineamientos. Con lo anterior, se acredita que el criterio Ge08 es de aplicación a la autoridad competente y que el proyecto se inserta dentro del marco de planeación territorial vigente, sin contravenir sus disposiciones.

		Ge10	***Se prohíbe la ubicación de todo tipo de confinamientos de residuos sólidos (municipales, industriales y peligrosos).***
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la instalación ni operación de **confinamientos de residuos sólidos**, ya sean de carácter municipal, industrial o peligroso. En este sentido, en atención al criterio Ge10, se establece la **prohibición expresa de disponer, almacenar de manera permanente o confinar residuos dentro del área del proyecto**. Todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados bajo un esquema de **gestión integral**, que incluye su identificación, separación, almacenamiento temporal en condiciones controladas y su posterior entrega a **prestadores de servicios autorizados** para su reciclaje, tratamiento o disposición final en instalaciones debidamente autorizadas. El proyecto únicamente contempla **sitios de acopio temporal**, los cuales no constituyen confinamientos, y estarán diseñados para evitar riesgos de contaminación al suelo, agua o aire. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al no promover ni permitir la ubicación de confinamientos de residuos dentro del predio del proyecto, asegurando que todos los residuos sean manejados conforme a la normatividad vigente y fuera del sitio de desarrollo.
		Ge12	***Los usos y actividades de proyecto en Áreas Naturales Protegidas, estarán sujetos a lo establecido por los Planes de Manejo correspondientes.***
		Análisis vinculatorio	Derivado de la caracterización territorial del proyecto, se determinó que el polígono de la planta fotovoltaica **no se ubica dentro de un Área Natural Protegida (ANP)** ni en zonas sujetas a un decreto de protección específico; por lo que el supuesto directo del criterio Ge13 no resulta aplicable en términos estrictos. No obstante, bajo un enfoque preventivo y de congruencia ambiental, el proyecto incorpora medidas de **mitigación y compensación ambiental proporcionales a los impactos identificados**, tales como la conservación de áreas con cobertura vegetal, la revegetación con especies nativas, el manejo adecuado de escurrimientos, la protección de fauna y la implementación de programas de restauración ecológica. Asimismo, en caso de que durante el desarrollo del proyecto se identifique alguna interacción indirecta con áreas bajo régimen de protección o zonas de valor ambiental, se atenderán las disposiciones aplicables y, en su caso, los instrumentos de manejo correspondientes. Con estas acciones se asegura la congruencia con el objetivo del criterio, al incorporar medidas ambientales acordes al impacto del proyecto, aun cuando no se ubique dentro de un Área Natural Protegida.
		Ge13	***Las actividades realizadas en Áreas Naturales Protegidas deberán considerar medidas de mitigación y compensación ambiental acordes al impacto ambiental que generarán. Las medidas de mitigación y compensación ambiental deberán atender a los objetivos del Decreto y criterios de administración establecidos en el Plan de Manejo correspondiente***.
		Análisis vinculatorio	Derivado del análisis de localización del proyecto de planta fotovoltaica y de la consulkta al sistema de gestión para la evaluación de impacto amnbiental (SIGEIA), se determinó que el polígono **no se ubica dentro de un Área Natural Protegida (ANP)**, por lo que la aplicación directa del criterio Ge13 no resulta obligatoria en sentido estricto. No obstante, bajo un enfoque preventivo y de congruencia con la política ambiental, el proyecto incorpora medidas de **mitigación y compensación ambiental proporcionales a los impactos identificados,** tales como la conservación de cobertura vegetal, la revegetación con especies nativas, la protección de fauna silvestre, el manejo adecuado de escurrimientos y la restauración de áreas intervenidas. Asimismo, en caso de que durante la ejecución del proyecto se identifique alguna interacción indirecta con áreas bajo régimen de protección o zonas de valor ambiental, se atenderán las disposiciones aplicables y, en su caso, los objetivos de conservación y lineamientos establecidos en los instrumentos de manejo correspondientes.

			Con estas acciones se asegura la congruencia con el objetivo del criterio, al incorporar medidas ambientales acordes a los impactos del proyecto, aun cuando éste no se desarrolle dentro de un Área Natural Protegida.
		Ge14	Se requiere la conformación de Rellenos Sanitarios en cumplimiento de capacidades y especificaciones de Normatividad Vigente.
		Análisis vinculatorio	El criterio Ge14 establece una disposición orientada a la **planeación y operación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos**, cuya implementación corresponde a las **autoridades competentes y a los operadores de rellenos sanitarios**, en cumplimiento de la normatividad vigente. En este sentido, el proyecto de planta fotovoltaica **no contempla la construcción ni operación de rellenos sanitarios,** por lo que no le es aplicable de manera directa. No obstante, en congruencia con el objetivo del criterio, el proyecto se compromete a que **todos los residuos sólidos generados** durante sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento sean **canalizados a instalaciones de disposición final autorizadas**, que cumplan con las capacidades y especificaciones establecidas en la normatividad vigente. Asimismo, el proyecto implementará un **Programa de manejo integral de residuos**, que incluye su separación, almacenamiento temporal en condiciones controladas y entrega a prestadores de servicios autorizados, asegurando que su disposición final se realice en rellenos sanitarios que operen conforme a los lineamientos técnicos y ambientales aplicables. Con estas acciones se asegura la congruencia con el criterio, al no promover instalaciones de disposición final dentro del proyecto y garantizar que los residuos generados sean gestionados en sitios que cumplen con la normatividad vigente.
		Ge15	***Se requiere contar con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, conforme a Norma, previo a la descarga a cuerpos receptores***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla descargas directas de aguas residuales a cuerpos receptores; sin embargo, en atención al criterio Ge15 y bajo un enfoque preventivo, se establece que **toda el agua residual generada será previamente tratada conforme a la normatividad vigente** antes de cualquier disposición final. Durante la etapa de construcción y, en menor medida, en operación, las aguas residuales generadas serán principalmente de tipo sanitario. Para su manejo, se implementarán **sistemas adecuados de tratamiento**, tales como sanitarios portátiles con servicio autorizado, fosas sépticas o sistemas equivalentes, garantizando que no existan descargas sin tratamiento previo al suelo o a cuerpos de agua. En caso de que se requiera una descarga a un cuerpo receptor, ésta se realizará únicamente cumpliendo con los **límites máximos permisibles establecidos en la normatividad aplicable**, y previa obtención de los permisos correspondientes ante la autoridad competente. Adicionalmente, se establecerán mecanismos de supervisión y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, asegurando su correcto funcionamiento y evitando riesgos de contaminación. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que cualquier agua residual generada por el proyecto sea tratada conforme a norma antes de su disposición, aun cuando no se contemplen descargas directas a cuerpos receptores
		Ge16	***Se debe implementar sistema de monitoreo de calidad atmosférica y operar inventario de emisiones***.
		Análisis vinculatorio	El criterio Ge16 establece una disposición orientada a la **gestión y control de la calidad del aire a nivel territorial,** cuya implementación integral corresponde principalmente a las autoridades competentes. No obstante, en atención a su alcance y bajo un enfoque preventivo, el proyecto de planta fotovoltaica incorpora medidas orientadas al **control de emisiones y seguimiento de su desempeño ambiental.**

			Durante la etapa de construcción, se identificarán y estimarán las **fuentes potenciales de emisión atmosférica,** tales como maquinaria, equipo de combustión interna y generación de partículas por movimiento de suelo, integrando un **registro interno de emisiones** que permita su control y reducción. Para ello, se implementarán medidas como el mantenimiento adecuado de maquinaria, la verificación de equipos, el riego controlado para la supresión de polvo y la optimización de actividades constructivas. En la etapa de operación, las emisiones atmosféricas serán mínimas, limitándose principalmente al tránsito ocasional de vehículos de mantenimiento, por lo que no se prevé la generación significativa de contaminantes. Adicionalmente, el proyecto contempla la **supervisión y seguimiento de condiciones de calidad del aire a nivel local,** mediante inspecciones periódicas y control de fuentes emisoras, asegurando que no se generen afectaciones al entorno. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al integrar mecanismos de control y seguimiento de emisiones, en congruencia con los principios de gestión de la calidad atmosférica, aun cuando la implementación de sistemas de monitoreo regional corresponde a la autoridad competente.
		Ge17	***La infraestructura de comunicación, así como las vías de comunicación carretera de competencia Estatal y Federal, son prioritarias para la integración territorial, por lo que se pueden establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, dando cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, así como a los Planes de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contandosiempre con la previa autorización de Impacto Ambiental y de ser necesario Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.***
		Análisis vinculatorio	El criterio Ge17 establece una disposición de carácter **programático y territorial**, orientada a la priorización de infraestructura de comunicación a nivel estatal y federal. Si bien el proyecto de planta fotovoltaica no corresponde a este tipo de infraestructura estratégica, reconoce el principio de que cualquier obra de infraestructura debe desarrollarse en **congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico y de planeación territorial aplicables**. En este sentido, el proyecto se ha evaluado considerando los **criterios específicos de la UGA correspondiente**, así como la compatibilidad con los instrumentos de planeación vigentes. Asimismo, el promovente se compromete a **contar previamente con la autorización en materia de impacto ambiental,** y en su caso, a gestionar las autorizaciones adicionales que resulten aplicables, incluyendo el **cambio de uso de suelo en terrenos forestales**, si éste fuera requerido conforme a la normatividad vigente. Adicionalmente, el proyecto no se contrapone a la integración territorial ni a la infraestructura de comunicación existente, ya que aprovecha caminos actuales y limita la generación de nuevas vialidades, manteniendo la funcionalidad del territorio. Con estas acciones se asegura la congruencia con el criterio Ge17, al garantizar que el desarrollo del proyecto se sujeta a los instrumentos de planeación y a las autorizaciones ambientales correspondientes, aun cuando no se trate de infraestructura de comunicación prioritaria en términos del criterio.
		Ge18	***La infraestructura de interconexión energética es prioritaria para la integración productiva del Estado, pudiéndose establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, dando cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, así como a los Planes de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contando siempre con la previa autorización de Impacto Ambiental y de ser necesario Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales***.
		Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica forma parte de la **infraestructura energética** orientada a la generación y eventual interconexión al sistema eléctrico, por lo que se reconoce su contribución a la **integración productiva y energética del Estado**, en congruencia con el criterio Ge18. En este sentido, el proyecto se desarrolla considerando el cumplimiento de los **criterios específicos de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) correspondiente,** así como la compatibilidad con los instrumentos de planeación territorial

			vigentes. Asimismo, se verificó que el sitio no se ubica dentro de Áreas Naturales Protegidas; no obstante, en caso de existir interacción con zonas sujetas a regulación específica, se atenderán los lineamientos establecidos en los instrumentos de manejo aplicables. De igual forma, el promovente somete el proyecto al procedimiento de **evaluación de impacto ambiental,** comprometiéndose a no iniciar obras sin contar con la autorización correspondiente. En caso de que el desarrollo del proyecto implique la afectación de terrenos forestales, se gestionará previamente la autorización de **cambio de uso de suelo en terrenos forestales**, conforme a la normatividad aplicable. Adicionalmente, el diseño del proyecto busca minimizar impactos mediante la optimización del uso del suelo, el aprovechamiento de infraestructura existente y la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio Ge18, al integrar el proyecto dentro de la política de desarrollo energético del Estado, garantizando al mismo tiempo el apego a los instrumentos de ordenamiento ecológico y a las autorizaciones ambientales requeridas.
		Acotaciones:	
		(1/)	Criterio aplicable a los usos de suelo en las UGA 0082 y 0113
		(2/)	Criterio aplicable únicamente en la IUGA 0082
		(3/)	Criterio aplicable únicamente en la UGA 0113
		(4/)	Incluidos por recomendación del DTOE

PLAN DE DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA	
Programas y/o planes de desarrollo urbano	De acuerdo con lo establecido en la fracción III del artículo 13 del RLGEEPAMEIA, las MIA-R, que sean sometidas a evaluación de la autoridad ambiental a efecto de obtener la autorización correspondiente, deberán evidenciar el cumplimiento con los alcances de los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables. Asimismo, el primer y segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA disponen que una vez presentada la MIA-R, la autoridad ambiental iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en dicho instrumento, el RLGEEPAMEIA y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días, así mismo deberá verificar que las obras y actividades se sujeten a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los Programas de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico del Territorio, las Declaratorias de Áreas Naturales Protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. En este sentido, es posible determinar que, como parte del Capítulo III de una MIA-R, los interesados deberán realizar la vinculación, cuando menos con los instrumentos que disponen los dos primeros párrafos del citado artículo 35 de la LGEEPA, entre los cuales se destaca el Programa de Desarrollo Urbano (PDU), documento que constituye el instrumento rector de la planeación urbana. Ahora bien, de acuerdo con la naturaleza jurídica de un PDU, se considera importante analizar y delimitar su alcance legal y espacial en términos de la normatividad que le da vida jurídica, para lo cual se realiza el siguiente análisis. Al respecto, el inciso a) de la fracción V, del Artículo 115 de la CPEUM, establece lo siguiente:

	"Artículo 115. Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes: *…..* *V. Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:* *a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;"* Considerando la información presentada previamente, podemos constatar que los municipios cuentan con la facultad Constitucional de formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal en su territorio, en términos de las leyes federales y estatales. Por lo que, a continuación, se enfatizan algunos puntos relevantes de lo que establece la Ley General de Asentamientos Humanos al respecto. Primeramente, en su artículo 1 dispone que esta ley tiene los siguientes objetivos: *I. Establecer la concurrencia de la Federación, de las entidades federativas y de los municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional.* *II. Fijar las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.* *III. Definir los principios para determinar las provisiones, reservas, usos y destinos de áreas y predios que regulen la propiedad en los centros de población.* *IV. Determinar las bases para la participación social en materia de asentamientos humanos.* Posteriormente, en la fracción I del artículo 9°, retoma la facultad de los municipios para formular, aprobar y administrar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, de centros de población y los demás que de éstos deriven, así como evaluar y vigilar su cumplimiento, de conformidad con la legislación local. En la fracción I del artículo 12 establece que, la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población se llevarán a cabo, entre otras, a través de los planes o programas municipales de desarrollo urbano. Así, se puede observar que la Ley General de Asentamientos Humanos es la normatividad federal que regula la facultad constitucional de los municipios consagrada en el artículo 115 de la CPEUM, para formular, aprobar y administrar la zonificación y los Planes de Desarrollo Urbano Municipal y que, a través de éstos, los municipios podrán planear y regular lo referente a ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población. Aunado a lo anterior, no se puede pasar por alto lo que dispone el artículo 19 de la Ley en comento y que para mayor claridad se transcribe a continuación: *"ARTICULO 19.- Los planes o programas de desarrollo urbano deberán considerar los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos establecidos en los artículos 23 a 27 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en las normas oficiales mexicanas en materia ecológica."* En este sentido, la Ley General de Asentamientos Humanos establece la obligación para que, durante la formulación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano, se consideren los criterios generales de regulación ecológica que establece la LGEEPA.

	Ahora bien, la LGEEPA en su artículo 23, fracción I establece que, para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, los planes o programas de desarrollo urbano deberán tomar en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico del territorio. Además, la misma LGEEPA en su artículo 20 bis-4, establece que los objetivos de los programas de ordenamiento ecológico locales son determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo y establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población. Para mayor abundamiento a continuación se transcribe el citado artículo: *"ARTÍCULO 20 BIS 4.- Los programas de ordenamiento ecológico local serán expedidos por las autoridades municipales, y en su caso del Distrito Federal, de conformidad con las leyes locales en materia ambiental, y tendrán por objeto:* *I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate;* *II.- Regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales respectivos, fundamentalmente en la realización de actividades productivas y la localización de asentamientos humanos, y* *III.-Establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población, a fin de que sean considerados en los planes o programas de desarrollo urbano correspondientes."* Dentro de lo que dispone el artículo transcrito, se puede destacar que los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales, tienen como finalidad, entre otras, regular los usos de suelo fuera de los centros de población y de establecer criterios de regulación ecológica dentro de los centros de población para que éstos sean tomados en cuenta en la creación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano, ambas cosas en los municipios correspondientes y con la finalidad de proteger el ambiente y para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Lo anterior es así, ya que de todo lo manifestado hasta el momento ha quedado en evidencia que los municipios tienen la facultad de regular los usos de suelo dentro de su territorio, lo cual se materializa mediante la expedición de su correspondiente Plan o Programa de Desarrollo Urbano, sin embargo, tomando en cuenta que en materia ambiental también existen otros instrumentos de planeación ambiental, tal como son los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales, tanto la Ley General de Asentamientos Humanos, como la LGEEPA se armonizan al delimitar claramente el alcance territorial y legal de cada uno. Lo anterior en ningún momento quiere decir que, la normatividad que regula la creación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano y los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio sea errónea o incompleta, sino más bien, se pretende resaltar que para poder determinar claramente la aplicación de cada uno de estos Instrumentos es necesario acudir a la normatividad que los regula y no solamente al texto aislado de cada uno de éstos. De todo lo expuesto hasta ahora, se puede concluir que independientemente de que cada Instrumento delimite su área geográfica de aplicación, en materia ambiental, los Planes o Programas de Desarrollo Urbano deben de regular los usos

	de suelo en los centros de población[2] de los municipios que los expide, debiendo tomar en cuenta los criterios de regulación ecológica que contienen los programas de ordenamiento ecológico locales (POEL) del propio municipio. Las disposiciones de la normatividad local en el tema de acuerdo al Dictamen Técnico **DTOE DGTS/SMA 335** (Anexo ANX VIII III.1) proporcionan varias consideraciones concretas sobre el **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla (PMDUH)**, tanto respecto de sus **alcances vinculantes** como del **diagnóstico de cumplimiento** que formula la autoridad en el Dictamen Técnico. La parte sustantiva está concentrada en las **páginas 4 y 5** del anexo. El Dictamen parte de una premisa clara: además del ordenamiento ecológico, el proyecto debe revisarse frente a los **instrumentos de planeación urbana vigentes**. En ese sentido, la autoridad identifica expresamente al **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla**, publicado en la *Gaceta del Gobierno* el **21 de junio de 2018**, así como su **fe de erratas del 12 de febrero de 2020**, como el instrumento urbano aplicable al sitio del proyecto. A partir de ese instrumento, la autoridad señala que el predio se ubica dentro del **plano estratégico "E-2 Usos del suelo"** en una zona clasificada como **Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.)**. Esa afirmación es jurídicamente relevante porque el Dictamen no trata al PMDU como un antecedente meramente descriptivo, sino como un **parámetro normativo vigente de localización y compatibilidad de uso del suelo**. El alcance vinculante que el propio Dictamen atribuye al PMDU puede sintetizarse así: • El PMDU **define la clasificación de uso del suelo aplicable al predio**; • Esa clasificación **condiciona la posibilidad de instalar determinados establecimientos e infraestructuras**; • La instalación del proyecto **debe sujetarse a las normas de ocupación establecidas en el instrumento**; • La opinión técnica de compatibilidad territorial **no sustituye** autorizaciones ambientales o urbanas adicionales, sino que se limita a verificar congruencia con los instrumentos vigentes. Dicho de manera más estricta: para la autoridad estatal, el PMDU **sí produce efectos obligatorios sobre el proyecto**, en particular en cuanto a **clasificación del suelo, admisibilidad del uso y observancia de normas de ocupación**. Alcances materiales del PMDU que cita el Dictamen: el oficio reproduce el contenido sustantivo de la categoría **Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.)**. Según el Dictamen, en esa zona: • Se permiten establecimientos e inmuebles técnicos y/o edificios aplicables; • Se permite el **comercio de productos especializados de más de 200 m² construidos**; • Se admiten bancos, comercio de materiales para la construcción, comercio y servicios para vehículos y maquinaria, talleres y servicios especializados; • Se permiten almacenamiento, distribución y abasto de productos, • **Con excepción de sustancias peligrosas de cualquier clase**. Además, el Dictamen precisa que, dentro de la **Tabla de Usos de Suelo** del PMDU, en el **uso general "5.2 Instalaciones en general"**, los **usos específicos** comprenden: • **Plantas**,

[2] "***III. Centros de población:*** *las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos"* (Artículo 2 de la Ley General de Asentamientos Humanos).

	• **Estaciones y subestaciones eléctricas**, • **Incluyendo paneles solares**, • Así como **instalaciones de generación eléctrica por medio de energías renovables**. Ese punto es el núcleo duro del análisis: la autoridad no infiere la compatibilidad de forma analógica o extensiva, sino que afirma que el PMDU **identifica expresamente como permitidas** instalaciones de generación eléctrica con energías renovables, incluyendo paneles solares, dentro de la clasificación aplicable al predio. Diagnóstico de cumplimiento emitido por la autoridad en su DTOE: el Dictamen formula un diagnóstico de cumplimiento en dos planos: **ordenamiento ecológico** y **desarrollo urbano**. Respecto del PMDU de Hueypoxtla, la conclusión de la autoridad es inequívoca: el sitio del proyecto se localiza en una zona con clasificación de suelo **Industria Mediana No Contaminante**, **en la que la instalación de plantas eléctricas por medio de energías renovables se permite**, quedando el proyecto **sujeto a las normas de ocupación establecidas en el instrumento**. Eso significa que, en términos técnicos y jurídicos, la autoridad competente diagnostica lo siguiente: 1. **Sí existe correspondencia territorial** entre el proyecto y la zonificación urbana aplicable. 2. **Sí existe compatibilidad material de uso**, porque la categoría I.M.N. admite instalaciones de generación eléctrica renovable. 3. **El cumplimiento no es absoluto ni incondicionado**, ya que subsiste la obligación de ajustarse a las **normas de ocupación** del PMDU. El Dictamen tiene naturaleza de **opinión técnica sobre ubicación y compatibilidad con instrumentos de planeación**, no de autorización sustantiva final.Síntesis técnico-jurídica utilizable: en términos estrictos, del DTOE DGTS:SMA 335 se desprende que la autoridad competente reconoce al **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla** como un **instrumento vinculante de planeación urbana vigente**, aplicable al predio del proyecto, con efectos obligatorios en materia de **clasificación de uso del suelo** y **normas de ocupación**. Conforme a ese instrumento, el predio se ubica en una zona **Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.)**, dentro de la cual el propio PMDU admite **instalaciones de generación eléctrica por medio de energías renovables, incluyendo paneles solares**. En consecuencia, la autoridad emite un **diagnóstico favorable de compatibilidad urbana**, aunque condicionado al cumplimiento de las normas de ocupación del PMDU y dejando claro que el Dictamen **no constituye autorización en materia de impacto o riesgo ambiental**. Normas de ocupación y compatibilidad territorial del proyecto conforme al PMDU de Hueypoxtla y al POETEM. En la zonificación **Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.)**, el PMDU establece que los parámetros de ocupación del suelo se determinan bajo el esquema de **"DT" (Determinación Técnica)**, lo cual resulta particularmente relevante para proyectos de infraestructura energética como un parque fotovoltaico, cuyas características no se ajustan a esquemas urbanos convencionales. En este sentido, los siguientes parámetros quedan sujetos a determinación técnica específica: • Frente mínimo de lote • Superficie mínima de lote • Superficie mínima sin construir • Superficie máxima de desplante

	• Altura máxima • Intensidad máxima de construcción Para el caso de un parque fotovoltaico, esta flexibilidad normativa permite que la ocupación del suelo se defina en función de: • La **disposición de los módulos fotovoltaicos** (arreglos en serie/paralelo), • La **densidad de paneles por hectárea**, • La **orientación y separación entre filas (pitch)** para evitar sombreado, • La integración de **infraestructura auxiliar** (subestación, inversores, caminos internos, drenaje pluvial), • y. las condiciones topográficas y ambientales del sitio. Condicionantes regulatorias aplicables al proyecto: el PMDU establece que la determinación técnica de los parámetros de ocupación deberá sustentarse en el cumplimiento de: • **Normas técnicas en materia de desarrollo urbano y construcción**; • **Normatividad ambiental vigente** (federal, estatal y municipal); • **Estudio de impacto ambiental**, en términos de la legislación aplicable; En el caso específico de un parque fotovoltaico, estas condicionantes se traducen en la obligación de: • Demostrar que la ocupación del suelo **no genera alteraciones significativas en la funcionalidad del ecosistema**; • Garantizar la **gestión adecuada de residuos** (incluyendo equipos eléctricos y electrónicos); • Implementar **medidas de control de escorrentías y erosión**; • Asegurar la **compatibilidad visual, territorial y ambiental** del proyecto; • y acreditar que la infraestructura eléctrica asociada cumple con criterios de **seguridad, resiliencia y eficiencia energética**. Con base en lo anterior y de conformidad con el **Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla (PMDU)**, publicado en la Gaceta del Gobierno el 21 de junio de 2018, con Fe de Erratas del 12 de febrero de 2020, el predio del proyecto se ubica en una zona clasificada como **Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.)**, dentro de la cual se reconocen como usos permitidos las **instalaciones de generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, incluyendo paneles solares**. Esta clasificación establece una **compatibilidad directa de uso de suelo** con la naturaleza del proyecto, lo cual constituye el primer umbral de viabilidad urbana. Naturaleza de las normas de ocupación y su aplicabilidad al proyecto fotovoltaico: el PMDU establece que, para la zonificación **I.M.N.**, los parámetros de ocupación del suelo (frente mínimo, superficie de lote, desplante, altura e intensidad de construcción) se encuentran definidos como **"DT" (Determinación Técnica)**, lo que implica que no existen valores normativos rígidos predeterminados. Esta condición es particularmente congruente con la naturaleza de los parques fotovoltaicos, cuya ocupación del suelo: • No responde a esquemas edificatorios convencionales,

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">• Se caracteriza por una distribución extensiva y no intensiva, y
• Presenta una ocupación física discontinua y de baja densidad estructural.
En términos técnicos, un parque fotovoltaico presenta:
• Bajo porcentaje de superficie impermeabilizada,
• Predominancia de superficie libre o con cobertura vegetal,
• Estructuras elevadas (módulos) que permiten permeabilidad ecológica del suelo,
• Mínima generación de cargas urbanas (tráfico, densidad poblacional, servicios).
En consecuencia, el esquema de Determinación Técnica (DT) permite que la ocupación del predio sea evaluada en función de su configuración real, evitando aplicar criterios urbanos rígidos que resultarían inadecuados para este tipo de infraestructura.</td></tr>
<tr><td>Decreto del área Natural Protegida (ANP) o Área destinada voluntariamente a la conservación (ADVC).</td><td colspan="2">Derivado de la revisión de los Decretos Federales y Estatales de las ANP, se determinó que ninguna ANP de competencia federal o Estatal se ubica a una cercanía que coincida con una superposición del área del proyecto con el territorio de dichos espacios de conservación; Las ANP’s de competencia federal con mayor proximidad al sitio del proyecto son los Parques Nacionales El Chico y Tula, (Estado de Hidalgo) cuyos terrenos se ubican a 43.6 km al NE y 27.8 km al E del AeP respectivamente y, el Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) Lago de Texcoco 49.6 km equidistante al sur del AeP (en línea recta).
La ANP estatal más cercana del Estado de México es el Parque Estatal Santuario del Agua Laguna de Zumpango, ubicado a aproximadamente 18.7 km al SW del proyecto (en línea recta).</td></tr>
<tr><td>Plan o programa de manejo del ANP o ADVC</td><td colspan="2">No aplica</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Normas Oficiales Mexicanas</td><td>Norma Oficial Mexicana</td><td>Vinculación</td></tr>
<tr><td colspan="2">Agua</td></tr>
<tr><td>NOM-001-SEMARNAT-2021
Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.</td><td>La construcción, operación y mantenimiento del proyecto, no prevé la descargar de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales o al suelo, inclusive, no prevé realizar descarga alguna a cualquier otro tipo de cuerpo de agua, drenaje o alcantarillado, particularmente porque en sus procesos no se registra la generación y descarga de ningún tipo de agua residual, salvo la de los sanitarios.
Al respecto, y en relación con la generación de aguas residuales de los sanitarios, tanto en la etapa de preparación del sitio y construcción como en la etapa de operación y mantenimiento se contratarán los servicios de una empresa externa autorizada y especializada que garantice el manejo adecuado de agua residual y su disposición final en sitios autorizados por la autoridad competente.
Durante la etapa de operación y mantenimiento, dado que el proyecto estará ubicado en el medio rural y, por ende no existe el servicio de alcantarillado y drenaje municipal, para el adecuado manejo y destino de aguas residuales, principalmente de lavabos y sanitarios de la oficina y de la caseta de vigilancia se considera la instalación de fosas sépticas acatando la reglamentación aplicable.</td></tr>
<tr><td>NOM-006-CONAGUA2007</td><td>Si bien esta norma es aplicable a los fabricantes y proveedores de fosas sépticas, se observarán las especificaciones técnicas previstas en esta norma en los</td></tr>
</table>

	Fosas sépticas prefabricadas- especificaciones y métodos de prueba.	procesos de instalación de fosas sépticas prefabricadas para la disposición de las aguas residuales sanitarias generadas durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.
	Observando el área donde se pretende realizar el proyecto, se destaca la falta de drenaje y alcantarillado municipal; aunado a lo anterior, se hace mención que en ningún momento serán utilizadas aguas tratadas ni se realizará tratamiento de aguas. Por las razones expuestas en el presente párrafo, son inoperantes las normas NOM-002-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997. Por otro lado, el agua necesaria para las distintas etapas del proyecto será suministrada por pipas de compañías autorizadas para el suministro de agua; por lo tanto, son inoperantes las normas NOM-003-CONAGUA-1997 y la NOM-004CONAGUA-1996. Las normas antes señaladas, se mencionan por su importancia, sin embargo, no son aplicables al proyecto.	
	EMISIÓN DE FUENTES mÓVILES	
	NOM-041-SEMARNAT-2015 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Esta norma es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país y, consecuentemente de aquellos que operen en cualquiera de las etapas del proyecto, que usan gasolina como combustible, los cuales deberán gestionar ante los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación Vehicular que, la operación de sus motores se ajusta a los alcances de esta norma y los vehículos operarán en condiciones óptimas a fin de cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de gases establecidos en la norma. Lo anterior, con excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria que pudiera utilizar en los trabajos del proyecto, los cuales se mantendrán sujetos a un programa de mantenimiento preventivo, cuyos avances se reportarán en los informes de cumplimento de términos y condicionantes que se presenten a la autoridad.
	NOM-045-SEMARNAT-2017 Protección ambiental.-vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento dprueba y características técnicas del equipo de medición. (08-03-2018).	La presente norma establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Diesel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición. Al ser un instrumento cuyo cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, en cualquiera de las etapas del proyecto en las cuales se utilice este tipos de vehículos, su operación deberá ser validada por los centros de verificación vehicular del Estado y/o en las unidades de verificación y autoridades competentes y los vehículos operarán en condiciones óptimas a fin de cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de gases establecidos en la norma. Tal y como lo dispone este instrumento, se excluirán de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a Diesel, la cual estará sujeta a un

		programa de mantenimiento preventivo y cada una deberá tener una bitácora en la cual se registren las operaciones correspondientes, copia de la cual se integrará a los informes de cumplimiento de términos y condicionantes que se presenten periódicamente a la autoridad competente.
	NOM-167-SEMARNAT-2017 Norma Oficial Mexicana nom-167-SEMARNAT-2017, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala; métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnología de información y hologramas.	Los objetivos de esta NOM son: • Establecer los Límites Máximos Permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural, Diesel o cualquier otro combustible alterno que circulen en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; • Establecer los requisitos mínimos en materia de tecnologías de la información para los Centros de Verificación Vehicular, Unidades de Verificación, gobierno federal a través de las Secretarias de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Comunicaciones y Transportes, y gobiernos de las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala, en el ámbito de sus respectivas atribuciones; • Establecer los requisitos mínimos sobre la autenticidad y rastreabilidad de las Constancias de Verificación Vehicular que se emitan en los Centros de Verificación o Unidades de Verificación Vehicular que apliquen la presente Norma Oficial Mexicana. • Establecer el método de prueba a través del Sistema de Diagnóstico a Bordo, especificaciones y procedimiento. • Establecer los Límites Máximos Permisibles de emisión de contaminantes para la detección de un vehículo automotor ostensiblemente contaminante en vialidad para vehículos automotores que utilizan gasolina o Diesel. Su campo de aplicación específica que la NOM-0167 es de observancia obligatoria para: • El propietario o legal poseedor de vehículos automotores que circulen en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala que utilicen gasolina, Diesel, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, incluidos los vehículos que presten cualquier tipo de servicio público, federal o local, así como cualquier tipo de servicio privado regulado por las leyes federales o locales en materia de autotransporte. • Los responsables de los Centros de Verificación Vehicular y, en su caso, Unidades de Verificación autorizados por las autoridades competentes de la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala o, en su caso, por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; y • Las autoridades competentes en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala y las Secretarias de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Comunicaciones y Transportes, en el ámbito de sus respectivas competencias. Se excluyen de la aplicación de la presente norma, motocicletas, vehículos con peso bruto vehicular menor o igual a 400 kilogramos, vehículos híbridos, vehículos eléctricos de rango extendido, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería.

		La aplicación de esta Norma-0167 se concreta a través del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria emitido por la autoridad estatal competente y del cumplimiento que el promovente del proyecto o las contratistas que trabajen por encargo y disposición, deberán cumplir cabalmente. En los ICTyC, que imponga la SEMARNAT en su resolución aprobando el proyecto en materia de impacto ambiental, se reportará periódicamente el cumplimiento de las especificaciones de este instrumento normativo.
	SUELO	
	NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	En la totalidad del proyecto se implementarán medidas para prevenir la contaminación del suelo, no obstante, en caso de ocurrir un incidente en el que se contamine el suelo con hidrocarburos, se atenderá a lo señalado en la norma que se vincula, así como lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, a fin de llevar a cabo la caracterización y las actividades de remediación que correspondan.
	Residuos	
	NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	Ambas normas se vinculan de manera conjunta y se acatarán en referencia a los residuos que habrán de generarse durante la etapa de preparación del sitio y construcción y, posteriormente durante la etapa de operación y mantenimiento; de manera preliminar, se implementarán acciones de clasificación de residuos atendiendo a los procedimientos de identificación con base en los listados establecidos en esta NOM, posteriormente y dependiendo de cada tipo de residuos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RPs), se diseñarán acciones y medidas de manejo en el marco de la estrategia que defina el programa de manejo integral de residuos, el cual formará parte de esta MIA-R y cuyos lineamientos se agregan como uno de los anexos del Capítulo VI de la misma.
	Ruido	
	NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	Para asegurar el cumplimiento de los alcances de esta norma, todos los vehículos, maquinaria y equipos que se utilicen en cualquiera de las etapas del proyecto se mantendrán en condiciones óptimas para su operación y estarán sujetos a programas de mantenimiento preventivo que aseguren que los niveles de ruido que emitan, no rebases los límites que establece este instrumento.
	NOM-081-SEMARNAT-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Esta norma se acata, comprometiendo al proyecto a los límites máximos permisibles de emisión de ruidos, aun cuando por su naturaleza no se contempla la generación de ruidos en fuentes fijas.
	FLORA Y FAUNA	
	NOM-059-SEMARNAT-2010, última modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de dos mil diecinueve. 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.	Parte fundamental de los diversos estudios realizados (levantamientos de campo) para el proyecto son los levantamientos de caracterización biótica del sitio y el Sistema Ambiental Regional. De estos levantamientos, se obtuvieron los listados tanto de la fauna como de la flora presentes en el AeP, AiP y el SAR, desarrollados en el Capítulo IV de esta MIA-R. Los resultados derivados de los análisis realizados a las 58 especies de la flora y 78 especies de la fauna (agrupadas en 617 individuos), evidencian que para la

		vegetación solo el 5.1% de las especies registradas se encuentran en algún estatus de riesgo y, para el caso de la fauna la herpetofauna, con 11 especies registradas, 7 tienen estatus de riesgo; de las 52 especies de la avifauna solo el 5.8% de ellas se encuentran en algún estatus de riesgo en esta NOM-059 y para el grupo de los mamíferos, de 15 especies registradas solo3 tienen estatus de riesgo. Los registros antes resumidos confirman que la biodiversidad tanto del SAR como del AeP es un reflejo de la perturbación que ha modificado las condiciones naturales que llegaron a tener varias décadas atrás áreas como consecuencia de su transformación como áreas de cultivo. Sin embargo, el proyecto contempla diversas medidas de mitigación entre las que se encuentran los programas de rescate y reubicación de flora y fauna, dándose especial énfasis a especies enlistadas en la NOM-059, en caso de encontrarse. Con lo antes expuesto se tiene el objetivo de asegurar la protección de los individuos pertenecientes a alguna especie con estatus de riesgo enlistada en esta NOM:
	NOM-001-SEMARNAT-2021 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.	La construcción, operación y mantenimiento del proyecto, no prevé la descargar de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales o al suelo, inclusive, no prevé realizar descarga alguna a cualquier otro tipo de cuerpo de agua, drenaje o alcantarillado, particularmente porque en sus procesos no se registra la generación y descarga de ningún tipo de agua residual, salvo la de los sanitarios. Al respecto, y en relación con la generación de aguas residuales de los sanitarios, tanto en la etapa de preparación del sitio y construcción como en la etapa de operación y mantenimiento se contratarán los servicios de una empresa externa autorizada y especializada que garantice el manejo adecuado de agua residual y su disposición final en sitios autorizados por la autoridad competente. Durante la etapa de operación y mantenimiento, dado que el proyecto estará ubicado en el medio rural y, por ende no existe el servicio de alcantarillado y drenaje municipal, para el adecuado manejo y destino de aguas residuales, principalmente de lavabos y sanitarios de la oficina y de la caseta de vigilancia se considera la instalación de fosas sépticas acatando la reglamentación aplicable.

1/: Presentar la vinculación detallada con otros instrumentos jurídicos aplicables a la obra o actividad proyectada de acuerdo con lo indicado en los anexos por sector.

El análisis vinculatorio con otros instrumentos jurídicos aplicables al proyecto, se detallan en el ANEXO TÉCNICO # 2.

Localidad (es) con población indígena en las que incide el sitio de intervención del proyecto y/o su zona de influencia[2/]

Estado(s)	Municipio(s)	Localidad(es)
Estado de México	Hueypoxtla	Todas las que reporte el catáloho del INPI.

Como parte del análisis de los componentes sociales y culturales del área de influencia del proyecto, se consultó el **Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas**, integrado y administrado por el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI), instrumento oficial del Estado mexicano para la identificación de las comunidades indígenas y afromexicanas reconocidas conforme a sus instituciones políticas, jurídicas, territoriales, económicas, sociales y culturales. La consulta realizada para el municipio de **Hueypoxtla, Estado de México**, no identificó comunidades indígenas o afromexicanas registradas dentro de dicha demarcación territorial. En consecuencia, desde la perspectiva del citado Catálogo Nacional, el área donde se desarrollará la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar no se ubica dentro del territorio de una comunidad indígena o afromexicana oficialmente registrada por el INPI.

2/: Consultar la últimas actualización publicada por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas, del Catalogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.

- Presentar en anexo, los documentos de los resultados y acuerdos de la consulta a la comunidad indígena, en los casos aplicables.

[i] CENAPRED. 2022. Atlas Municipal de Riesgos, municipio de Hueypoxtla, Estado de México. Gobierno del Estado de México/Gobierno Municipal/CENAPRED.

Agosto 2026

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA

Delimitación, descripción, caracterización y diagnóstico de la región o regiones ecológicas (Artículo 3º fracción XXXI de la LGEEPA) donde se pretende ubicar el proyecto, considerando los ecosistemas que se circunscriben y los elementos del ambiente (bióticos, abióticos, económicos y sociales) que los conforman, identificando, describiendo y analizando las relaciones de interdependencia entre dichos elementos, así como las problemáticas existentes a las que se sumarán los efectos de los impactos ambientales que generarán las obras y actividades consideradas por el promovente para la realización del proyecto.

Elementos utilizados para la delimitación de la Región o Regiones Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del proyecto

Criterios para delimitación[1/]	La Región Ecológica (REcol), asumida como Unidad Funcional de Análisis Territorial de la MIAR del proyecto Tepetate Solar, fue delimitada mediante un enfoque multiescalar, ecosistémico y funcional, con fundamento en el artículo 3, fracción XXXI, de la LGEEPA y en los criterios establecidos por la Guía de SEMARNAT para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental. La delimitación no se sustentó en límites político-administrativos ni en la reproducción directa de las regiones ecológicas del POEGT, sino en la identificación de un espacio territorial continuo y ambientalmente coherente, suficientemente amplio para evaluar impactos regionales, acumulativos, sinérgicos y residuales, pero con una extensión que permitiera una caracterización verificable. Como marco jerárquico de referencia se consideró la Región Ecológica 14.16 del POEGT y la Unidad Ambiental Biofísica 121 “Depresión de México”, dentro de la cual se localiza el proyecto. A esta referencia macrorregional se incorporaron criterios de mayor resolución, entre ellos las Unidades de Gestión Ambiental 0082 y 0113 del POETEMex, los usos actuales y potenciales del suelo, la edafología, la cobertura vegetal, la red hidrográfica superficial, las condiciones hidrogeológicas y la homogeneidad biogeográfica del paisaje. El procedimiento se desarrolló en un Sistema de Información Geográfica mediante la superposición y análisis multicriterio de cuatro capas principales: Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI, utilizada para reconocer la continuidad de las coberturas y excluir superficies altamente modificadas**;** red hidrográfica de la subcuenca RH26Dq, para identificar la organización de los escurrimientos y la conectividad hidrológica; Ecorregiones Terrestres de CONABIO, para determinar la afinidad biogeográfica; y cartografía hidrogeológica, para incorporar las condiciones de recarga, almacenamiento y circulación del agua subterránea. El análisis no consistió únicamente en una intersección cartográfica, sino en la evaluación de la congruencia espacial y funcional entre dichas variables. La delimitación se complementó con el análisis de la elevación y las pendientes, la cartografía edafológica, los usos potenciales del suelo, las áreas naturales y corredores biológicos, así como con la identificación de límites naturales y antrópicos. Particularmente, las carreteras, caminos y asentamientos humanos fueron considerados como elementos capaces de generar fragmentación, discontinuidades en el paisaje, cambios en los escurrimientos y diferenciación de las dinámicas socioeconómicas. Asimismo, se tomaron en cuenta los proyectos y actividades existentes susceptibles de generar impactos acumulativos dentro del espacio regional. El proceso incluyó la selección de unidades funcionales, la caracterización de los ecosistemas y procesos dominantes, la integración de la información temática, la delimitación de polígonos homogéneos, la validación mediante recorridos de reconocimiento y revisión bibliográfica, y el ajuste final de los límites con base en la microcuenca y en la coincidencia espacial de los parámetros seleccionados. Como resultado, se definió una REcol de 2,719.8454 ha, caracterizada por la continuidad del uso y cobertura del suelo, la coherencia hidrológica superficial, la afinidad biogeográfica, la similitud hidrogeológica y la integración de componentes físicos, bióticos y socioeconómicos. En consecuencia, la Región Ecológica delimitada constituye el marco territorial pertinente para describir la línea base ambiental, diagnosticar la problemática regional y evaluar los impactos del proyecto Tepetate Solar. El desarrollo amplio del procedimiento metodológico, la justificación de cada criterio, las capas cartográficas utilizadas y la definición de las unidades territoriales funcionales se presenta en las páginas 2 a 20 del Anexo Técnico núm. 3.

Superficie de la Región Ecológica[2/]	La superficie estimada para esta REcol (Unidad funcional de análisis territorial de la MIAR para el proyecto Tepetate es de 2,719.8454 ha y esa extensión representa el 0.19% de la cobertura de la Región Ecológica 14.16 del POEGT.

[1]Indicar los criterios y/o métodos utilizados para la delimitación de la región o regiones ecológicas; la cual, deberá ser congruente con la ubicación, características y alcances del Proyecto, los ecosistemas y factores ambientales presentes; en este sentido, se podrán utilizar, de manera enunciativa mas no limitativa, Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), Unidades de Gestión Ambiental (UGA), hidrografía, Uso de suelo y vegetación, áreas geográficas, Hidrología (superficial y subterránea), Batimetría, Celdas litorales, Geomorfología, microcuencas, nanocuencas, regiones prioritarias, corredores biológicos, entre otros; sin utilizar límites estatales o municipales. De igual modo, se deberá presentar la justificación de los criterios y/o métodos utilizados de acuerdo con el proyecto pretendido.

[2]Anexar Plano georreferenciado en UTM, Datum WGS84, de la Región o Regiones Ecológicas delimitadas, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV.

Descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación presentes en la Región o Regiones Ecológicas[3/]

La descripción del Matorral Crasicaule y de los otros usos de suelo identificados al interior de la región ecológica de acuerdo con la Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250 000, Serie VII (INEGI, 2021)[1] es la siguiente:

Matorral Crasicaule (MC)

Es una comunidad vegetal característica de zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país, se desarrollan preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm y la temperatura es de 16 a 22 °C en promedio anual y con temperaturas mínimas de 10-12 °C.

Es una comunidad dominada por especies suculentas adaptadas al almacenamiento de agua, la altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m, excepcionalmente más. Algunas especies comunes son *Opuntia spp, Myrtillocactus geometrizans*, *Stenocereus spp*, *Yucca decipiens*, arbustos micrófilos como *Mimosa spp., Acacia spp., Dalea spp., Prosopis spp., Rhus spp., Larrea sp., Brickellia sp., Eupatorium sp., Buddleja sp., Celtis sp.,* etc, y numerosas plantas herbáceas, donde las asociaciones dependen de la ubicación en función del gradiente latitudinal y del tipo de suelo.

Pastizal Inducido (PI)

Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, a consecuencia del pastoreo intenso o como producto de áreas que se incendian con frecuencia, o bien de un conjunto de factores. A menudo se detiene el proceso de sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene. Otras veces, el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio.

Corresponde a una comunidad dominada por gramíneas o graminoides de los géneros *Festuca, Muhlenbergia, Stipa* y *Calamagrostis* que son los más típicos de estos pastizales que, además cuentan con interés ganadero. En el Valle de México se describen comunidades de este tipo originados a expensas de matorrales xerófilos y de otros pastizales, que en general son comunidades bajas y muchas veces abiertas, incluyen un gran número de gramíneas anuales, de los géneros *Buchloë, Erioneuron, Aristida, Lycurus* y *Bouteloua.* No es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles.

Agricultura de Temporal Anual (TA)

Corresponde a terrenos agrícolas donde los cultivos dependen exclusivamente de la precipitación pluvial estacional para su desarrollo. La productividad de estas áreas está estrechamente relacionada con la cantidad y distribución de las lluvias, por lo que presentan una marcada variación interanual en función de las condiciones climáticas.

Área de Influencia del proyecto (AiP): La delimitación del Área de Influencia del Proyecto (AI) presenta una dificultad metodológica derivada de la propia secuencia lógica mediante la cual se desarrolla una Manifestación de Impacto Ambiental. Por una parte, la caracterización de los componentes ambientales requiere efectuar previamente trabajos de campo y muestreos que proporcionen información suficientemente robusta sobre las condiciones del territorio receptor; bajo esta lógica, el AI debería conocerse desde las etapas iniciales de planeación del trabajo de campo para asegurar que dicho espacio quede expresamente representado en el diseño de muestreo. Sin embargo, por otra parte, la delimitación ambientalmente sustentada del AI sólo puede concretarse una vez identificados y evaluados los impactos del Proyecto, ya que son precisamente la naturaleza de éstos, sus mecanismos de propagación, su magnitud y su alcance espacial los elementos que permiten establecer hasta dónde puede extenderse la influencia del Proyecto. Se configura

así una dificultad de carácter circular: para caracterizar específicamente el AI sería necesario delimitarlo antes del trabajo de campo, pero para delimitarlo adecuadamente es necesario disponer previamente de la caracterización ambiental obtenida, entre otros medios, mediante ese mismo trabajo de campo, identificar posteriormente los impactos y determinar su alcance espacial.

Para resolver esta dificultad sin invertir artificialmente la secuencia metodológica de la evaluación, en la presente MIA-R la caracterización inicial se sustentó en el análisis de la Región Ecológica (REcol) y del Área de establecimiento del Proyecto (AeP). La REcol constituye el marco territorial de mayor amplitud dentro del cual queda comprendida el AI y proporciona el contexto ambiental necesario para reconocer la estructura, composición, variabilidad y funcionamiento de los ecosistemas y demás componentes ambientales presentes en el territorio receptor. Los sitios de muestreo establecidos dentro de esta región fueron seleccionados para representar los ambientes y condiciones ambientales identificados durante la planeación de los trabajos de campo, sin presuponer una delimitación del AI que todavía no podía ser técnicamente determinada.

Consecuentemente, no resultaba metodológicamente posible realizar durante ese primer levantamiento un muestreo diseñado específicamente para un AI cuya geometría todavía no había sido definida, puesto que ésta dependía de resultados que serían obtenidos en etapas posteriores de la propia evaluación. Una vez integrada la caracterización ambiental, identificadas las interacciones entre las acciones del Proyecto y los factores ambientales, y determinados los impactos con capacidad de manifestarse fuera del AeP, fue posible establecer sus mecanismos de propagación y utilizar éstos como fundamento para delimitar el AI.

Considerando que el AI queda comprendida dentro de la REcol y se desarrolla espacialmente en relación con el AeP, la información obtenida mediante los sitios de muestreo representativos de la REcol puede utilizarse para caracterizar ambientalmente el AI en la medida en que exista correspondencia entre los tipos de ambientes, coberturas, hábitats y demás unidades ambientales muestreadas y aquellas que finalmente queden comprendidas dentro de su polígono. Por ello, más que asumir automáticamente una extrapolación espacial de los resultados, el procedimiento contempla una verificación posterior de representatividad, mediante la confrontación del AI delimitada con las unidades ambientales y los sitios de muestreo utilizados durante la caracterización. Esta comprobación permite determinar si las condiciones ambientales presentes dentro del AI quedaron suficientemente representadas por el esfuerzo de campo desarrollado en la REcol y, en su caso, identificar cualquier ambiente o receptor que requiera información complementaria.

De esta manera se mantiene una secuencia metodológica consistente: caracterización de la REcol y del AeP → identificación y evaluación de impactos → determinación de sus mecanismos y alcances espaciales → delimitación del AI → verificación de la representatividad de la información ambiental disponible dentro del AI. Este procedimiento evita asumir anticipadamente una delimitación que sólo puede sustentarse después de conocer los impactos y, simultáneamente, permite aprovechar la caracterización regional previamente realizada para sustentar las condiciones ambientales del espacio que finalmente resulte comprendido dentro del Área de Influencia.

Este enfoque resulta congruente con la naturaleza iterativa de la evaluación de impacto ambiental, en la que la delimitación espacial, la caracterización del medio receptor, la identificación de impactos y la revisión de la suficiencia de la información mantienen relaciones de retroalimentación y pueden requerir ajustes conforme avanza el análisis. Asimismo, la utilización de información territorial y de herramientas SIG permite verificar posteriormente la correspondencia espacial entre las unidades ambientales caracterizadas y el área finalmente delimitada, manteniendo explícita la trazabilidad y las incertidumbres del procedimiento (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013)[2]; (QGIS Development Team, 2026)[3].

[3]Conforme a la cartografía más actual de la clasificación de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Especies potenciales

Componente	Listado de especies potenciales
Flora	[Enlace a listado anexo, que incluya referencias bibliográficas]

ESTRATO ARBÓREO

ID	FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
1	Scrophulariaceae	*Buddleja*	*Buddleja cordata*	Tepozán	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Burseraceae	*Bursera*	*Bursera fagaroides*	Copal	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Fabaceae	*Erythrina*	*Erythrina americana*	Colorín	Nativa	S/C	S/C	LC
4	Fabaceae	*Eysenhardtia*	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	Nativa	S/C	S/C	LC
5	Oleaceae	*Forestiera*	*Forestiera angustifolia*	Acebuche	Nativa	S/C	S/C	LC
6	Rosaceae	*Lindleya*	*Lindleya mespiloides*	Palo blanco	Endémica	S/C	S/C	S/C
7	Lauraceae	*Litsea*	*Litsea glaucescens*	Laurel mexicano	Nativa	P	S/C	EN
8	Fabaceae	*Neltuma*	*Neltuma laevigata*	Mezquite	Nativa	S/C	S/C	LC

9	Rosaceae	*Prunus*	*Prunus serotina*	Capulín	Nativa	S/C	S/C	LC
10	Anacardiaceae	*Schinus*	*Schinus molle*	Pirul	Nativa	S/C	S/C	LC
11	Cupressaceae	*Taxodium*	*Taxodium mucronatum*	Ahuehuete	Nativa	S/C	S/C	LC
12	Bignoniaceae	*Tecoma*	*Tecoma stans*	Tronadora	Nativa	S/C	S/C	LC
13	Fabaceae	*Vachellia*	*Vachellia farnesiana*	Huizache	Nativa	S/C	S/C	LC
14	Asparagaceae	*Yucca*	*Yucca filifera*	Izote	Endémica	S/C	S/C	NT

Acotaciones:
S/C: Sin categoría
P: En peligro de extinción
II: Apéndice II dentro del CITES
DD: Datos insuficientes
EN: En peligro
LC: Preocupación menor
NT: Casi Amenazada
VU: Vulnerable

ESTRATO ARBUSTIVO

ID	FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
1	Rhamnaceae	*Adolphia*	*Adolphia infesta*	Espino	Nativa	S/C	S/C	S/C
2	Asteraceae	*Barkleyanthus*	*Barkleyanthus salicifolius*	Jarilla	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Rubiaceae	*Bouvardia*	*Bouvardia longiflora*	Trompetilla	Endémica	S/C	S/C	S/C
4	Rubiaceae	*Bouvardia*	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	LC
5	Asteraceae	*Brickellia*	*Brickellia veronicifolia*	Hierba dulce	Nativa	S/C	S/C	LC
6	Scrophulariaceae	*Buddleja*	*Buddleja sessiliflora*	Tepozán	Endémica	S/C	S/C	S/C
7	Rhamnaceae	*Ceanothus*	*Ceanothus buxifolius*	Ceanoto	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Rosaceae	*Cercocarpus*	*Cercocarpus macrophyllus*	Rosa de montaña	Nativa	S/C	S/C	LC
9	Euphorbiaceae	*Croton*	*Croton morifolius*	Crotón silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Fabaceae	*Erythrina*	*Erythrina leptorhiza*	Colorín	Endémica	S/C	S/C	S/C
11	Asteraceae	*Flourensia*	*Flourensia resinosa*	Hojasén	Endémica	S/C	S/C	S/C
12	Garryaceae	*Garrya*	*Garrya laurifolia*	Garrya	Nativa	S/C	S/C	S/C
13	Asteraceae	*Gymnosperma*	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Nativa	S/C	S/C	LC
14	Asteraceae	*Isocoma*	*Isocoma veneta*	Escobilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
15	Euphorbiaceae	*Jatropha*	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	Nativa	S/C	S/C	LC
16	Verbenaceae	*Lantana*	*Lantana velutina*	Cinco negritos	Nativa	S/C	S/C	S/C
17	Caprifoliaceae	*Lonicera*	*Lonicera pilosa*	Madreselva	Nativa	S/C	S/C	S/C
18	Rosaceae	*Malacomeles*	*Malacomeles denticulata*	Manzanita	Endémica	S/C	S/C	S/C
19	Fabaceae	*Mimosa*	*Mimosa aculeaticarpa*	Uña de gato	Nativa	S/C	S/C	LC
20	Asteraceae	*Montanoa*	*Montanoa tomentosa*	Zoapatle	Nativa	S/C	S/C	LC
21	Solanaceae	*Nicotiana*	*Nicotiana glauca*	Tabaquillo	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
22	Asteraceae	*Perymenium*	*Perymenium reticulatum*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	S/C
23	Asteraceae	*Pittocaulon*	*Pittocaulon praecox*	Palo loco	Endémica	S/C	S/C	LC
24	Fagaceae	*Quercus*	*Quercus microphylla*	Encino chaparro	Endémica	S/C	S/C	LC
25	Anacardiaceae	*Rhus*	*Rhus aromatica*	Zumaque aromático	Nativa	S/C	S/C	LC
26	Anacardiaceae	*Rhus*	*Rhus standleyi*	Zumaque	Endémica	S/C	S/C	S/C
27	Anacardiaceae	*Rhus*	*Rhus virens*	Lantrisco	Nativa	S/C	S/C	LC
28	Euphorbiaceae	*Ricinus*	*Ricinus communis*	Higuerilla	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
29	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia melissodora*	Toronjil de monte	Endémica	S/C	S/C	LC
30	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia mexicana*	Salvia mexicana	Endémica	S/C	S/C	LC

31	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia microphylla*	Mirto de monte	Endémica	S/C	S/C	LC
32	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia regla*	Salvia de regla	Endémica	S/C	S/C	S/C
33	Fabaceae	*Senna*	*Senna multiglandulosa*	Retama	Nativa	S/C	S/C	LC
34	Solanaceae	*Solanum*	*Solanum aligerum*	Trompillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
35	Caprifoliaceae	*Symphoricarpos*	*Symphoricarpos microphyllus*	Perlilla	Nativa	S/C	S/C	LC
36	Rosaceae	*Vauquelinia*	*Vauquelinia corymbosa*	Palo duro	Endémica	S/C	S/C	LC
37	Rutaceae	*Zanthoxylum*	*Zanthoxylum fagara*	Colima	Nativa	S/C	S/C	LC

Acotaciones:
S/C: Sin categoría
P: En peligro de extinción
II: Apéndice II dentro del CITES
DD: Datos insuficientes
EN: En peligro
LC: Preocupación menor
NT: Casi Amenazada
VU: Vulnerable

CACTÁCEAS Y AGAVACEAS

ID	FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
1	Asparagaceae	*Agave*	*Agave albomarginata*	Maguey	Endémica	S/C	S/C	S/C
2	Asparagaceae	*Agave*	*Agave applanata*	Maguey	Endémica	S/C	S/C	LC
3	Asparagaceae	*Agave*	*Agave funkiana*	Maguey	Endémica	S/C	S/C	S/C
4	Asparagaceae	*Agave*	*Agave lechuguilla*	Lechuguilla	Nativa	S/C	S/C	LC
5	Asparagaceae	*Agave*	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Nativa	S/C	S/C	LC
6	Cactaceae	*Coryphantha*	*Coryphantha cornifera*	Biznaguita	Endémica	S/C	II	NT
7	Cactaceae	*Coryphantha*	*Coryphantha ottonis*	Biznaguita	Endémica	S/C	II	LC
8	Cactaceae	*Coryphantha*	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaguita	Endémica	S/C	II	VU
9	Cactaceae	*Cylindropuntia*	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	Nativa	S/C	II	LC
10	Cactaceae	*Cylindropuntia*	*Cylindropuntia tunicata*	Cardón	Nativa	S/C	II	LC
11	Asparagaceae	*Dasylirion*	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol	Endémica	S/C	S/C	S/C
12	Crassulaceae	*Echeveria*	*Echeveria mucronata*	Conchita	Endémica	S/C	S/C	S/C
13	Cactaceae	*Echinocereus*	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactaceae	*Ferocactus*	*Ferocactus latispinus*	Biznaga barril	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactaceae	*Lophocereus*	*Lophocereus marginatus*	Órgano	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactaceae	*Mammillaria*	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga chilitos	Endémica	S/C	II	LC
17	Cactaceae	*Mammillaria*	*Mammillaria sempervivi*	Biznaguita	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactaceae	*Myrtillocactus*	*Myrtillocactus geometrizans*	Garambullo	Endémica	S/C	II	LC
19	Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia engelmannii*	Nopal	Nativa	S/C	II	LC
20	Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia lasiacantha*	Nopal	Endémica	S/C	II	S/C
21	Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
22	Cactaceae	*Opuntia*	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC

Acotaciones:
S/C: Sin categoría
P: En peligro de extinción
II: Apéndice II dentro del CITES
DD: Datos insuficientes
EN: En peligro
LC: Preocupación menor
NT: Casi Amenazada
VU: Vulnerable

ESTRATO: HERBÁCEAS

ID	FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
1	Asteraceae	*Ageratina*	*Ageratina espinosarum*	Hierba amarga	Endémica	S/C	S/C	S/C
2	Asteraceae	*Ageratina*	*Ageratina petiolaris*	Hierba del aire	Nativa	S/C	S/C	S/C
3	Malvaceae	*Anoda*	*Anoda cristata*	Malva silvestre	Nativa	S/C	S/C	LC
4	Papaveraceae	*Argemone*	*Argemone ochroleuca*	Chicalote	Nativa	S/C	S/C	LC
5	Apocynaceae	*Asclepias*	*Asclepias linaria*	Algodoncillo	Nativa	S/C	S/C	LC
6	Asphodelaceae	*Asphodelus*	*Asphodelus fistulosus*	Gamoncillo	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
7	Malpighiaceae	*Aspicarpa*	*Aspicarpa cynanchoides*	Bejuquillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Liliaceae	*Calochortus*	*Calochortus barbatus*	Mariposa	Endémica	S/C	S/C	S/C
9	Orobanchaceae	*Castilleja*	*Castilleja glandulosa*	Pincel indígena	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Poaceae	*Cenchrus*	*Cenchrus longisetus*	Cadillo	Exótica-invasora	S/C	S/C	S/C
11	Asteraceae	*Cirsium*	*Cirsium rhaphilepis*	Cardo	Endémica	S/C	S/C	S/C
12	Asteraceae	*Cirsium*	*Cirsium vulgare*	Cardo borriquero	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
13	Vitaceae	*Cissus*	*Cissus verticillata*	Bejuco ubí	Nativa	S/C	S/C	LC
14	Ranunculaceae	*Clematis*	*Clematis dioica*	Barba de viejo	Nativa	S/C	S/C	LC
15	Commelinaceae	*Commelina*	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	Nativa	S/C	S/C	LC
16	Commelinaceae	*Commelina*	*Commelina tuberosa*	Canutillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
17	Convolvulaceae	*Convolvulus*	*Convolvulus arvensis*	Correhuela	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
18	Cucurbitaceae	*Cucurbita*	*Cucurbita foetidissima*	Calabacilla loca	Nativa	S/C	S/C	LC
19	Cucurbitaceae	*Cucurbita*	*Cucurbita maxima*	Calabaza	Exótica	S/C	S/C	DD
20	Cucurbitaceae	*Cucurbita*	*Cucurbita pepo*	Calabacita	Exótica	S/C	S/C	LC
21	Fabaceae	*Dalea*	*Dalea leporina*	Hierba del venado	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Fabaceae	*Dalea*	*Dalea lutea*	Escobilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
23	Solanaceae	*Datura*	*Datura stramonium*	Toloache	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC
24	Amaranthaceae	*Dysphania*	*Dysphania ambrosioides*	Epazote	Nativa	S/C	S/C	LC
25	Asteraceae	*Dyssodia*	*Dyssodia papposa*	Hierba hedionda	Nativa	S/C	S/C	LC
26	Asteraceae	*Dyssodia*	*Dyssodia pinnata*	Hierba hedionda	Nativa	S/C	S/C	LC
27	Asparagaceae	*Echeandia*	*Echeandia flavescens*	Cebollín silvestre	Endémica	S/C	S/C	S/C
28	Cucurbitaceae	*Echinopepon*	*Echinopepon milleflorus*	Pepinillo silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C
29	Geraniaceae	*Erodium*	*Erodium moschatum*	Alfilerillo	Exótica	S/C	S/C	LC
30	Brassicaceae	*Eruca*	*Eruca sativa*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	LC
31	Brassicaceae	*Eruca*	*Eruca vesicaria*	Oruga	Exótica	S/C	S/C	LC
32	Euphorbiaceae	*Euphorbia*	*Euphorbia dentata*	Lechetrezna	Nativa	S/C	S/C	LC
33	Apocynaceae	*Funastrum*	*Funastrum elegans*	Bejuco lechoso	Nativa	S/C	S/C	S/C
34	Geraniaceae	*Geranium*	*Geranium seemannii*	Geranio silvestre	Endémica	S/C	S/C	S/C
35	Verbenaceae	*Glandularia*	*Glandularia bipinnatifida*	Verbena morada	Nativa	S/C	S/C	LC
36	Amaranthaceae	*Gomphrena*	*Gomphrena serrata*	Siempreviva	Nativa	S/C	S/C	S/C
37	Araliaceae	*Hedera*	*Hedera algeriensis*	Hiedra argelina	Exótica	S/C	S/C	LC
38	Asteraceae	*Heliopsis*	*Heliopsis annua*	Falso girasol	Nativa	S/C	S/C	S/C
39	Araliaceae	*Hydrocotyle*	*Hydrocotyle ranunculoides*	Sombrillita de agua	Nativa	S/C	S/C	LC
40	Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea plummerae*	Campanilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
41	Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea pubescens*	Campanilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
42	Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea purpurea*	Gloria de la mañana	Exótica	S/C	S/C	LC
43	Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea stans*	Tumbavaquero	Nativa	S/C	S/C	LC
44	Araceae	*Lemna*	*Lemna minor*	Lenteja de agua	Nativa	S/C	S/C	LC
45	Polemoniaceae	*Loeselia*	*Loeselia mexicana*	Espinosilla	Endémica	S/C	S/C	LC
46	Onagraceae	*Ludwigia*	*Ludwigia peploides*	Jussiaea rastrera	Nativa	S/C	S/C	LC
47	Solanaceae	*Lycianthes*	*Lycianthes peduncularis*	Tomatillo silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C
48	Primulaceae	*Lysimachia*	*Lysimachia arvensis*	Pimpinela escarlata	Exótica	S/C	S/C	LC

	49	Orchidaceae	*Malaxis*	*Malaxis magniauriculata*	Orquídea silvestre	Endémica	S/C	II	S/C	
	50	Plantaginaceae	*Maurandella*	*Maurandella antirrhiniflora*	Bejuquillo	Endémica	S/C	S/C	LC	
	51	Plantaginaceae	*Maurandya*	*Maurandya scandens*	Bejuco trompeta	Endémica	S/C	S/C	LC	
	52	Fabaceae	*Medicago*	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	LC	
	53	Loasaceae	*Mentzelia*	*Mentzelia hispida*	Pega ropa	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	54	Asparagaceae	*Milla*	*Milla biflora*	Azucenilla	Endémica	S/C	S/C	S/C	
	55	Nyctaginaceae	*Mirabilis*	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	Nativa	S/C	S/C	LC	
	56	Nyctaginaceae	*Mirabilis*	*Mirabilis viscosa*	Don Diego silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	57	Brassicaceae	*Nasturtium*	*Nasturtium officinale*	Berro	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC	
	58	Solanaceae	*Nicotiana*	*Nicotiana obtusifolia*	Tabaco silvestre	Nativa	S/C	S/C	LC	
	59	Pteridaceae	*Notholaena*	*Notholaena galeottii*	Doradilla	Endémica	S/C	S/C	S/C	
	60	Onagraceae	*Oenothera*	*Oenothera rosea*	Hierba del golpe	Nativa	S/C	S/C	LC	
	61	Onagraceae	*Oenothera*	*Oenothera suffrutescens*	Onagra	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	62	Onagraceae	*Oenothera*	*Oenothera tetraptera*	Hierba del golpe	Nativa	S/C	S/C	LC	
	63	Asteraceae	*Orthosia*	*Orthosia angustifolia*	Hierba del venado	Endémica	S/C	S/C	S/C	
	64	Oxalidaceae	*Oxalis*	*Oxalis decaphylla*	Trébol rosado	Nativa	S/C	S/C	LC	
	65	Asteraceae	*Parthenium*	*Parthenium bipinnatifidum*	Escobilla	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	66	Pteridaceae	*Pellaea*	*Pellaea cordifolia*	Helecho botón	Nativa	S/C	S/C	LC	
	67	Plantaginaceae	*Penstemon*	*Penstemon barbatus*	Penstemon rojo	Endémica	S/C	S/C	LC	
	68	Piperaceae	*Peperomia*	*Peperomia bracteata*	Peperomia	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	69	Asteraceae	*Picradeniopsis*	*Picradeniopsis pringlei*	Manzanilla silvestre	Endémica	S/C	S/C	S/C	
	70	Asteraceae	*Pinaropappus*	*Pinaropappus roseus*	Lechuguilla silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	71	Plumbaginaceae	*Plumbago*	*Plumbago pulchella*	Jazmín azul	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	72	Pontederiaceae	*Pontederia*	*Pontederia crassipes*	Lirio acuático	Nativa	S/C	S/C	LC	
	73	Asteraceae	*Porophyllum*	*Porophyllum linaria*	Pápalo	Endémica	S/C	S/C	LC	
	74	Portulacaceae	*Portulaca*	*Portulaca pilosa*	Verdolaga rosada	Nativa	S/C	S/C	LC	
	75	Brassicaceae	*Rapistrum*	*Rapistrum rugosum*	Mostaza silvestre	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC	
	76	Acanthaceae	*Ruellia*	*Ruellia lactea*	Petunia silvestre	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	77	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia amarissima*	Salvia amarga	Endémica	S/C	S/C	LC	
	78	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia reflexa*	Salvia azul	Exótica	S/C	S/C	LC	
	79	Lamiaceae	*Salvia*	*Salvia tiliifolia*	Salvia cimarrona	Nativa	S/C	S/C	LC	
	80	Asteraceae	*Sanvitalia*	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de pollo	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	81	Crassulaceae	*Sedum*	*Sedum moranense*	Siempreviva	Endémica	S/C	S/C	LC	
	82	Asteraceae	*Senecio*	*Senecio inaequidens*	Senecio africano	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC	
	83	Malvaceae	*Sida*	*Sida abutilifolia*	Escobilla	Nativa	S/C	S/C	LC	
	84	Caryophyllaceae	*Silene*	*Silene laciniata*	Clavel silvestre	Nativa	S/C	S/C	LC	
	85	Asteraceae	*Simsia*	*Simsia amplexicaulis*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	86	Solanaceae	*Solanum*	*Solanum elaeagnifolium*	Trompillo	Nativa	S/C	S/C	LC	
	87	Solanaceae	*Solanum*	*Solanum nigrescens*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	LC	
	88	Solanaceae	*Solanum*	*Solanum rostratum*	Trompillo espinoso	Nativa	S/C	S/C	LC	
	89	Malvaceae	*Sphaeralcea*	*Sphaeralcea angustifolia*	Malva de campo	Nativa	S/C	S/C	LC	
	90	Asteraceae	*Taraxacum*	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC	
	91	Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia juncea*	Gallinita	Nativa	S/C	S/C	LC	
	92	Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia lepidosepala*	Tencho	Endémica	S/C	II	S/C	
	93	Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia recurvata*	Heno	Nativa	S/C	S/C	LC	
	94	Bromeliaceae	*Tillandsia*	*Tillandsia usneoides*	Paxtle	Nativa	S/C	S/C	LC	
	95	Asteraceae	*Tithonia*	*Tithonia tubaeformis*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC	
	96	Asteraceae	*Tridax*	*Tridax coronopifolia*	Hierba de San Juan	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	97	Typhaceae	*Typha*	*Typha latifolia*	Tule	Nativa	S/C	S/C	LC	
	98	Asteraceae	*Verbesina*	*Verbesina serrata*	Acahual blanco	Nativa	S/C	S/C	S/C	
	99	Apocynaceae	*Vinca*	*Vinca major*	Vinca	Exótica-invasora	S/C	S/C	LC	

100	Asteraceae	*Zaluzania*	*Zaluzania augusta*	Acahualillo	Endémica	S/C	S/C	S/C
101	Asteraceae	*Zaluzania*	*Zaluzania triloba*	Acahualillo	Endémica	S/C	S/C	S/C
102	Amaryllidaceae	*Zephyranthes*	*Zephyranthes concolor*	Lirio de lluvia	Endémica	S/C	S/C	S/C
103	Amaryllidaceae	*Zephyranthes*	*Zephyranthes fosteri*	Lirio silvestre	Endémica	S/C	S/C	S/C
104	Asteraceae	*Zinnia*	*Zinnia peruviana*	Mal de ojo	Nativa	S/C	S/C	LC

Acotaciones:
S/C: Sin categoría
P: En peligro de extinción
II: Apéndice II dentro del CITES
DD: Datos insuficientes
EN: En peligro
LC: Preocupación menor
NT: Casi Amenazada
VU: Vulnerable

Con base en la delimitación del polígono de la REcol y la identificación de los tipos de vegetación presentes en dicha área de acuerdo con la información cartográfica del INEGI serie VII, se realizó el trabajo de investigación bibliográfica a partir de artículos indexados y la búsqueda de registros de observaciones y colecciones biológicas incluidas en el Servicio Mundial de Información sobre Biodiversidad "GBIF" (*Global Biodiversity Information Facility*) y de la plataforma "Naturalista" de la CONABIO, para determinar aquellas especies con potencial de presencia dentro del espacio geográfico antes referido. Lo que derivó en el registro de 177 especies de flora con presencia potencial en uno o varios de los tipos de vegetación presentes en el espacio geográfico que ocupa la REcol y/o adaptadas a zonas agrícolas o perturbadas (especies arvenses o ruderales) (jerarquizada por familia, género y especie, donde las familias mejor representadas, de un total de 59 registradas, son Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae con 30, 15 y 10 especies respectivamente.

En lo que refiere al estrato arbóreo, el listado potencial de especies probables de registrarse dentro de la REcolse integra por 14 especies pertenecientes a 10 familias botánicas, destacando Fabaceae como la familia con mayor representación específica.

De acuerdo con su distribución biogeográfica, la mayoría de las especies corresponden a elementos nativos de México; sin embargo, destacan *Lindleya mespiloides* y *Yucca filifera* por presentar distribución endémica nacional, lo que incrementa su relevancia ecológica dentro de la REcol. En materia de conservación, únicamente *Litsea glaucescens* (laurel mexicano) se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría "P" (En peligro de extinción), además de presentar categoría "EN" (En Peligro) conforme a la International Union for Conservation of Nature. Por otra parte, *Yucca filifera* se encuentra clasificada como "NT" (Casi Amenazada) por la UICN, mientras que la mayoría de las especies restantes presentan categoría "LC" (Preocupación Menor), lo que indica que actualmente no enfrentan riesgos significativos de conservación a escala global.

La presencia de especies arbóreas nativas y endémicas dentro de la REcol evidencia la importancia ecológica de los remanentes de vegetación presentes en la región, particularmente como elementos que contribuyen a la conectividad ecológica, provisión de refugio y alimento para fauna silvestre, estabilidad edáfica y mantenimiento de procesos ecológicos locales. No obstante, las condiciones de perturbación asociadas al cambio de uso de suelo, actividades agropecuarias y expansión urbana han favorecido el predominio de vegetación secundaria y comunidades vegetales con distintos grados de alteración estructural.

El estrato arbustivo presente dentro de la REcol se encuentra integrado por al menos 37 especies pertenecientes a 18 familias botánicas. Las familias con mayor representatividad corresponden a Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae, Rosaceae y Anacardiaceae, grupos botánicos ampliamente distribuidos en ecosistemas perturbados y comunidades secundarias del Estado de México.

En términos de conservación, ninguna de las especies arbustivas registradas se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni en los apéndices de la *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. No obstante, varias especies presentan categoría "LC" (Preocupación Menor) conforme a la *International Union for Conservation of Nature*, lo que indica que

actualmente mantienen poblaciones relativamente estables a escala global. Algunas especies no cuentan todavía con evaluación internacional, por lo que aparecen como “S/C” (sin categoría).

El componente de cactáceas asociado a la región ecológica se integra por 22 especies pertenecientes principalmente a las familias Cactaceae, Asparagaceae y Crassulaceae, grupos florísticos característicos de zonas semiáridas y matorrales xerófilos del centro de México. La composición registrada refleja una alta representatividad de elementos adaptados a condiciones de estrés hídrico, alta radiación solar y suelos someros, características ambientales predominantes en gran parte del paisaje regional.

Desde el punto de vista biogeográfico, la mayoría de las especies registradas presentan distribución endémica de México, particularmente los géneros *Coryphantha*, *Mammillaria*, *Ferocactus*, *Echinocereus*, *Lophocereus* y diversas especies de *Opuntia* y *Agave*, lo que incrementa significativamente la relevancia ecológica y de conservación de la Recol.

En materia de conservación, aunque ninguna de las especies registradas se encuentra incluida dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la mayoría de las cactáceas aparecen incluidas en el Apéndice II de la *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*, debido a la presión derivada del comercio internacional y extracción ilegal de ejemplares.

De acuerdo con la *International Union for Conservation of Nature*, la mayoría de las especies presentan categoría “LC” (Preocupación Menor), lo que indica poblaciones relativamente estables a escala global. No obstante, algunas especies muestran categorías de conservación de mayor relevancia, como *Coryphantha cornifera*, clasificada como “NT” (Casi Amenazada), y *Coryphantha pycnacantha*, catalogada como “VU” (Vulnerable), evidenciando cierta susceptibilidad frente a la pérdida de hábitat y extracción de individuos. Por otra parte, algunas especies aún carecen de evaluación formal y aparecen como “S/C” (Sin categoría).

El estrato herbáceo identificado dentro de la REcol constituye el componente florístico con mayor riqueza específica, registrándose un total de 104 especies pertenecientes a 38 familias botánicas, lo que evidencia una elevada diversidad vegetal asociada principalmente a comunidades secundarias, áreas perturbadas, vegetación ruderal y ambientes hidrófilos presentes en la región.

En términos de conservación, la mayoría de las especies herbáceas registradas no se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni cuentan con categorías de riesgo relevantes en la *International Union for Conservation of Nature*. No obstante, algunas especies presentan categorías de conservación específicas, como *Malaxis magniauriculata*, incluida en el Apéndice II de la *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* debido a su pertenencia al grupo de las orquídeas, así como varias especies clasificadas por la UICN en categoría “LC” (Preocupación Menor). Asimismo, algunas especies carecen de evaluación internacional y aparecen reportadas como “S/C” (Sin categoría).

Bibliografía consultada:

[1] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2025). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)*. https://www.snib.mx

[1] *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2025). EnciclоVida. https://enciclovida.mx*

[1] Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2025). *GBIF.org*. https://www.gbif.org

[1] iNaturalistMX. (2025). *Naturalista*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). https://www.naturalista.mx

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (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.

[1] International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2025). *The IUCN Red List of Threatened Species*. https://www.iucnredlist.org

[1] Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). (2025). *The CITES Appendices*. https://cites.org/eng/app/appendices.php

Fauna

[Enlace a listado anexo, que incluya referencias bibliográficas]

Grupo zoológico

Anfibios		
8 Especies de presencia potencial		
NORMA OFICIAL MEXICANA 059	**NOM 059**	**TOTAL**
Sin categoría	sc	6
Amenazada	A	0
En peligro	P	0
Sujeta a protección especial	Pr	2
	Suma	***8***
ENDEMISMOS	**END**	**TOTAL**
No endémica	ne	4
Exótica	Exo	0
Endémica	EN	4
	Suma	***8***

Reptiles		
22 especies de presencia potencial		
NORMA OFICIAL MEXICANA 0	**NOM 059**	**TOTAL**
Sin categoría	sc	10
Amenazada	A	4
En peligro	P	0
Sujeta a protección especial	Pr	8
	Suma	***22***
ENDEMISMOS	**END**	**TOTAL**
No endémica	ne	7
Exótica	Exo	2
Endémica	EN	13
	Suma	***22***

Aves

Aves		
114 especies de presencia potencial		
NORMA OFICIAL MEXICANA	**NOM 059**	**TOTAL**
Sin categoría	sc	110
Amenazada	A	1
En peligro	P	0
Sujeta a protección especial	Pr	3
	Suma	***114***
ENDEMISMOS	**END**	**TOTAL**
No endémica	ne	98
Exótica	Exo	5
Cuasiendémica	CE	0
Semiendémica	SE	10
Endémica	EN	1
	Suma	***114***
ESTACIONALIDAD	**EST**	**TOTAL**
Residente	R	75
Migratoria de invierno	MI	32
Migratoria de verano	MV	3
Transitoria	T	4
	Suma	***114***

Mamíferos

Terrestres

Mamíferos terrestres		
28 especies de presencia potencial		
NORMA OFICIAL MEXICANA 0	**NOM 059**	**TOTAL**
Sin categoría	sc	27
Amenazada	A	1
En peligro	P	0
Sujeta a protección especial	Pr	0
	Suma	***28***
ENDEMISMOS	**END**	**TOTAL**
No endémica	ne	22
Exótica	Exo	0
Endémica	EN	6
	Suma	***28***

Voladores

Mamíferos voladores		
13 especies de presencia potencial		
NORMA OFICIAL MEXICANA 059	**NOM 059**	**TOTAL**
Sin categoría	sc	13
Amenazada	A	0
En peligro	P	0
Sujeta a protección especial	Pr	0
	Suma	***13***
ENDEMISMOS	**END**	**TOTAL**
No endémica	ne	12
Exótica	Exo	0
Endémica	EN	1
	Suma	***13***
ESTACIONALIDAD	**EST**	**TOTAL**
Especie residente	R	2
Especie migratoria	M	11
	Suma	***13***

La caracterización de la fauna silvestre de la Región Ecológica (REcol) del proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar permitió identificar una riqueza potencial de 185 especies de vertebrados terrestres, integrada por 8 especies de anfibios, 22 de reptiles, 114 de aves, 28 de mamíferos terrestres y 13 de mamíferos voladores. Esta composición faunística es consistente con la ubicación del proyecto en el

	sector norte del Estado de México, dentro de una zona de transición entre ambientes templados y zonas agrícolas, donde convergen especies de amplia distribución con otras asociadas a remanentes de vegetación natural. Si bien esta riqueza representa únicamente una fracción de la biodiversidad faunística registrada para el Estado de México y para el territorio nacional, refleja una comunidad de vertebrados regionalmente representativa y ecológicamente funcional, particularmente por la elevada diversidad de aves, grupo que constituye cerca del 62 % de las especies potenciales registradas para la REcol. En el contexto estatal, donde se han documentado aproximadamente 49 especies de anfibios, 101 de reptiles, más de 500 de aves y alrededor de 130 mamíferos (CONABIO, 2024; Ceballos, 2014), la riqueza potencial estimada para la Región Ecológica del proyecto representa una muestra significativa de la diversidad característica de la porción norte del Estado de México. Asimismo, en el ámbito nacional, México es reconocido como uno de los países megadiversos del mundo, al albergar alrededor de 390 especies de mamíferos, 864 de reptiles, 376 de anfibios y más de 1,120 especies de aves (CONABIO, 2024; IUCN, 2024). En este contexto, la fauna potencial identificada para la REcol del proyecto constituye un subconjunto representativo de la biodiversidad regional, cuya conservación depende del mantenimiento de la conectividad ecológica y de la aplicación de medidas preventivas y de mitigación que permitan conservar la funcionalidad de los hábitats presentes en el área de influencia del proyecto. Bibliografia consultada para la integración de este reporte de estimación de fauna de vertebrados de presencia potencial en la REcol **Anfibios:** Frost, D.R. 2026. Amphibian Species of the World: an online reference. Version 6.2 (DATE OF ACCESS). Electronic Database accessible at https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php. American Museum of Natural History, New York, USA. **Reptiles**: Ramírez-Bautista, A., Torres-Hernández, L.A., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Hernández-Salinas, U., Wilson, L.D., Johnson, D. J., Porras, L.W., Balderas-Valdivia, C.J., Hernández-González, A.J.X., y Mata-Silva, V. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. ZooKeys, 1166, 287-306. https://doi.org/10.3897/zookkeys.1166.103057. **Aves**: https://birdsoftheworld.org/bow/home**.** **Mamíferos:** Ceballos, G. (Ed.). 2014. Mammals of Mexico. Johns Hopkins University Press. Los registros consultados en las bases de datos globales de GBIF abarcan un marco temporal de los últimos 30 años (1996 a la fecha). Siguiendo el estándar metodológico internacional validado por Lajeunesse y Fourcade (2023)[1], un lapso de 30 años constituye un periodo idóneo y suficiente para revelar cambios y patrones estables en las comunidades estudiadas a partir de datos de biodiversidad disponibles en GBIF. Este enfoque histórico de largo plazo integra de manera agregada todas las estaciones climáticas del año (primavera, verano, otoño e invierno) a lo largo de tres décadas. La robustez de este análisis histórico absorbe la variabilidad interanual y estacional, ofreciendo una resolución temporal significativamente mayor y más representativa que la obtenida mediante muestreos de campo puntuales o estacionales de corto plazo. A partir de esta perspectiva temporal, se derivan las siguientes inferencias biológicas sobre los periodos de mayor presencia, vulnerabilidad y comportamiento fenológico por grupo taxonómico: • **Aves: l**os mayores impactos potenciales se registrarían durante los meses de febrero y marzo (migración de primavera) y de noviembre a diciembre (migración de invierno), debido al tránsito y descanso de especies migratorias.

[1] **Lajeunesse, A., and Fourcade, Y. 2023.** Temporal analysis of GBIF data reveals the restructuring of communities following climate change. Journal of Animal Ecology. 92(2): 391-402 doi:10.1111/1365-2656.13861

	• **Anfibios, reptiles y mamíferos:** los periodos críticos ocurren durante los meses de julio y agosto (temporada de verano/lluvias), coincidiendo con la época de reproducción, dispersión y máxima actividad de las especies residentes.
	Nota aclaratoria. Para efectos del presente estudio, el listado de especies de vertebrados con **presencia potencial** se refiere a la **Región Ecológica (REcol)**, en virtud de que la **Área de Influencia del Proyecto (AiP)** y el **Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)** se encuentran íntegramente comprendidas dentro de dicha unidad territorial. En consecuencia, se considera que las especies cuya distribución potencial ha sido documentada para la REcol pueden presentar condiciones de ocurrencia en el AiP y el AeP, sin que ello implique su presencia efectiva, la cual únicamente puede confirmarse mediante los inventarios y muestreos de campo realizados para el presente proyecto (Soberón & Peterson, 2005; Franklin, 2010).

Resumen y metodología de muestreos[4/] en el Área del Proyecto, Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (ReEcol)

Región ecológica y área de establecimiento del proyecto

Componente	Tipos (Aleatorio, simple, sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo (SM's)	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)[5/]	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad pwerenne o estacional	Comunidad acuática o terrestre
Flora	Muestreo aleatorio estratificado. Método de muestreo probabilístico en el que el área de estudio se divide en estratos homogéneos con base en las características de su vegetación y cobertura forestal, distribuyendo de manera aleatoria las unidades de cada estrato para garantizar su representatividad.	Estr. Arbóreo y Cactáceas F: circular T: 500 m^2	Región ecológica: 21 SM's	Muestreo diurno de 08:00 am a 17:00 pm	Temporada de lluvias (temporada húmeda) Estación de Verano	Del 25 de junio al 30 de junio de 2026	Estrato arbóreo, arbustivo, cactáceas y agavaceas comunidades Perennes.	Comunidad terrestre
		Estr. Arbustivo F: Circular T: 100 m^2	Área de establecimiento del proyecto: 18 SM's					
		Estr. Herbáceo F: cuadrado T: 1.0 m^2					Estrato herbáceo de carácter estacional asociado a la temporada de lluvias	

Fauna

Resumen y metodología de muestreos en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (REcol)

Componente	Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad Perenne o estacional	Comunidad Acuática o terrestre

Fauna	Sistemático	**Puntual:** Grabación ultrasónica equipo Song Meter SM4BAT FS	3 sitios (dos detectores)	Crepuscular-Nocturno: 18:00 a 6:00 h	Lluvias, Verano	Del 10 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo de 12 h / detector durante 5 noches. Total 120 h.	Estacional	Terrestre: Murciélagos
Fauna	Sistemático	**Puntual:** Grabación acústica Song Meter SM4	3 sitios (dos detectores)	Nocturno: 18:00 a 6:00 h	Lluvias, Verano	Del 10 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo de 12 h / detector durante 5 noches. Total 120 h.	Estacional	Terrestre: Aves nocturnas
Fauna	Sistemático	**Puntual:** Grabación con cámara termográfica (1 hora/noche)	3 sitios: uno en el AP, uno en el AI y uno en la RE	Nocturno en dos horarios fijos: • 20:00 a 21:00 h • 00:00 a 01:00 h	Lluvias, Verano	Del 10 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo de 1 h / cámara por 5 noches. Total 5 h.	Estacional	Terrestre: Detección de grupos de aves y murciélagos
Fauna	Sistemático	**Puntual:** Grabación con dron (10 minutos/vuelo)	3 sitios: uno en el AP, uno en el AI y uno en la RE	Diurno (en condiciones de clima favorables para el vuelo)	Lluvias, Verano	Del 11 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo acumulado de 30 minutos totales de vuelo (10 min por sitio).	Estacional	Terrestre: Reconocimiento del espacio aéreo empleado por aves
Fauna	No probabilístico	**Itinerante:** Encuentros oportunísticos (3 h/día)	Toda el área de estudio (AP, AI y RE). Se registran organismos fuera de los métodos estandarizados	Diurno y nocturno	Lluvias, Verano	Del 10 al 15 de julio de 2026 (6 días). Esfuerzo acumulado total de 18 h.	Estacional	Terrestre: Todos los grupos
Fauna	Muestreo aleatorio estratificado	**Transecto lineal** (método principal mixto con grabación acústica y observaciones)	84 transectos: 20 en el AP 20 en el AI 44 en la RE	Diurno: 6:00 a 19:45 h	Lluvias, Verano	Del 11 al 15 de julio de 2026. El esfuerzo de muestreo fue de 84 h con tres biólogos por transecto.	Estacional	Terrestre: Anfibios, reptiles, aves y mamíferos
Fauna	Sistemático	**Puntual:** Redes de niebla (método secundario con 2 redes de 12 m por noche y hasta medio día)	3 sitios: uno en el AP, uno en AI y uno en la RE	Nocturno: 18:00 a 6:00 h Diurno: de 6:00 a 12:00 pm	Lluvias, Verano	Del 12 al 14 de julio de 2026. Esfuerzo de 54 h / red. Total 108 h.	Estacional	Terrestre: Aves y mamíferos nocturnos y diurnos

Fauna	Sistemático	**Trampeo lineal** (método secundario con 50 trampas Sherman)	3 sitios: uno en el AP, uno en AI y uno en la RE	Nocturno: 18:00 a 6:00 h	Lluvias, Verano	Del 10 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo de 12 h / por trampa por noche por 5 noches. Total 3000 h.	Estacional	Terrestre: Mamíferos pequeños
Fauna	Sistemático	**Puntual:** 10 cámaras trampa (24 MP, 50 m alcance de detección de fauna)	3 sitios: uno en el AP, uno en AI y uno en la RE	Diurno y nocturno: las 24 h	Lluvias, Verano	Del 11 al 15 de julio de 2026. Esfuerzo de 60 h / por cámara trampa por 12 h por 5 días. Total 840 h.	Estacional	Terrestre: Todos los grupos
Fauna	Bibliográfico	**Análisis histórico:** Registros de bases de datos y proyección por temporada	Toda el área de estudio (AP, AI y RE).	Diurno y nocturno	Lluvias, Secas, Primavera, Verano, Otoño e Invierno	Análisis por mes y por temporada (datos de 1996 a 2026). Esfuerzo de recopilación en plataformas globales (GBIF, SNIB).	Perenne y estacional: Este análisis cubre todo el año	Terrestre: Todos los grupos

[4] Los muestreos deben de establecerse, considerando el tipo de proyecto, ecosistemas, vegetación presente en el área por forma biológica, grupos faunísticos, así como la temporalidad perennifolia o caducifolia, entre otros.
[5] Ejecutado como mínimo durante 2 temporadas en un ciclo anual (secas y lluvias).

Especies identificadas en campo[6/] endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

	Componente	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo	Endémica (Si/No)	Número de individuos	Presencia[7/]		
							AP	AI	RE
1	Arbóreo	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Pr	No				2
2		*Erythrina americana*	Colorín	A	Si				1
3		*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	S/C	No				24
4		*Forestiera angustifolia*	Panalero	S/C	No		3		16
5		*Schinus molle*	Pirul	S/C	No		44		48
6		*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	S/C	No		38		68
						Nº total de individuos	**85**		**159**
1	Arbustivo	*Adolphia infesta*	Abrojo	S/C	No		26		26
2		*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	S/C	No		8		55
3		*Baccharis conferta*	Azoyate	S/C	No		9		9
4		*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	S/C	No		18		28

5		*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	S/C	No		50		164
6		*Brickellia veronicifolia*	Peistó	S/C	No		16		41
7		*Condalia mexicana*	Espino de capulín	S/C	Si		25		61
8		*Croton morifolius*	Palillo	S/C	No		168		210
9		*Jatropha dioica*	Sangre de drago	S/C	No		253		232
10		*Lantana velutina*	Confiturilla	S/C	No		9		3
11		*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	S/C	No				7
12		*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	S/C	No		27		8
13		*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	S/C	Si		52		25
						Nº total de individuos	**661**		**869**
1	Herbáceo	*Anoda cristata*	Alache	Sc	No		2		6
2		*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Sc	No				2
3		*Asclepias linaria*	Pinillo	Sc	No		1		1
4		*Avena sativa*	Avena	Sc	No		4		8
5		*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	Sc	No				2
6		*Bouteloua gracilis*	Navajita	Sc	No		26		18
7		*Brassica rapa*	Mostaza	Sc	No		20		37
8		*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Sc	No		8		9
9		*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Sc	No		3		3
10		*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Sc	No		7		5
11		*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	Sc	No		2		20
12		*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	Sc	No		5		9
13		*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	Sc	No		5		7
14		*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	Sc	No		44		71
15		*Echeandia mexicana*	Amarilla	Sc	Si				2
16		*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	Sc	No		3		1
17		*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	Sc	Si		5		30
18		*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	Sc	No		1		2
18		*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	Sc	No				3
20		*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	Sc	Si				5
21		*Lupinus montanus*	Garbancillo	Sc	No				6
22		*Mirabilis jalapa*	Maravilla	Sc	No				2
23		*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Sc	No		4		5
24		*Oxalis latifolia*	Acederilla	Sc	No		49		34
25		*Paspalum notatum*	Pasto estrella	Sc	No				13
26		*Physalis coztomatl*	Coztomate	Sc	Si		1		2
27		*Proboscidea louisianica*	Toritos	Sc	No				2
28		*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Sc	No				2
29		*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Sc	No		11		53
30		*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Sc	No		3		3

31		*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	Sc	No		3		12
32		*Stevia serrata*	Burrillo	Sc	No		6		2
33		*Taraxacum officinale*	Diente de león	Sc	No				1
34		*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	Sc	No				2
						Nº total de individuos	**213**		**380**
1	Cactáceas	*Agave applanata*	Maguey de castilla	Sc	Si		77		65
2	y	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Sc	Si		13		114
3	Agaváceas	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	Sc	Si				13
4		*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	Sc	Si		4		31
5		*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	Sc	No		287		284
6		*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	A	Si				1
7		*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Sc	Si		9		10
8		*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Sc	Si		10		5
9		*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Sc	Si				7
10		*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	Sc	No		83		173
11		*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Sc	Si		34		34
12		*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	Sc	Si		7		27
						Nº total de individuos	**524**		**764**

[6/] Anexar el análisis estadístico que demuestre la representatividad de los muestreos realizados, incluyendo los métodos utilizados y memorias de cálculo.

[7/] Anexar mapas georreferenciados en UTM, Datum WGS84, en formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV, de la ubicación de las especies identificadas en campo que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con el listado actualizado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, incluyendo los resultados de los muestreos y mapas de distribución existentes (Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), entre otras).
- Anexar Listado completo de especies identificadas en campo; así como la información de soporte de los resultados de los muestreos de flora y fauna, mapas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, de sitios de muestreo e imágenes de referencia.
- Anexar listado completo de individuos por especie que se pretenden afectar, que contenga nombre científico, nombre común, categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, si corresponde a especie endémica, número de individuos por afectar, tipo de afectación, tipo de vegetación (forestal o no forestal) y coordenadas de ubicación georreferenciada en UTM, Datum WGS84, considerar en su caso, aquellas especies de importancia médica, económica y/o ecológica, estén o no en algún estatus de protección.

Índice de diversidad biológica

Componente	Nombre de Índice (Shannon-Wiener, Simpson, de Valor de Importancia, entre otros)	Patámetro	Valor del índice			Análisis y conclusiones de los resultados de los índices[8/]
			AP	AI	RE	
Flora	Riqueza especifica (S)	Número de especies registradas	46		65	La riqueza específica fue mayor en la REcol (65 especies) que en el AP (46 especies), debido al predominio de vegetación forestal en la primera y de áreas agrícolas en el Área del Proyecto. La presencia de VSa/MC en el AeP contribuye a incrementar la riqueza florística registrada.
	Shannon-Wiener H´	Estructura de la diversidad				Los valores del índice de Shannon-Wiener fueron mayores en la REcol para todos los estratos, lo que indica una mayor diversidad florística respecto al AP. En ambas unidades,
		Estrato arbóreo	0.8188		1.3282	
		Estrato arbustivo	1.8514		1.9824	

		Estrato cactáceas	1.4128		1.7950	el estrato herbáceo presentó la mayor diversidad, mientras que el arbóreo registró los valores más bajos, reflejando una estructura vegetal consistente con las condiciones de cobertura y uso del suelo presentes en el área de estudio.
		Estrato herbáceo	2.4486		2.8272	
	Pielou J´	Equidad				Los valores del índice de equidad de Pielou fueron similares entre el AP y la REcol, lo que indica una distribución relativamente uniforme de los individuos entre las especies en ambos sitios. El estrato herbáceo presentó la mayor equidad, mientras que el estrato cactáceas registró los valores más bajos, sin evidenciar diferencias significativas en la estructura de las comunidades vegetales.
		Estrato arbóreo	0.7453		0.7413	
		Estrato arbustivo	0.7451		0.7729	
		Estrato cactáceas	0.6430		0.7224	
		Estrato herbáceo	0.7922		0.8017	
	Morisita-Horn IM	Similitud y recambio	0.8879			El índice de similitud de Morisita-Horn obtenido (IM = 0.8879) indica que el Área del Proyecto comparte aproximadamente el 88.79 % de similitud en la composición y abundancia relativa de las especies con la Región Ecológica de referencia (REcol). Este valor refleja una alta similitud cuantitativa entre ambas unidades de análisis, lo que evidencia que la composición florística y la estructura de la vegetación son ampliamente comparables, con diferencias menores asociadas principalmente a las abundancias relativas de algunas especies y a las condiciones locales. En conjunto, este resultado confirma que el Área del Proyecto es representativa de la vegetación presente en la Región Ecológica de referencia, al compartir la mayor parte de su composición florística y mantener una estructura ecológica semejante, aun cuando existan variaciones puntuales derivadas del grado de perturbación y del estado sucesional de la vegetación.
	Índice de valor de importancia IVI	Densidad, frecuencia y dominancia relativas				El análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) muestra que las especies con mayor relevancia ecológica en los estratos arbóreo y de cactáceas fueron las mismas tanto en el Área del Proyecto (AeP) como en la Región Ecológica de referencia (REcol), siendo *Schinus molle* y *Cylindropuntia imbricata*, respectivamente. En los estratos arbustivo y herbáceo se registraron diferencias en las
		Especie con mayor IVI en el estrato Arbóreo	*Schinus molle*		*Schinus molle*	
		Especie con mayor IVI en el estrato Arbustivo	*Jatropha dioica*		*Croton morifolius*	
		Especie con mayor IVI en el estrato Cactáceas	*Cylindropuntia imbricata*		*Cylindropuntia imbricata*	

		Especie con mayor IVI en el estrato Herbáceo	*Stevia serrata*		*Brassica rapa*	especies con mayor IVI (*Jatropha dioica* y *Stevia serrata* en el AeP; *Croton morifolius* y *Brassica rapa* en la REcol); sin embargo, estas variaciones reflejan cambios en la dominancia relativa asociados a las condiciones locales, sin modificar la representatividad ecológica del Área del Proyecto respecto al entorno regional.

La permanencia espacial de la vegetación constituye una característica inherente de las comunidades vegetales. Desde el punto de vista ecológico y fitogeográfico, la composición florística, entendida como el conjunto de especies presentes en un área determinada, permanece relativamente estable a lo largo del tiempo, salvo que ocurran perturbaciones significativas como incendios, desmontes, cambios de uso del suelo o sobrepastoreo intenso.

En contraste, la expresión fenológica de la vegetación presenta una marcada variación estacional, particularmente en ecosistemas semiáridos, donde la cobertura foliar, la biomasa aérea, la floración, la fructificación, la coloración y la densidad aparente responden a la disponibilidad de humedad y a las condiciones climáticas de cada época del año.

Asimismo, las especies leñosas, como árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas, corresponden a organismos sésiles que permanecen durante todo su ciclo de vida en el sitio donde se establecieron, por lo que las variaciones observadas entre estaciones obedecen principalmente a cambios fenológicos y no a modificaciones en la distribución espacial de la vegetación.

Por su parte, Las especies herbáceas anuales pueden desaparecer temporalmente de la superficie durante la estación seca o fría; sin embargo, sus poblaciones persisten mediante bancos de semillas viables en el suelo, que germinan nuevamente cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables (Baskin & Baskin, 2014)[4].

Consideraciones sobre la variación estacional de la vegetación: A diferencia de la fauna silvestre, cuyos patrones de presencia, abundancia y distribución pueden experimentar variaciones estacionales derivadas de procesos de migración, dispersión, reproducción o disponibilidad de recursos, la vegetación terrestre está integrada por organismos sésiles cuya ubicación espacial permanece esencialmente constante durante todo su ciclo de vida. En consecuencia, los individuos de árboles, arbustos, cactáceas, agaváceas y demás especies perennes permanecen establecidos en el sitio donde se desarrollan, sin presentar desplazamientos espaciales asociados a las estaciones del año (Rzedowski, 2006)[5]; (Villarreal-Quintanilla *et al*., 2017)[6].

En los ecosistemas semiáridos, como los presentes en el área del proyecto, las variaciones estacionales se manifiestan principalmente en la **fisonomía de la vegetación**, es decir, en cambios temporales relacionados con la pérdida o producción de follaje, la intensidad de la floración y fructificación, el desarrollo de brotes, la cobertura aérea y la biomasa visible. Tales modificaciones responden a la disponibilidad de humedad y a las condiciones climáticas estacionales, pero **no implican cambios en la composición florística ni en la permanencia de los individuos vegetales** que conforman la comunidad, salvo que ocurran perturbaciones extraordinarias o intervenciones antrópicas como desmontes, cambio de uso del suelo, extracción selectiva o introducción deliberada de especies (Terradas, 2001)[7]; (FAO, 2020)[8].

Esta condición resulta particularmente evidente en cactáceas y agaváceas, cuyos individuos pueden permanecer varias décadas o incluso siglos ocupando el mismo sitio, conservando su localización independientemente de las variaciones climáticas estacionales (Nobel, 2002)[9]. De manera similar, árboles y arbustos caducifolios pueden perder totalmente su follaje durante la estación seca o invernal, modificando significativamente el aspecto visual de la comunidad vegetal; sin embargo, los individuos permanecen vivos y continúan formando parte de la estructura de la vegetación, recuperando su cobertura foliar con el inicio de la temporada de lluvias.

En el caso de las especies herbáceas, particularmente las anuales, su biomasa aérea puede desaparecer durante la época desfavorable como parte de su estrategia adaptativa; no obstante, sus poblaciones persisten mediante bancos de semillas viables almacenadas en el suelo, las cuales germinan nuevamente cuando se

restablecen condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Por ello, la aparente ausencia de estas especies durante determinadas épocas del año responde a su fenología y ciclo biológico, más que a modificaciones en la composición de la comunidad vegetal (Baskin & Baskin, 2014, *op. Cit.*).

En este contexto, la identificación taxonómica de las especies leñosas y su distribución dentro del área de estudio no se encuentra condicionada por la época del año en que se realiza el inventario, ya que los individuos permanecen ocupando el mismo espacio geográfico durante toda su vida. En consecuencia, la realización de un segundo muestreo estacional no modificaría sustancialmente el listado florístico de árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas presentes en el sitio, sino únicamente algunos atributos fenológicos y fisonómicos de la vegetación, tales como cobertura foliar, estado reproductivo o abundancia aparente de especies herbáceas estacionales.

Por lo anterior, desde el punto de vista de la ecología vegetal y de la dinámica de las comunidades vegetales en ambientes semiáridos, la composición florística del área de estudio puede considerarse adecuadamente caracterizada mediante el inventario realizado, toda vez que las variaciones estacionales afectan principalmente la expresión fenológica de las especies y no su presencia como componentes permanentes de la comunidad vegetal, excepto en el caso de las herbáceas anuales, cuya persistencia ecológica está garantizada por el banco de semillas presente en el suelo (Grime, 2001)[10]; (Baskin & Baskin, 2014, *op. Cit.*).

En síntesis:

1. **La vegetación leñosa constituye más del 9.24 % de las especies registradas** (árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas), cuyos individuos permanecen en el sitio independientemente de la estación.
2. **Las variaciones estacionales afectan principalmente atributos fenológicos y no la composición florística.**
3. **Las únicas especies susceptibles de presentar variaciones apreciables son las herbáceas anuales**, cuya presencia potencial ya quedó documentada mediante bibliografía y cuya ausencia temporal no modifica la caracterización ecológica del sitio.
4. **En consecuencia, muestreos adicionales en otras temporadas del año podrían aportar información fenológica, pero difícilmente habría modificado el inventario florístico**, ni las conclusiones ambientales de la MIA.

Componente	Nombre de Índice (Shannon-Wiener, Simpson, de Valor de Importancia, entre otros)	Parámetro	Valor del Índice			Análisis y conclusiones de los resultados mde los índices
			AP	AiP	RE	
Fauna	**Riqueza específica observada (S)**	Número de especies de vertebrados registradas mediante los transectos	**42 especies**	**No determinado**	**58 especies**	La REcol presentó la mayor riqueza observada, seguida del AeP y del AiP. Este patrón es congruente con la mayor superficie, número de transectos y heterogeneidad ambiental representada en la REcol. Los resultados describen la fauna efectivamente detectable durante la campaña de campo y no la totalidad de especies potencialmente presentes.
	Completitud del inventario – Chao	Relación riqueza observada / riqueza estimada	**61 %**; riqueza estimada: 69 spp.	**No determinado**	**89 %**; riqueza estimada: 65 spp.	La REcol presenta una caracterización más completa que el AeP. En el AeP Chao estima que podrían faltar por registrar hasta 27 especies, mientras que en la REcol serían aproximadamente 7.

	Completitud del inventario – Jackknife 1	Relación riqueza observada / riqueza estimada	**75 %**; 56 spp. estimadas	**No determinado**	**84 %**; 69 spp. estimadas	La diferencia refleja principalmente el número de unidades de muestreo y la presencia de especies poco frecuentes.
	Completitud del inventario – Jackknife 2	Relación riqueza observada / riqueza estimada	**64 %**; 66 spp. estimadas	**No determinado**	**82 %**; 71 spp. estimadas	La REcol mantiene una completitud alta, mientras que el AeP presenta mayor incertidumbre.
	Completitud del inventario – Bootstrap	Relación riqueza observada / riqueza estimada	**88 %**; 48 spp. estimadas	**No determinado**	**92 %**; 63 spp. estimadas	Es el estimador que arroja los mayores niveles de completitud. En conjunto, la REcol se mantiene entre 82–92 %, frente a 61–88 % del AeP.
	Shannon-Wiener (H′)	Estructura de la diversidad considerando riqueza y abundancia proporcional	**No calculado/presentado en el capítulo revisado**	**No determinado**	**No calculado/presentado**	El capítulo señala expresamente que este análisis debe realizarse, pero los valores no están incorporados en la versión revisada.
	Equidad de Pielou (J′)	Uniformidad de la distribución de individuos entre especies	**No calculado/presentado**	**No determinado**	**No calculado/presentado**	Requiere H′ y riqueza específica calculados sobre las mismas matrices de abundancia.
	Abundancia total (N)	Número de individuos registrados	**No aparece consolidada para las tres unidades espaciales en una tabla comparable**	**No determinado**	**No localizada consolidada**	El capítulo sí presenta abundancias por grupos y especies, pero no localicé todavía un valor total consolidado AP–AiP–RE susceptible de trasladarse directamente a esta tabla.

[8/] Anexar memoria de cálculo con análisis de datos, que incluya la justificación de los índices utilizados; así como, el análisis descriptivo y comparativo de los resultados de la diversidad del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto y la diversidad de la región ecológica delimitada, por temporada de muestreo; considerando la ejecución del Proyecto, en las conclusiones se deberá señalar durante qué temporada y etapa del Proyecto se registran los mayores impactos a la biodiversidad.

Análisis de los componentes ambientales al interior de la Región Ecológica	
Componentes de la Región Ecológica con los cuales interactúa el proyecto (incluir enlace a documento anexo en digital)	
Componente	**Descripción**
Biótico[9/] (Subsistema biótico)	**Vegetación y Flora**. La caracterización de la vegetación y la flora del Área del Proyecto (AP) se realizó mediante recorridos de campo y muestreos sistemáticos, lo que permitió identificar la composición florística, la estructura de la vegetación y la distribución de las especies presentes en los diferentes estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas). Asimismo, se evaluó la importancia ecológica de las especies mediante el análisis de su abundancia, frecuencia y dominancia, obteniendo una descripción integral de la comunidad vegetal existente. Con el fin de evaluar la estructura y representatividad de la vegetación, se aplicaron diversos índices ecológicos, entre ellos riqueza específica, diversidad de Shannon-Wiener, equidad de Pielou, similitud de Morisita-Horn e Índice de Valor de Importancia (IVI). Los resultados obtenidos

muestran que la vegetación del Área del Proyecto es representativa del contexto ecológico regional, conservando una composición florística y una estructura acordes con las comunidades vegetales presentes en el entorno.

Finalmente, con el propósito de corroborar la caracterización realizada en campo, se efectuó un análisis comparativo entre la información de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI y las condiciones observadas durante la verificación en sitio. Este procedimiento permitió identificar las diferencias derivadas de la dinámica del uso del suelo y actualizar la delimitación de las coberturas vegetales, definiendo con mayor precisión las superficies forestales y no forestales presentes en el Área del Proyecto.

La interpretación de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI indica que el Área del Proyecto (AP), con una superficie total de 219.1869 ha, está clasificada en su totalidad como agricultura de temporal anual (TA), considerada un uso no forestal.
No obstante, la verificación y caracterización realizada en campo permitió determinar que 169.3955 ha (77.28 %) corresponden efectivamente a agricultura de temporal anual, mientras que 49.7914 ha (22.72 %) presentan vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule (VSa/MC), la cual constituye vegetación forestal.
Las diferencias entre la cartografía de la Serie VII del INEGI y las condiciones observadas en campo evidencian la dinámica del uso del suelo y de la vegetación, así como la importancia de la verificación en sitio para delimitar con mayor precisión las superficies forestales y no forestales presentes en el Área del Proyecto.

Id	Usos de suelo y vegetación	Clave	INEGIE SERIE VII		DELIMITACION INSITU		Formación
			Total Sup (ha)	% Total Sup (ha)	Total Sup (ha)	% Total Sup (ha)	
			AeP y DDV LT		AeP y DDV LT		
1	Agricultura de temporal anual	TA	219.1869	100.00	169.3955	77.28	No Forestal
2	Vegetación secundaria arbustiva de Matorral crasicaule	Vsa/MC	0.0000	0.00	49.7914	22.72	Forestal
Total general			**219.1869**	**100.00**	**219.1869**	**100.00**	

Fauna Silvestre:

Hábitats y recursos ecológicos: La Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar y el municipio de Hueypoxtla presentan un paisaje predominantemente agropecuario, integrado por parcelas agrícolas, áreas de pastoreo, vegetación secundaria, remanentes xerófilos, linderos, cauces intermitentes, bordos y árboles o arbustos aislados. Aunque este territorio ha sido transformado históricamente, conserva recursos de alimentación, refugio, reproducción y desplazamiento para la fauna silvestre, especialmente en los elementos seminaturales que mantienen la heterogeneidad y conectividad del paisaje.

El Área de Establecimiento del Proyecto se localiza principalmente sobre terrenos agrícolas de temporal, por lo que no constituye un ecosistema natural continuo. Sin embargo, conserva una función ecológica secundaria al proporcionar recursos estacionales como semillas, insectos, cobertura herbácea, microhábitats del suelo y vegetación presente en linderos y bordes parcelarios. Su calidad como hábitat se considera baja a intermedia, aunque algunos elementos puntuales, como cactáceas, agaváceas, arbustos, árboles aislados, cauces y depresiones temporales, presentan una relevancia funcional mayor y requieren manejo diferenciado.

La incidencia directa del proyecto se concentrará en esta área y será más importante durante la preparación del sitio y la construcción, por la posible reducción temporal de cobertura, refugios y rutas de desplazamiento. Durante la operación, parte de la funcionalidad ecológica podría mantenerse mediante la conservación de vegetación herbácea bajo y entre los módulos, la protección de linderos y escurrimientos, el control de herbicidas e iluminación, el rescate de individuos vegetales y la conservación de la permeabilidad del cercado para la fauna. En

	consecuencia, la compatibilidad biótica del proyecto dependerá de preservar los elementos que concentran recursos ecológicos y evitar la simplificación adicional del paisaje. **Conectividad ecológica y fragmentación**: la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar presenta un paisaje predominantemente agropecuario en el que la vegetación natural original ha sido fragmentada por el desarrollo histórico de actividades agrícolas y pecuarias. No obstante, la conectividad ecológica regional se mantiene gracias a una red de elementos seminaturales, como linderos, vegetación secundaria, árboles aislados, cactáceas, agaváceas, cauces temporales y bordos, que facilitan el desplazamiento de la fauna, el intercambio biológico y la continuidad de procesos ecológicos. En este contexto, la conectividad funcional resulta más relevante que la continuidad física de la vegetación, ya que diferentes grupos de organismos utilizan de manera distinta la matriz agrícola y los remanentes de hábitat disponibles (Taylor et al., 1993)[11]; (Tischendorf & Fahrig, 2000)**[12].** En el municipio de Hueypoxtla, la conectividad depende de la permanencia de este mosaico de componentes naturales y seminaturales distribuidos entre parcelas agrícolas y áreas pecuarias. La cobertura herbácea, los cauces y los pequeños remanentes de vegetación incrementan la permeabilidad del paisaje, particularmente durante la temporada de lluvias, mientras que en la época seca la conectividad funcional se concentra en los elementos permanentes de vegetación y humedad. La pérdida progresiva de linderos, vegetación secundaria y árboles aislados constituye actualmente el principal proceso que favorece la fragmentación y disminuye la capacidad del territorio para mantener el desplazamiento y la interacción entre las poblaciones silvestres (Burel & Baudry, 2005)[13]. El Área de Establecimiento del Proyecto se localiza sobre terrenos agrícolas previamente transformados, por lo que no corresponde a un corredor biológico de importancia regional, sino a una matriz agropecuaria con permeabilidad moderada para diversas especies. En consecuencia, los efectos del proyecto sobre la conectividad serán principalmente de alcance local y estarán asociados a la preparación del sitio, la instalación de infraestructura y el cercado perimetral. La conservación de linderos, vegetación secundaria, árboles aislados, cauces, cactáceas y agaváceas, junto con la incorporación de pasos de fauna y el mantenimiento de cobertura herbácea durante la operación, permitirá reducir la fragmentación adicional del paisaje y mantener la funcionalidad ecológica del área de influencia. Procesos de interacciones ecosistémicas: La Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar mantiene procesos ecológicos fundamentales que sustentan el funcionamiento del ecosistema, aun cuando el paisaje ha sido ampliamente transformado por actividades agropecuarias. La producción primaria, la polinización, la dispersión de semillas, las relaciones tróficas, la regeneración natural de la vegetación y el reciclaje de nutrientes continúan desarrollándose gracias a la interacción entre la vegetación remanente, la fauna silvestre y los elementos seminaturales presentes en el territorio. Estos procesos presentan una marcada variación estacional, incrementando su intensidad durante la temporada de lluvias, cuando aumenta la productividad vegetal, la disponibilidad de agua y la actividad biológica de la mayoría de las especies (Odum & Barrett, 2005)[14]; (Chapin et al., 2011)[15]. En el municipio de Hueypoxtla, el funcionamiento ecosistémico depende de la permanencia de un mosaico de parcelas agrícolas, vegetación secundaria, linderos, cauces temporales, bordos y otros componentes que mantienen las interacciones entre flora y fauna. Estos elementos favorecen la polinización, la dispersión de semillas, el control biológico de poblaciones y la regeneración de la vegetación, contribuyendo a conservar la funcionalidad ecológica del paisaje a pesar del predominio del uso agropecuario del suelo (MEA, 2005)[16]. El Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a una matriz agrícola previamente transformada que participa en estos procesos principalmente mediante la producción estacional de biomasa y la provisión de recursos para especies generalistas. Aunque el establecimiento de la planta fotovoltaica reducirá temporalmente la intensidad de algunas interacciones durante la etapa de construcción, la conservación de linderos, vegetación secundaria, cobertura herbácea entre los módulos, árboles aislados y otros elementos naturales permitirá mantener buena parte de la funcionalidad ecológica local y la integración del predio dentro de la dinámica ecosistémica de la Región Ecológica. **Integridad ecológica y estado de conservación**: la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar corresponde originalmente al ecosistema de matorral crasicaule, cuya estructura y funcionamiento han sido modificados por el desarrollo histórico de actividades agrícolas, pecuarias

	y de infraestructura. Como resultado, la continuidad de la vegetación natural se ha reducido y el paisaje presenta un grado importante de fragmentación. No obstante, aún persisten remanentes de vegetación nativa, vegetación secundaria, linderos, cauces temporales y otros elementos seminaturales que permiten mantener procesos ecológicos esenciales, como la producción primaria, la polinización, la dispersión de semillas, la regeneración de la vegetación y las relaciones tróficas. En consecuencia, la REcol conserva una integridad ecológica intermedia, caracterizada por una estructura parcialmente transformada, pero con una integridad funcional que permanece activa y permite el mantenimiento de los principales procesos ecológicos del ecosistema (Parrish et al., 2003)[17];)Challenger & Soberón, 2008)[18]. En el municipio de Hueypoxtla predomina un paisaje agropecuario donde la pérdida de la vegetación natural ocurrió con anterioridad al desarrollo del proyecto. Sin embargo, la permanencia de pequeños remanentes de vegetación, árboles aislados, linderos y cauces mantiene una funcionalidad ecológica suficiente para sostener poblaciones representativas de flora y fauna adaptadas a ambientes semiáridos. Esta condición refleja un estado de conservación moderadamente transformado, en el que la funcionalidad del ecosistema depende de la conservación de dichos elementos dentro de la matriz agrícola. Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto se ubica sobre terrenos agrícolas de temporal previamente modificados, por lo que ya no conserva la estructura original del matorral crasicaule. En consecuencia, presenta una integridad estructural baja, aunque mantiene una integridad funcional parcial, sustentada por la presencia de vegetación secundaria, linderos, árboles aislados, cactáceas, agaváceas y otros elementos que continúan participando en los procesos ecológicos regionales. Bajo estas condiciones, el proyecto se desarrollará sobre un ecosistema previamente transformado, por lo que la conservación de estos componentes naturales residuales y la implementación de medidas de manejo ambiental serán determinantes para mantener la funcionalidad ecológica remanente y reducir la pérdida adicional de integridad del paisaje. **Resiliencia y capacidad de recuperación:** La Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar conserva una **resiliencia ecológica intermedia**, resultado de las adaptaciones propias del matorral crasicaule a las condiciones semiáridas y de la permanencia de procesos ecológicos fundamentales, como la producción primaria, la regeneración natural, la polinización, la dispersión de semillas y el reciclaje de nutrientes. Aunque la transformación histórica del paisaje por actividades agropecuarias ha reducido la integridad estructural del ecosistema, la presencia de remanentes de vegetación natural y secundaria, linderos, cauces temporales y otros elementos seminaturales mantiene una capacidad importante para reorganizar y sostener el funcionamiento ecológico regional (Holling, 1973)[19]; (Chapin *et al*., 2011)[20]. En el municipio de Hueypoxtla, la resiliencia depende de la heterogeneidad del paisaje y de la conservación de los componentes seminaturales que favorecen la recuperación periódica de la vegetación y de las comunidades faunísticas durante la temporada de lluvias. Sin embargo, esta capacidad disminuye conforme se incrementan la fragmentación del hábitat, la degradación del suelo y la eliminación de remanentes de vegetación, reduciendo gradualmente el potencial de recuperación ecológica del territorio. Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a terrenos agrícolas previamente transformados, por lo que presenta una resiliencia estructural baja, al haber perdido gran parte de la cobertura original del matorral crasicaule. No obstante, conserva una capacidad de recuperación funcional moderada, sustentada en la regeneración estacional de la cobertura herbácea, la permanencia de vegetación secundaria y la conectividad con el paisaje circundante. En este contexto, la conservación de linderos, árboles aislados, cactáceas, agaváceas y demás elementos naturales, junto con la aplicación de medidas de manejo y restauración ambiental durante la operación del proyecto, permitirá mantener la funcionalidad ecológica remanente y favorecer la recuperación gradual del ecosistema intervenido. **Capacidad de soporte ecológico:** La **capacidad de soporte ecológico** expresa la aptitud del ecosistema para mantener la biodiversidad, los hábitats y los procesos ecológicos que le son propios sin comprometer su funcionamiento a largo plazo. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar esta capacidad ha disminuido debido a la transformación histórica del matorral crasicaule por actividades agropecuarias; sin embargo, la permanencia de

	remanentes de vegetación natural y secundaria, linderos, cauces temporales, nopaleras, magueyeras y árboles aislados continúa proporcionando alimento, refugio y conectividad para la flora y la fauna silvestres. En consecuencia, la REcol conserva una capacidad de soporte ecológico intermedia, suficiente para mantener una comunidad biológica representativa de los ambientes semiáridos, aunque dependiente de la conservación de dichos elementos seminaturales (Odum & Barrett, 2005, *op. Cit.*); (Chapin et al., 2011, *op. Cit.*). En el municipio de Hueypoxtla, la capacidad de soporte está determinada por la heterogeneidad del paisaje agropecuario y por la disponibilidad estacional de recursos. Los terrenos agrícolas sustentan principalmente especies generalistas, mientras que los remanentes de matorral, la vegetación secundaria, los linderos y los escurrimientos temporales funcionan como reservorios de biodiversidad y mantienen la funcionalidad ecológica del territorio. No obstante, esta capacidad puede reducirse por la eliminación de vegetación secundaria, la intensificación agrícola y la degradación del suelo, por lo que el municipio presenta una capacidad de soporte moderada. El Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a terrenos agrícolas previamente transformados, por lo que su capacidad de soporte ecológico es baja a intermedia. Aunque la estructura original del matorral crasicaule fue modificada desde hace décadas, el predio aún propociona recursos temporales y hábitats complementarios para especies generalistas gracias a la presencia de vegetación secundaria, árboles aislados, cactáceas, agaves y linderos. En este contexto, la implementación de medidas de manejo ambiental —como la conservación de estos elementos, el mantenimiento de cobertura herbácea, la protección del suelo y la permeabilidad del cercado— permitirá mantener la funcionalidad ecológica residual del área y minimizar la disminución de su capacidad de soporte durante la operación de la planta fotovoltaica. **Servicios ecosistémicos:** corresponden a los beneficios que la sociedad obtiene del funcionamiento de los ecosistemas y comprenden servicios de provisión, regulación, soporte y culturales. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, estos servicios son el resultado de la interacción entre los remanentes del matorral crasicaule y la matriz agrícola predominante. Destacan la producción agropecuaria, la regulación de la erosión, la infiltración del agua, la captura de carbono, la polinización, el reciclaje de nutrientes, la conservación de la biodiversidad y los valores paisajísticos propios del ambiente semiárido. En conjunto, la REcol conserva una oferta intermedia de servicios ecosistémicos, cuya permanencia depende de la conservación de los elementos naturales y seminaturales que aún persisten en el territorio (MEA, 2005, op. Cit.); (IPBES, 2019, *op. Cit.*). En el municipio de Hueypoxtla, la provisión de servicios ecosistémicos está estrechamente vinculada con el paisaje agropecuario. Los cultivos de temporal constituyen el principal servicio de provisión, mientras que la vegetación secundaria, los linderos, los árboles aislados, las barrancas y los cauces temporales mantienen servicios de regulación y soporte que favorecen la conservación del suelo, la infiltración del agua, la polinización, el control biológico de plagas y la conectividad ecológica. Asimismo, el paisaje rural conserva valores culturales y de identidad asociados al uso tradicional del territorio. Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una oferta baja a intermedia de servicios ecosistémicos, acorde con su condición de terreno agrícola previamente transformado. Aunque la cobertura natural del matorral crasicaule fue sustituida desde hace décadas, los linderos, la vegetación secundaria, los árboles aislados, las cactáceas y los agaves continúan proporcionando servicios de regulación y soporte de gran importancia ecológica. La implementación de las medidas de manejo ambiental previstas para el proyecto —como la conservación de estos elementos, el mantenimiento de cobertura vegetal compatible con la operación y la protección del suelo— permitirá mantener una proporción significativa de dichos servicios durante la vida útil de la planta fotovoltaica y favorecer su integración funcional al paisaje regional. **Sensibilidad y vulnerabilidad del subsistema biótico:** La sensibilidad ecológica expresa el grado de respuesta del subsistema biótico frente a las perturbaciones, mientras que la vulnerabilidad representa la probabilidad de que dichas perturbaciones ocasionen alteraciones significativas o permanentes en su estructura y funcionamiento. Ambos atributos dependen de la calidad de los hábitats, la disponibilidad de recursos, la conectividad ecológica, la resiliencia del sistema y la intensidad de las presiones antrópicas. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, la transformación histórica del matorral crasicaule hacia un paisaje predominantemente agropecuario ha reducido la sensibilidad de la matriz agrícola; sin embargo, los

	remanentes de vegetación natural y secundaria, los linderos, los cauces temporales, las nopaleras, las magueyeras y los árboles aislados conservan una elevada importancia ecológica y concentran la mayor sensibilidad del territorio. En conjunto, la REcol presenta una sensibilidad y vulnerabilidad moderadas, debido a que aún mantiene procesos ecológicos funcionales y capacidad de recuperación frente a perturbaciones localizadas (IPCC, 2023)[21]; (Challenger & Soberón, 2008, *op. Cit.*). En el municipio de Hueypoxtla, la sensibilidad ecológica se distribuye de manera heterogénea dentro del paisaje agropecuario. Los terrenos agrícolas muestran una menor sensibilidad por tratarse de ambientes previamente transformados, mientras que los remanentes de vegetación natural y los elementos seminaturales desempeñan un papel fundamental para la conservación de la biodiversidad, la conectividad y los servicios ecosistémicos. La vulnerabilidad municipal depende, por tanto, de la permanencia de estos componentes y de evitar procesos acumulativos de fragmentación y degradación ambiental. El Área de Establecimiento del Proyecto corresponde principalmente a terrenos agrícolas de temporal, por lo que la matriz productiva presenta una sensibilidad baja a moderada, mientras que los elementos naturales residuales poseen una sensibilidad moderada a alta por su contribución a la funcionalidad ecológica del paisaje. En consecuencia, la vulnerabilidad general del AeP se considera moderada, ya que el predio conserva capacidad de recuperación parcial y la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y vigilancia ambiental previstas permitirá reducir los efectos sobre los componentes más sensibles y mantener la funcionalidad ecológica durante la operación de la planta fotovoltaica. **Resumen. Síntesis funcional del subsistema biótico** El análisis integral del subsistema biótico indica que la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar corresponde a un paisaje semiárido donde el matorral crasicaule ha sido transformado históricamente por actividades agropecuarias, dando lugar a una matriz agrícola que aún conserva remanentes de vegetación natural y secundaria, árboles aislados, linderos, nopaleras, magueyeras y cauces temporales. Estos elementos mantienen la conectividad ecológica, proporcionan hábitat para la flora y la fauna y sostienen procesos esenciales como la producción primaria, la polinización, la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y la regeneración natural. En consecuencia, la Región Ecológica conserva una integridad ecológica, resiliencia, capacidad de soporte y oferta de servicios ecosistémicos de nivel intermedio, así como una sensibilidad y vulnerabilidad moderadas, condiciones que permiten mantener una biodiversidad representativa del ambiente semiárido regional (Odum & Barrett, 2005, *op. Cit.*); (MEA, 2005, *op. Cit.*). En el municipio de Hueypoxtla, la funcionalidad ecológica depende de la interacción entre la matriz agropecuaria y los remanentes de vegetación natural, los cuales actúan como reservorios de biodiversidad y favorecen la regulación hidrológica, la conservación del suelo y la conectividad del paisaje. Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto corresponde principalmente a terrenos agrícolas previamente transformados, cuya funcionalidad ecológica se concentra en los elementos naturales residuales presentes en el predio. En este contexto, el establecimiento de la planta fotovoltaica no implica la ocupación de un ecosistema natural continuo, sino de un terreno agrícola que aún conserva componentes ecológicos estratégicos. La aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y vigilancia ambiental permitirá mantener dichos componentes, preservar la funcionalidad del subsistema biótico y favorecer la continuidad de los procesos ecológicos durante la vida útil del proyecto.
Abiótico (Subsistema abiótico)	El subsistema abiótico de la Región Ecológica constituye el soporte físico sobre el cual se desarrollan los procesos ecológicos y las actividades humanas, además de proporcionar las condiciones naturales que determinan la viabilidad ambiental del proyecto. Su caracterización permite comprender el funcionamiento del medio físico, identificar los factores que pueden influir en el establecimiento y operación de la planta fotovoltaica, así como reconocer aquellos componentes que podrían experimentar modificaciones derivadas de su construcción y funcionamiento. En congruencia con el enfoque ecosistémico que orienta la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, la descripción del medio abiótico se centra en los elementos cuya interacción con el proyecto resulta ambientalmente significativa, evitando la incorporación de información que, aun siendo de interés descriptivo, no aporta elementos relevantes para la evaluación de impactos.

	Con base en este criterio, el análisis del subsistema abiótico comprende la caracterización de la climatología, por su influencia sobre el funcionamiento de la planta y la dinámica de los ecosistemas; la calidad del aire y las condiciones de dispersión atmosférica, considerando la generación potencial de partículas durante la construcción y el efecto del polvo sobre el desempeño de los módulos fotovoltaicos; los procesos geomorfológicos y la estabilidad física del terreno, que permiten evaluar la susceptibilidad del sitio frente a fenómenos como deslizamientos, subsidencia o deformaciones superficiales; el balance hídrico superficial e infiltración, mediante el análisis de los procesos de infiltración, escorrentía, evapotranspiración, almacenamiento temporal del agua y respuesta hidrológica del terreno; la hidrología superficial y subterránea**,** como base para comprender la dinámica del recurso hídrico; la erosión hídrica y eólica, por su relación con la conservación del suelo y el control de sedimentos; y los fenómenos hidrometeorológicos que, por su recurrencia e intensidad, pueden influir tanto en la seguridad operativa de la infraestructura como en la vulnerabilidad ambiental del área. La integración de estos componentes proporciona una visión funcional del medio físico de la Región Ecológica, permitiendo establecer las condiciones ambientales de referencia sobre las cuales se evaluarán los impactos potenciales del proyecto. Asimismo, constituye el fundamento técnico para definir las medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental que serán desarrolladas en los capítulos posteriores de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional. **Climatología**: En conclusión: las condiciones climatológicas registradas en la REcol y que son extensivas al área de establecimiento del proyecto (AeP), se caracterizan por un régimen de temperatura y precipitación propios de la zona semiárida templada, con marcada estacionalidad en las lluvias y periodos de sequía que determinan la dinámica de los ecosistemas y de las actividades productivas predominantes. Estos atributos, junto con la variabilidad interanual de los registros meteorológicos, inciden de manera directa en la calidad ambiental del sitio, al condicionar la cobertura vegetal secundaria, la disponibilidad hídrica superficial y subterránea, y la capacidad de resiliencia de los ecosistemas locales frente a presiones antrópicas. En este contexto, el establecimiento del parque fotovoltaico representa una alternativa de aprovechamiento energético que, al no generar emisiones atmosféricas significativas ni consumir volúmenes relevantes de agua en su fase de operación, contribuye a mantener la calidad ambiental regional. No obstante, la instalación de infraestructura puede producir modificaciones micro climáticas en el área inmediata, asociadas a cambios en la radiación incidente sobre el suelo, micro variaciones en la temperatura superficial y modificaciones en los patrones de escurrimiento pluvial. Dichos efectos, si bien localizados, podrían incidir en la micro dinámica térmica y de humedad edáfica del sitio (bajo los paneles), con implicaciones favorables en la sucesión de la vegetación secundaria y en los servicios ecosistémicos asociados. En términos prospectivos, la integración de medidas de manejo ambiental —como la revegetación perimetral, la conservación de corredores biológicos y el monitoreo climático de largo plazo— permitirá mitigar posibles impactos y favorecer la adaptación de los ecosistemas circundantes. De esta manera, la operación del proyecto no sólo se alinea con los objetivos nacionales de transición energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también establece un marco de corresponsabilidad en la gestión del clima local, minimizando riesgos de deterioro y fortaleciendo la calidad ambiental futura del área de influencia. **Calidad del aire y dispersión atmosférica:** la calidad del aire en la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar se caracteriza por condiciones propias de un ambiente predominantemente rural, con una adecuada capacidad natural de dispersión atmosférica favorecida por la amplitud del paisaje agrícola y la circulación regional del viento. En estas condiciones, la acumulación persistente de contaminantes atmosféricos es poco probable y la principal fuente potencial de partículas corresponde a procesos naturales y actividades agropecuarias estacionales. Durante la etapa de construcción, las actividades de despalme, movimiento de tierras, apertura de caminos, excavaciones y tránsito de maquinaria podrán generar emisiones temporales de polvo (PST y PM_{10}), principalmente en la temporada seca. No obstante, dichas emisiones serán de carácter difuso, localizado y reversible, pudiendo controlarse mediante medidas preventivas como la estabilización de caminos, el control de velocidades, la reducción de superficies desnudas y el mantenimiento de cobertura vegetal.

	En la etapa de operación, la planta fotovoltaica no constituirá una fuente permanente de emisiones atmosféricas, ya que la generación eléctrica se realiza sin procesos de combustión. En cambio, la calidad del aire sí influirá sobre el desempeño del proyecto, debido a que la acumulación de polvo sobre los módulos fotovoltaicos puede disminuir la transmisión de la radiación solar y reducir su eficiencia energética. Este efecto será compensado mediante inspecciones periódicas y programas de limpieza preventiva. En conjunto, la interacción entre la calidad del aire y el proyecto será predominantemente unidireccional: las condiciones atmosféricas influirán en el rendimiento de la planta, mientras que la operación de ésta no modificará de manera significativa la calidad del aire regional. Por ello, los impactos previstos sobre este componente se consideran temporales, localizados y de baja magnitud, limitándose esencialmente a la etapa de construcción. **Erosión**: la información disponible no permite establecer una tasa única de erosión hídrica o eólica medida específicamente para todo el municipio de Hueypoxtla. No obstante, a partir de la cartografía y de los intervalos empleados por SEMARNAT, puede considerarse que en la región predominan condiciones de erosión ligera a moderada, generalmente comprendidas entre 5 y 50 t/ha/año, con valores menores de 5 t/ha/año en superficies planas y bien cubiertas, y tasas localmente superiores, de **50 a 200 t/ha/año**, en taludes, caminos, suelos desnudos, áreas con escurrimientos concentrados o superficies extensas expuestas al viento. La erosión hídrica está condicionada principalmente por la concentración de las lluvias entre junio y septiembre, la pendiente, la cobertura vegetal y el manejo del suelo. La erosión eólica adquiere mayor relevancia durante la temporada seca, sobre todo en parcelas agrícolas abiertas, caminos de terracería, acopios y terrenos recién removidos. En ambos casos, la pérdida de suelo aumenta cuando disminuye la cobertura vegetal y se incrementa la exposición directa del terreno. El proyecto Tepetate Solar podría elevar temporalmente estas tasas durante la preparación del sitio y la construcción, debido al despalme, tránsito de maquinaria, apertura de caminos, excavaciones y compactación. También existe riesgo de concentración de escurrimientos en bordes de módulos, zanjas y caminos. Sin embargo, durante la operación, las tasas pueden disminuir si se mantiene una cobertura herbácea permanente bajo y entre los paneles, se estabilizan caminos y taludes, se conserva el drenaje natural y se revegetan oportunamente las superficies alteradas. En consecuencia, el efecto del proyecto dependerá principalmente del manejo del suelo y de la eficacia de las medidas de control de erosión. **Síntesis. Procesos geomorfológicos y estabilidad física del terreno:** la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar presenta condiciones geomorfológicas favorables para el establecimiento de la infraestructura fotovoltaica, al predominar un relieve de pendientes suaves a moderadas, con elevada estabilidad física y escasa susceptibilidad a procesos de remoción en masa. La evolución natural del paisaje está controlada principalmente por la meteorización, la erosión superficial y la dinámica estacional de los escurrimientos, sin evidencias de procesos geomorfológicos activos que representen una limitante para el desarrollo del proyecto. El análisis regional indica una baja probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, subsidencia, hundimientos, agrietamientos de origen estructural o movimientos gravitacionales de importancia. Los procesos de deformación que eventualmente pudieran presentarse se restringen a fenómenos superficiales y estacionales asociados a la contracción de los suelos o a la erosión localizada, los cuales pueden controlarse mediante un adecuado diseño de drenaje, estabilización de caminos y taludes, así como con la conservación de la cobertura vegetal. Durante la construcción, las actividades de despalme, excavación y movimiento de tierras podrán generar alteraciones geomorfológicas de carácter local y temporal; sin embargo, la operación de la planta no modificará significativamente la dinámica natural del relieve, debido a que las estructuras ocupan una superficie reducida del terreno, mantienen amplias áreas permeables y no implican excavaciones profundas. En consecuencia, los procesos geomorfológicos no representan una restricción para la viabilidad ambiental del proyecto, siempre que se implementen las medidas de manejo de suelos, control de erosión y conservación de los patrones naturales de escurrimiento previstas para la construcción y operación de la planta fotovoltaica. **Hidrología superficial y subterránea**: La caracterización de la hidrología superficial y subterránea de la REcol para esta MIAR y, consecuentemente para el Área del proyecto (AP) resulta fundamental para la evaluación integral del impacto ambiental asociado a la

	instalación del proyecto Tepetate Solar. Este análisis permite identificar la disponibilidad, calidad y dinámica del recurso hídrico, eventualmente, considerando la presencia de cuerpos de agua superficiales —como presas, arroyos intermitentes y bordos de captación—, así como la importancia de los acuíferos locales, de los cuales depende el abastecimiento agrícola, doméstico y público-urbano de la región. Al tratarse de un territorio semiárido, con marcada estacionalidad en las lluvias y una alta dependencia del agua subterránea, resulta importante reconocer la vulnerabilidad del recurso frente a posibles procesos de sobreexplotación o contaminación que pudieran ocasionar otras actividades o proyectos establecidos o por establecerse en la REcol de esta MIAR. Hidrología superficial: el espacio geográfico en el cual se inserta la REcol se localiza dentro de la Región Hidrológica Pánuco. A nivel de subcuenca, el territorio de la REcol se distribuye principalmente en la subcuenca del río Salado —que representa la mayor proporción municipal—, seguida por la subcuenca del río Tezontepec, y en menor medida por las subcuencas del río Tula y Lago de Texcoco-Zumpango. Esta configuración evidencia que el drenaje superficial se integra predominantemente a sistemas de escurrimiento vinculados al norte del Valle de México y al sistema regional Tula–Moctezuma. La red hidrográfica local está constituida principalmente por corrientes intermitentes, entre las que INEGI identifica El Codo, El Púlpito, La Pila, Mambrú, Sotula y Zarco, además de escurrimientos asociados al río Salado de Hueypoxtla. Esta condición indica que el comportamiento hidrológico superficial está fuertemente controlado por la precipitación estacional, la pendiente, la cobertura vegetal y la capacidad de infiltración de los suelos. Por ello, durante la temporada de lluvias pueden activarse escurrimientos temporales con capacidad de arrastre de sedimentos, particularmente en superficies desprovistas de vegetación, caminos, zanjas o áreas compactadas. Respecto al estado ambiental, no se identificó una valoración puntual de calidad del agua para cada cauce intermitente dentro del municipio; sin embargo, la información regional disponible para el sistema río Tula–río Salado–Presa Endhó muestra condiciones de deterioro ambiental relevantes. La existencia de diagnósticos de CONAGUA, (2025)[22] y antecedentes de contaminación documentados por CNDH (s.f.)[23] permiten inferir que la cuenca regional presenta presiones importantes por descargas urbanas, industriales y aguas residuales. En consecuencia, para la REcol se asume un enfoque precautorio: de evitar la alteración de cauces naturales e intermitentes, mantener franjas de protección, controlar escurrimientos, prevenir arrastre de sedimentos y asegurar que las actividades constructivas no incrementen la carga contaminante ni modifiquen negativamente el funcionamiento hidrológico superficial. Hidrología subterránea: el área del proyecto se localiza dentro del Acuífero Cuautitlán – Pachuca (1508), de acuerdo con la clasificación oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2020)[24]. Este acuífero forma parte de la Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México. El acuífero presenta un comportamiento de tipo libre a semiconfinado, con recarga asociada principalmente a la infiltración de precipitación pluvial y aportes desde zonas topográficamente elevadas. Sin embargo, su dinámica hidrogeológica se encuentra condicionada por procesos de extracción intensiva vinculados al abastecimiento urbano y actividades agropecuarias en la región. De acuerdo con evaluaciones oficiales de la CONAGUA, el acuífero presenta condiciones de presión hídrica, derivadas del desequilibrio entre la recarga natural y los volúmenes de extracción, lo que ha generado abatimiento de niveles piezométricos en distintos sectores. En este contexto, la implementación del Proyecto debe considerar medidas orientadas a la conservación de la infiltración natural, el control de escurrimientos y la prevención de contaminación del subsuelo, a fin de evitar impactos adicionales sobre el sistema hidrogeológico **Balance hídrico superficial e infiltración** El balance hídrico de la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar está determinado por la distribución de la precipitación entre los procesos de infiltración, escorrentía superficial, evapotranspiración y almacenamiento temporal del agua, los cuales regulan el comportamiento hidrológico del terreno y favorecen la recarga de la humedad del suelo. En la región predominan condiciones que propician una adecuada infiltración, debido a la presencia de suelos agrícolas permeables, pendientes suaves y una limitada impermeabilización del terreno.

	La escorrentía superficial presenta un comportamiento estacional asociado al régimen de lluvias, mientras que la evapotranspiración constituye uno de los principales mecanismos de retorno del agua a la atmósfera, con variaciones naturales entre la temporada húmeda y la seca. Asimismo, el relieve y los microdepresiones del terreno permiten el almacenamiento temporal del agua de lluvia, favoreciendo la infiltración gradual y reduciendo la intensidad de los escurrimientos. Durante la construcción podrían presentarse modificaciones locales y temporales derivadas del movimiento de tierras, la compactación del suelo y la remoción de la cobertura vegetal, lo que incrementaría de manera transitoria la escorrentía y disminuiría la infiltración en las áreas intervenidas. Sin embargo, durante la operación estas condiciones tenderán a restablecerse, ya que el diseño del proyecto mantiene la mayor parte del terreno permeable, conserva la cobertura vegetal entre las hileras de módulos y limita las superficies impermeabilizadas. Aunque los paneles fotovoltaicos redistribuyen localmente el agua de lluvia hacia sus bordes, este fenómeno no modifica el volumen total de precipitación ni altera de forma significativa la respuesta hidrológica del terreno. En consecuencia, el proyecto no afectará de manera relevante el balance hídrico regional ni los procesos naturales de infiltración, recarga y escurrimiento superficial. Los cambios previstos serán de carácter localizado, reversible y de baja magnitud, pudiendo prevenirse y controlarse mediante un adecuado manejo de drenajes, la conservación de superficies permeables y la aplicación de medidas de control de erosión durante las etapas de construcción y operación. **Fenómenos meteorológicos y riesgos asociados:** En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, los fenómenos meteorológicos de mayor relevancia corresponden a sequías, heladas y tormentas eléctricas. De acuerdo con la información del Atlas Nacional de Riesgos utilizada en el estudio, la sequía presenta un nivel de riesgo que varía de muy bajo a medio, mientras que las heladas muestran una incidencia diferenciada en función de la altitud, con registros que pueden oscilar entre 0 y 120 días al año y un nivel de riesgo generalmente bajo a medio. Por su parte, la probabilidad de ocurrencia de tormentas eléctricas se clasifica entre muy baja y baja dentro de la región analizada. La susceptibilidad del territorio frente a estos fenómenos no depende únicamente de su frecuencia natural, sino también del grado de transformación ambiental existente. La pérdida de cobertura vegetal, el cambio de uso del suelo, la expansión de superficies impermeables y la fragmentación del paisaje pueden disminuir la capacidad de infiltración, aumentar la escorrentía y reducir la resiliencia del sistema ante periodos prolongados de sequía, heladas o eventos de lluvia intensa. En este sentido, las actividades humanas preexistentes pueden amplificar los efectos ambientales de los fenómenos meteorológicos aun cuando no modifiquen directamente su origen, magnitud o frecuencia. El proyecto Tepetate Solar no se considera un factor generador de sequías, heladas o tormentas eléctricas, ni se prevé que altere significativamente su comportamiento regional. No obstante, durante la preparación del sitio y la construcción, la remoción de cobertura, la compactación del suelo, la apertura de caminos y la concentración de escurrimientos podrían incrementar temporalmente la vulnerabilidad local ante lluvias intensas, erosión, encharcamientos o pérdida de humedad edáfica. Por ello, la compatibilidad ambiental del proyecto dependerá de conservar los escurrimientos naturales, mantener cobertura herbácea, estabilizar caminos y taludes, evitar superficies extensas desnudas y asegurar obras de drenaje y disipación adecuadas. En operación, y con estas medidas, la planta no debería incrementar de manera significativa los riesgos meteorológicos existentes en la Región Ecológica. **Conclusión**: El análisis integral del subsistema abiótico permite concluir que la Región Ecológica donde se inserta el proyecto Tepetate Solar presenta condiciones físicas favorables para el establecimiento y operación de la planta fotovoltaica. Las características climáticas, geomorfológicas, hidrológicas y atmosféricas identificadas corresponden a un paisaje rural con procesos naturales relativamente estables, en el que no se reconocen limitantes ambientales significativas que comprometan la viabilidad del proyecto, siempre que las obras se desarrollen conforme a las especificaciones técnicas y ambientales previstas. Del mismo modo, el análisis evidencia que la interacción entre el proyecto y los componentes del medio abiótico será, en términos generales, de carácter localizado y de baja magnitud. Los efectos potenciales se concentrarán principalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, asociados al movimiento de tierras, la modificación temporal de la cobertura vegetal y la generación de emisiones fugitivas de polvo; mientras que, durante la operación, la mayor parte de los procesos físicos del territorio —como la infiltración, la dinámica de los

	escurrimientos, la estabilidad del relieve y la calidad del aire— continuarán desarrollándose de manera muy similar a la condición existente, debido a que el proyecto conserva amplias superficies permeables, mantiene los patrones naturales de drenaje y no incorpora procesos industriales generadores de emisiones o descargas permanentes. En este contexto, el subsistema abiótico constituye la base física sobre la cual se desarrollan los procesos ecológicos que caracterizan la Región Ecológica y, por tanto, representa el referente para la evaluación de los impactos ambientales que se presenta en los capítulos subsecuentes. La información aquí integrada permite comprender el funcionamiento natural del territorio, identificar los factores de mayor sensibilidad ambiental y sustentar técnicamente las medidas de prevención, mitigación y manejo que garantizarán que el establecimiento y operación del proyecto sean compatibles con la conservación de los procesos físicos que mantienen la funcionalidad ambiental del sistema regional.
Socio-económico (Subsistema socio-económico)	El subsistema socioeconómico y de infraestructura de la Región Ecológica representa el conjunto de actividades humanas, formas de ocupación del territorio e infraestructura física que interactúan con los procesos naturales del sistema ambiental regional. Su caracterización tiene como propósito comprender la manera en que la población utiliza y transforma el territorio, identificar los elementos que pueden influir en la viabilidad ambiental del proyecto y reconocer aquellos componentes cuya funcionalidad pudiera verse modificada por su establecimiento y operación. En congruencia con el enfoque ecosistémico adoptado en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, el análisis se concentra en los aspectos sustantivos que guardan una relación directa con la funcionalidad territorial y con la interacción entre el proyecto y su entorno, evitando incorporar información demográfica o estadística que no resulte relevante para la evaluación ambiental. Con este propósito, el presente apartado aborda el **patrón de ocupación del territorio**, como expresión de la distribución espacial de los asentamientos humanos y de las actividades que se desarrollan en la Región Ecológica; el **uso actual del suelo y las actividades productivas**, que permiten identificar la vocación económica predominante y la forma en que el territorio ha sido aprovechado; la **tenencia de la tierra**, por su importancia en la estructura de la propiedad y en la viabilidad territorial del proyecto; la **infraestructura carretera y la accesibilidad**, como elementos que condicionan la conectividad regional y el desarrollo de las distintas etapas del proyecto; la **infraestructura eléctrica**, indispensable para la interconexión y operación de la planta fotovoltaica; la **compatibilidad territorial del proyecto**, mediante el análisis de su correspondencia con los usos predominantes y la funcionalidad de la Región Ecológica; y, finalmente, el **patrimonio cultural y los elementos de valor social**, con el fin de identificar aquellos bienes materiales e inmateriales que requieren ser considerados para garantizar su preservación. En conjunto, estos componentes permiten caracterizar la estructura y funcionamiento del subsistema socioeconómico desde una perspectiva territorial, proporcionando el contexto necesario para evaluar la interacción del proyecto Tepetate Solar con las actividades humanas y la infraestructura existente, así como para sustentar el análisis de impactos y las medidas de manejo ambiental que se desarrollan en los capítulos posteriores de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional. **Patrón de ocupación del territorio**: la Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla presentan un patrón de ocupación predominantemente rural, caracterizado por una matriz territorial dominada por superficies agrícolas de temporal, áreas de uso pecuario y asentamientos humanos dispersos. La población se concentra principalmente en la cabecera municipal y en localidades como Santa María Ajoloapan, Tlapanaloya, San Francisco Zacacalco y otras comunidades menores, comunicadas mediante carreteras estatales, caminos rurales y vías parcelarias. Entre estos núcleos de población se extienden amplias áreas productivas, con remanentes aislados de vegetación natural asociados a cauces, elevaciones y terrenos de menor aptitud agrícola. El Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar se localiza dentro de esta matriz agropecuaria y corresponde a terrenos previamente transformados por actividades agrícolas, sin asentamientos humanos permanentes ni infraestructura urbana relevante en su interior. Por ello, el proyecto no modifica la distribución de las localidades, no induce procesos de urbanización y se inserta en un territorio cuya dinámica de ocupación ya está definida por el aprovechamiento productivo del suelo. En consecuencia, su establecimiento resulta congruente con el patrón

	territorial existente, al incorporar infraestructura energética en un paisaje rural previamente intervenido, sin alterar de manera significativa la estructura funcional de la Región Ecológica. **Uso actual del suelo y actividades productivas:** La Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla presentan un uso del suelo predominantemente agropecuario, dominado por superficies de agricultura de temporal y, en menor proporción, por áreas de uso pecuario, agricultura de riego, asentamientos humanos, infraestructura y remanentes fragmentados de vegetación natural y secundaria. Esta configuración corresponde a un territorio rural históricamente transformado, en el que las actividades agrícolas y ganaderas constituyen la base de la dinámica productiva y definen la estructura del paisaje. El Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar se localiza dentro de esta matriz agropecuaria y comprende principalmente parcelas agrícolas de temporal, con presencia limitada de caminos, linderos y vegetación secundaria. El proyecto implicará el cambio funcional del uso agrícola hacia la generación de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica, sin representar un proceso de urbanización ni la sustitución de ecosistemas naturales continuos. Debido a que conservará amplias superficies permeables y requerirá una ocupación humana reducida durante su operación, no se prevé una alteración significativa de la estructura regional de usos del suelo. En este contexto, la incorporación del proyecto representa una diversificación del aprovechamiento productivo del territorio, al introducir una actividad energética dentro de un paisaje rural previamente intervenido. Su compatibilidad dependerá del mantenimiento de los caminos y escurrimientos, del control de la erosión, el polvo y el tránsito, y de la prevención de afectaciones a las parcelas y actividades productivas colindantes. **Infraestructura carretera y accesibilidad**: La Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla disponen de una red de infraestructura carretera bien desarrollada, integrada por carreteras federales y estatales, caminos rurales y caminos parcelarios que garantizan la conectividad entre las localidades, las áreas agrícolas y los municipios vecinos. Esta red responde al carácter predominantemente agropecuario del territorio y facilita el transporte de personas, productos, insumos y servicios, constituyendo un elemento fundamental para el funcionamiento de las actividades productivas regionales. El Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar cuenta con accesibilidad adecuada mediante la infraestructura vial existente, enlazándose con caminos rurales y parcelarios que actualmente son utilizados para las labores agrícolas. Durante la construcción únicamente serán necesarias adecuaciones puntuales a algunos accesos para permitir el tránsito de maquinaria y equipos, mientras que durante la operación el flujo vehicular será reducido y estará asociado principalmente a actividades de mantenimiento, vigilancia y atención de contingencias, sin generar incrementos significativos en la circulación regional. En conjunto, la infraestructura carretera existente proporciona las condiciones logísticas necesarias para el desarrollo del proyecto, evitando la construcción de nuevas vialidades regionales y reduciendo la generación de impactos ambientales adicionales. Por ello, la conectividad vial de la Región Ecológica constituye un factor favorable para la viabilidad territorial y operativa del proyecto Tepetate Solar. **Infraestructura eléctrica:** La Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla disponen de una infraestructura eléctrica consolidada, integrada por redes de distribución, líneas de media y baja tensión, subestaciones e instalaciones operadas por la Comisión Federal de Electricidad, que abastecen a los centros de población y a las actividades agropecuarias y de servicios. Esta infraestructura se distribuye principalmente a lo largo de las principales vías de comunicación y proporciona una adecuada integración con el Sistema Eléctrico Nacional. El Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar se localiza en una zona con condiciones favorables para la interconexión eléctrica, razón por la cual el proyecto incorpora una red interna de media tensión, centros de transformación, una subestación elevadora y una línea de interconexión que permitirán incorporar la energía generada a la Red Nacional de Transmisión. La selección del sitio responde, entre otros factores, a la disponibilidad de esta infraestructura estratégica y a la factibilidad técnica de evacuar la energía producida. En conjunto, la infraestructura eléctrica existente constituye un factor que favorece la viabilidad territorial y operativa del proyecto, al permitir su integración al Sistema Eléctrico Nacional sin requerir modificaciones sustanciales a la red regional. Asimismo, la incorporación de la planta

	fotovoltaica contribuirá a fortalecer la generación de energía renovable y a apoyar los objetivos nacionales de transición energética, aprovechando infraestructura previamente establecida y minimizando la ocupación adicional del territorio. **Compatibilidad territorial:** La Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla presentan condiciones territoriales favorables para el establecimiento del proyecto Tepetate Solar, al tratarse de un territorio predominantemente rural cuya matriz de uso del suelo está dominada por actividades agropecuarias y cuenta con infraestructura carretera y eléctrica suficiente para soportar el desarrollo de nuevas actividades productivas. La transformación histórica del paisaje y la disponibilidad de servicios e infraestructura permiten incorporar el proyecto sin modificar de manera significativa la organización territorial existente. El Área de Establecimiento del Proyecto se localiza sobre terrenos agrícolas previamente intervenidos, con accesibilidad adecuada, infraestructura eléctrica para su interconexión y características físicas que favorecen la instalación de la planta fotovoltaica. El proyecto sustituirá un uso agrícola por uno de generación de energía renovable, sin inducir procesos de urbanización, incrementos importantes en la demanda de servicios públicos ni alteraciones sustanciales en el funcionamiento territorial de la región. En conjunto, el análisis demuestra que el proyecto mantiene una alta compatibilidad territorial, tanto por su congruencia con los usos predominantes del suelo y la infraestructura existente, como por su consistencia con los instrumentos de ordenamiento territorial y la política nacional de transición energética. La aplicación de las medidas de prevención, mitigación y seguimiento ambiental permitirá conservar dicha compatibilidad durante las etapas de construcción, operación y eventual abandono del proyecto. **Patrimonio cultural y elementos de valor social:** La Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla poseen un patrimonio cultural integrado por templos, capillas, espacios públicos, festividades religiosas, tradiciones comunitarias y otros elementos históricos y sociales que se concentran principalmente en los centros de población. Estas manifestaciones reflejan la identidad histórica del territorio y constituyen parte importante de la memoria y cohesión social de las comunidades locales. El Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a terrenos agrícolas previamente transformados, donde no se identifican monumentos históricos, inmuebles catalogados, sitios arqueológicos registrados, espacios ceremoniales o elementos de valor social susceptibles de afectación directa. No obstante, debido a la ocupación histórica de la región, durante la construcción se aplicará el procedimiento de atención a hallazgos arqueológicos fortuitos, conforme a la legislación vigente y bajo la supervisión del Instituto Nacional de Antropología e Historia. En conjunto, el análisis demuestra que el proyecto Tepetate Solar mantiene una alta compatibilidad con el patrimonio cultural y los elementos de valor social de la región, ya que su ubicación evita la intervención sobre bienes culturales y actividades comunitarias, mientras que la implementación de medidas preventivas garantiza la protección de cualquier vestigio arqueológico que eventualmente pudiera localizarse durante el desarrollo de las obras.
Paisaje: (Factor ambiental integrador)	El paisaje constituye un factor ambiental integrador que refleja la organización espacial y funcional de los componentes naturales, seminaturales y antrópicos que conforman un territorio. Su análisis permite comprender cómo interactúan la cobertura vegetal, los hábitats, la infraestructura y los usos del suelo, proporcionando una visión integral de la estructura ecológica y del funcionamiento del territorio. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, el paisaje corresponde a un mosaico dominado por una matriz agropecuaria, dentro de la cual persisten remanentes de vegetación natural y secundaria, árboles aislados, linderos, cauces temporales y otros elementos que mantienen la conectividad ecológica, la biodiversidad y diversos procesos ecosistémicos. Por ello, la caracterización del paisaje constituye un elemento fundamental de la línea base ambiental, al permitir identificar los componentes de mayor valor ecológico y establecer el contexto territorial donde se desarrollará el proyecto (Forman & Godron, 1986)[25]; (Turner et al., 2001)[26]. Para su evaluación se consideran siete componentes básicos: **(**1) la matriz paisajística, que corresponde a la cobertura dominante del territorio; (2) los parches de vegetación natural y secundaria; (3) los corredores y elementos lineales que favorecen la conectividad; (4) los bordes y zonas de transición entre diferentes coberturas; **(**5) los nodos y elementos naturales aislados, que funcionan como refugios o sitios de enlace; (6) las barreras e infraestructura fragmentante, que limitan la continuidad ecológica; y (7) la configuración y funcionalidad general del mosaico, resultado de la interacción espacial de todos los componentes anteriores. El análisis conjunto de estos elementos proporciona la base técnica

	para evaluar los efectos del proyecto sobre la estructura, la conectividad y la funcionalidad ecológica del paisaje, así como para definir las medidas orientadas a conservar su integridad ambiental. **Matriz agropecuaria dominante** La **matriz agropecuaria dominante** constituye la cobertura territorial predominante de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto, sobre la cual se distribuyen e interrelacionan los restantes componentes del paisaje. Está integrada principalmente por parcelas de agricultura de temporal y áreas de aprovechamiento pecuario, resultado de un prolongado proceso de transformación del matorral crasicaule original. No obstante, esta matriz conserva una elevada heterogeneidad espacial debido a la presencia de árboles dispersos, nopaleras, magueyales, arbustos, linderos vegetados y pequeños remanentes de vegetación natural y secundaria, que incrementan la complejidad estructural del paisaje y mantienen procesos ecológicos como la conectividad, la polinización, la dispersión de semillas y el desplazamiento de la fauna. En el Área de Establecimiento del Proyecto predominan los terrenos agrícolas de temporal, alternados con áreas de barbecho y vegetación herbácea estacional. Las evidencias obtenidas durante los recorridos de campo y las imágenes aéreas muestran que el paisaje corresponde a un **mosaico agropecuario diversificado**, y no a una superficie agrícola homogénea, lo que favorece la permanencia de diversos elementos naturales de importancia ecológica. En este contexto, el establecimiento del proyecto fotovoltaico se desarrollará sobre un territorio previamente transformado por actividades agropecuarias, por lo que la conservación de los elementos naturales dispersos contribuirá a mantener la funcionalidad ecológica y la conectividad del paisaje. **Corredores y elementos lineales** Los corredores y elementos lineales son componentes fundamentales del paisaje porque mantienen la conectividad ecológica entre los parches de vegetación y favorecen el desplazamiento de la fauna, la dispersión de semillas, el intercambio genético y otros procesos ecológicos esenciales. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, estos corredores están representados principalmente por linderos vegetados, alineaciones de árboles, nopaleras, magueyales, cercas vivas, cauces temporales y franjas de vegetación secundaria, los cuales conforman una red funcional que incrementa la permeabilidad del paisaje dentro de la matriz agropecuaria dominante. En el Área de Establecimiento del Proyecto, los recorridos de campo y las imágenes aéreas muestran que estos elementos lineales enlazan los diferentes parches de vegetación natural y secundaria, manteniendo una conectividad funcional moderada que favorece la conservación de la biodiversidad. Debido a su importancia ecológica, se recomienda conservar, en la medida de lo técnicamente viable, los linderos vegetados, alineaciones de magueyes, árboles y demás corredores existentes, con el propósito de preservar la continuidad del paisaje y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos regionales. **Resumen. Bordes y zonas de transición** Los bordes y zonas de transición son las áreas donde entran en contacto la matriz agropecuaria y los diferentes elementos naturales del paisaje, como parches de vegetación, lomeríos, cauces temporales y vegetación secundaria. Estas franjas de transición presentan cambios graduales en la composición y estructura de la vegetación, generando condiciones ambientales que favorecen una mayor diversidad biológica y el intercambio de organismos entre los distintos hábitats. En la Región Ecológica y en el Área de Establecimiento del Proyecto, los bordes se distribuyen ampliamente debido a la alternancia entre parcelas agrícolas y remanentes de vegetación natural. Estos ecotonos incrementan la heterogeneidad del paisaje, favorecen la conectividad funcional, proporcionan refugio y recursos para la fauna silvestre y contribuyen al mantenimiento de procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la polinización y el desplazamiento de organismos. Por ello, la conservación de los bordes vegetados y de las zonas de transición constituye una medida relevante para preservar la funcionalidad ecológica del paisaje durante el establecimiento y operación del proyecto Tepetate Solar. **Nodos y elementos naturales aislados**

	Los **nodos y elementos naturales aislados** corresponden a árboles dispersos, agrupaciones de nopales, magueyes y otros elementos de vegetación que, aunque ocupan superficies reducidas dentro de la matriz agropecuaria, desempeñan un papel fundamental en la organización y funcionalidad del paisaje. Estos componentes concentran recursos ecológicos, proporcionan refugio, alimento y sitios de reproducción para la fauna silvestre, además de favorecer la dispersión de semillas, el movimiento de polinizadores y la conectividad entre los diferentes parches de vegetación. En la Región Ecológica y en el Área de Establecimiento del Proyecto, los recorridos de campo permitieron identificar numerosos árboles aislados y agrupaciones de vegetación nativa que funcionan como puntos estratégicos de conexión entre corredores ecológicos y remanentes de vegetación natural. Las imágenes terrestres y aéreas muestran que estos nodos forman una red funcional que incrementa la heterogeneidad del paisaje y reduce el aislamiento entre hábitats. Debido a su elevada importancia ecológica y a la reducida superficie que ocupan, su conservación durante el establecimiento y operación del proyecto contribuirá a mantener la conectividad del paisaje, la biodiversidad y los procesos ecológicos que caracterizan a la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar. **Barreras e infraestructura fragmentante** Las **barreras e infraestructura fragmentante** corresponden a los elementos del paisaje que interrumpen o modifican la continuidad espacial de los hábitats y pueden afectar la conectividad ecológica entre los distintos componentes del mosaico territorial. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, las principales barreras están representadas por la **Autopista Arco Norte**, la **carretera estatal 787**, la red de caminos rurales y, en menor medida, las líneas de transmisión eléctrica y otras obras de infraestructura. Aunque estas estructuras generan fragmentación física del territorio, sus efectos varían de acuerdo con sus características y con la capacidad de desplazamiento de las especies presentes. Las imágenes aéreas y los recorridos de campo muestran que, a pesar de la presencia de esta infraestructura, la Región Ecológica conserva una **conectividad funcional moderada**, sustentada por la permanencia de corredores vegetados, árboles aislados, linderos, nopaleras y parches de vegetación natural y secundaria que enlazan diferentes sectores del paisaje. En este contexto, el diseño y establecimiento del proyecto deberán orientarse a conservar estos elementos y evitar la generación de nuevas barreras innecesarias, favoreciendo la continuidad ecológica del territorio y el mantenimiento de los procesos biológicos que caracterizan al paisaje regional. **Resumen. Configuración y funcionalidad general del mosaico** La configuración y funcionalidad del mosaico paisajístico representan la integración espacial de la matriz agropecuaria, los parches de vegetación natural y secundaria, los corredores ecológicos, los bordes, los nodos naturales y la infraestructura existente, cuya interacción determina la conectividad y el funcionamiento ecológico del territorio. En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar predomina un mosaico agropecuario heterogéneo, donde la actividad agrícola coexiste con numerosos elementos naturales que favorecen el desplazamiento de la fauna, la dispersión de semillas, la polinización y otros procesos ecosistémicos esenciales. El análisis conjunto de los componentes del paisaje muestra que, a pesar de la fragmentación ocasionada por la infraestructura vial y otras obras existentes, el territorio conserva una conectividad funcional moderada gracias a la permanencia de corredores vegetados, árboles aislados, linderos y remanentes de vegetación natural. Esta configuración proporciona un nivel intermedio de integridad paisajística y constituye la base para orientar el diseño del proyecto hacia la conservación de los elementos estructurales que mantienen la funcionalidad ecológica y la resiliencia del paisaje regional. **Diagnóstico de la integridad funcional del paisaje y capacidad de soporte ecológico** El análisis desarrollado en los apartados precedentes permitió caracterizar la estructura, organización espacial y funcionamiento del paisaje de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto mediante el estudio integrado de la matriz agropecuaria dominante, los parches de vegetación natural y secundaria, los corredores y elementos lineales, los bordes y zonas de transición, los nodos y elementos naturales aislados, las barreras e infraestructura fragmentante, así como de la configuración y funcionalidad general del mosaico paisajístico.

	En conjunto, estos siete componentes proporcionan una visión sistémica del paisaje y permiten evaluar no sólo su composición estructural, sino también los procesos ecológicos que mantienen su funcionamiento y la capacidad del territorio para conservar dichos procesos en el tiempo (Forman & Godron, 1986; Turner et al., 2001). Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, el territorio donde se establecerá el proyecto Tepetate Solar no corresponde a un ecosistema natural continuo ni a un paisaje agrícola intensivamente simplificado, sino a un **mosaico agropecuario heterogéneo**, producto de una transformación histórica del territorio que ha permitido la permanencia de numerosos elementos naturales dispersos. La coexistencia de parcelas agrícolas, linderos vegetados, árboles aislados, nopaleras, magueyales, cauces temporales, afloramientos rocosos y remanentes de vegetación secundaria conforma una estructura espacial compleja que mantiene procesos ecológicos esenciales, entre ellos la conectividad funcional, el desplazamiento de fauna, la dispersión de semillas, la polinización, el intercambio genético y la regulación de diversos procesos ecosistémicos. Esta condición explica que, a pesar de la fragmentación física generada por la infraestructura vial regional y por la transformación histórica del uso del suelo, la Región Ecológica conserve una **integridad funcional de nivel intermedio**, entendida como la capacidad del sistema ambiental para mantener la organización espacial de sus componentes y la continuidad de los procesos ecológicos que caracterizan al paisaje. La existencia de corredores ecológicos, nodos naturales y zonas de transición permite reducir el aislamiento entre los remanentes de vegetación y mantener una conectividad funcional suficiente para numerosas especies de flora y fauna adaptadas al paisaje rural del Altiplano Central Mexicano (Taylor et al., 1993; Saura et al., 2014). Esta interpretación resulta congruente con el criterio previsto en la fracción II del artículo 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que establece que, durante la evaluación de una Manifestación de Impacto Ambiental, la Secretaría deberá considerar: ***"...la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos..."*** Para efectos del presente estudio, el concepto reglamentario de integridad funcional se entiende como la capacidad del sistema ambiental para conservar la organización espacial de sus componentes y mantener, en el largo plazo, los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento del paisaje. Por su parte, la referencia reglamentaria a las capacidades de carga de los ecosistemas se interpreta conforme al conocimiento ecológico contemporáneo como la capacidad del sistema ambiental para absorber perturbaciones, mantener su resiliencia, conservar su capacidad de soporte ecológico y continuar proporcionando servicios ecosistémicos sin experimentar una pérdida significativa de su estructura ni de sus funciones esenciales (Odum & Barrett, 2005, *op. Cit.*); (Chapin et al., 2011, *op. Cit.*); (Wu, 2013, *op. Cit.*). Bajo esta perspectiva, los resultados obtenidos en el diagnóstico paisajístico permiten concluir que el establecimiento del proyecto se desarrollará sobre una matriz agropecuaria previamente transformada por actividades productivas de larga duración, cuya funcionalidad ecológica depende, en gran medida, de la permanencia de los elementos naturales que incrementan la heterogeneidad espacial del territorio. En consecuencia, la conservación de corredores vegetados, árboles aislados, parches de vegetación secundaria, linderos, cauces temporales y demás componentes estructurales del paisaje constituye el principal mecanismo para preservar la integridad funcional del sistema ambiental regional durante el desarrollo del proyecto. Asimismo, el análisis efectuado demuestra que la capacidad del paisaje para mantener sus procesos ecológicos no depende exclusivamente de la superficie ocupada por la vegetación natural, sino de la forma en que ésta se encuentra distribuida e interconectada dentro de la matriz agropecuaria. Por ello, las medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental se orientan a conservar dicha configuración espacial, minimizando la fragmentación adicional del territorio y favoreciendo la continuidad funcional de los principales elementos ecológicos identificados durante la caracterización de la línea base.

Diagnóstico de la integridad funcional del paisaje y de la capacidad de soporte ecológico

Atributo funcional del paisaje	Diagnóstico de la Región Ecológica	Implicación para el proyecto Tepetate Solar
Matriz dominante	Agropecuaria temporal y pastizales	El proyecto se inserta en un paisaje previamente transformado.
Heterogeneidad espacial	Alta	Favorece la diversidad de hábitats y procesos ecológicos.
Parches de vegetación	Distribución dispersa	Constituyen núcleos prioritarios para su conservación.
Corredores ecológicos	Moderadamente desarrollados	Mantienen la conectividad funcional del territorio.
Nodos naturales	Frecuentes	Funcionan como refugios y puntos de conexión ecológica.
Fragmentación estructural	Moderada	Asociada principalmente a la infraestructura vial regional.
Conectividad funcional	Moderadamente conservada	Permite el desplazamiento de fauna y el mantenimiento de procesos ecológicos.
Integridad funcional	Intermedia	Compatible con el establecimiento del proyecto bajo medidas de manejo.
Capacidad de soporte ecol.	Intermedia	Puede mantenerse con la conservación de los elementos estructurales
Resiliencia ecológica	Moderada	Favorece la recuperación del sistema ante perturbaciones controladas.
Diagnóstico general	Paisaje agropecuario heterogéneo funcional	El proyecto puede integrarse preservando la funcionalidad ecológica mediante las medidas ambientales propuestas.

En este contexto, el proyecto Tepetate Solar se inserta en un sistema ambiental cuya organización espacial mantiene una funcionalidad ecológica compatible con el uso agropecuario predominante, siempre que durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se preserven los componentes estructurales que sustentan dicha funcionalidad. La aplicación de las medidas de manejo ambiental previstas permitirá que el aprovechamiento del territorio ocurra sin comprometer la integridad funcional del paisaje ni reducir de manera significativa la capacidad del sistema ambiental para conservar los procesos ecológicos que lo caracterizan.

En consecuencia, el diagnóstico integral del paisaje permite concluir que la Región Ecológica presenta una **integridad funcional intermedia**, una **fragmentación estructural moderada**, una **conectividad funcional moderadamente conservada**, una **capacidad de soporte ecológico suficiente** y una **resiliencia compatible con el uso agropecuario histórico del territorio**. Estas condiciones constituyen el referente técnico para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto y para valorar, en apartado correspondiente de estaMIAR, la magnitud y significancia de las modificaciones que el establecimiento de la planta fotovoltaica pudiera generar sobre la estructura y funcionamiento del paisaje.

[9] Incluir análisis comparativo del uso de suelo y vegetación existente en el AP, identificado y confirmado en campo, respecto a lo establecido en la cartografía del INEGI.

Diagnóstico ambiental

(Condición ambiental actual de la Región Ecológica delimitada e indicar el grado de conservación o deterioro de esta)

La región ecológica se caracteriza por un paisaje en el que predominan los usos agropecuarios, particularmente la **agricultura de temporal anual**, lo que evidencia una transformación significativa de la cobertura vegetal original como resultado de las actividades productivas desarrolladas históricamente en la zona. Esta condición ha modificado la estructura del paisaje y reducido la extensión de las comunidades vegetales naturales.

Los remanentes de vegetación natural corresponden principalmente a **vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule**, comunidad característica de las zonas semiáridas del centro y norte de México, integrada por especies adaptadas a condiciones de escasa disponibilidad de agua. A pesar de su condición

secundaria, esta vegetación conserva funciones ecológicas relevantes, entre ellas la protección del suelo frente a procesos erosivos, la regulación del microclima, el favorecimiento de la infiltración de agua y la provisión de refugio y alimento para diversas especies de fauna silvestre.

En conjunto, la distribución actual de los usos del suelo y la vegetación refleja un paisaje con predominio de áreas transformadas y una presencia limitada de vegetación forestal, lo que se traduce en una disminución de la continuidad de los hábitats naturales y de la conectividad ecológica. Las principales presiones que han condicionado esta situación corresponden a la expansión de la agricultura de temporal y a la fragmentación de los remanentes de matorral crasicaule.

No obstante, la permanencia de estos remanentes representa un elemento de importancia para la conservación de la biodiversidad regional y para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos asociados a este tipo de vegetación, contribuyendo a conservar parte de la funcionalidad ecológica del paisaje.

Con base en lo anterior, la región ecológica presenta un grado de conservación medio-bajo y un grado de deterioro moderado-alto, siendo la agricultura de temporal anual el principal factor de transformación de la cobertura vegetal y del paisaje regional.

Problemáticas ambientales en la Región o Regiones Ecológicas

La región ecológica presenta problemáticas ambientales derivadas principalmente de actividades agropecuarias y modificación histórica del uso del suelo, las cuales han influido en la reducción y fragmentación de la vegetación natural. El predominio de agricultura de temporal anual indica una transformación significativa del paisaje original, limitando la continuidad ecológica y reduciendo la disponibilidad de hábitats naturales.

Las principales problemáticas identificadas son:
1. Cambio de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal: La expansión de áreas destinadas a agricultura de temporal ha favorecido la sustitución de vegetación natural, particularmente del matorral crasicaule, generando disminución de la cobertura original y modificación de procesos ecológicos.
2. Fragmentación del matorral crasicaule: Los remanentes de matorral crasicaule se presentan de forma dispersa y fragmentada, reduciendo la conectividad ecológica y afectando potencialmente especies asociadas a ambientes semiáridos.
3. Degradación y erosión del suelo: Las actividades agrícolas continuas pueden favorecer procesos de compactación, pérdida de fertilidad y erosión, especialmente en áreas con cobertura vegetal reducida o manejo inadecuado del suelo.
4. Disminución de biodiversidad: La reducción de vegetación natural y predominio de sistemas agrícolas disminuyen la disponibilidad de refugio, alimentación y reproducción para fauna silvestre, ocasionando simplificación de comunidades biológicas.
5. Alteración del régimen hidrológico local: La transformación del paisaje puede modificar procesos de infiltración, escorrentía superficial y retención de humedad, afectando el funcionamiento hidrológico regional.
6. Presión por actividades antrópicas: El crecimiento poblacional, apertura de caminos, expansión agrícola y actividades pecuarias generan presión adicional sobre los ecosistemas remanentes.
7. Presencia de vegetación secundaria o ecosistemas alterados: La existencia de pastizal inducido, aunque reducida, refleja procesos previos de perturbación o transformación de la vegetación original.

Reporte general de incidencias del proyecto y su AI

Incidencia	Elemento del proyecto que incide	Superficie de incidencia (ha)	% de incidencia respecto de ls superficie total del proyecto
Uso de suelo y vegetación			
Agricultura de temporal anual	AeP poligonal vallado-DDV LT	219.1869	100
Áreas de importancia ambiental[10/]			
Áreas Naturales Protegidas (ANP)		0.0000	0.00

Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)	La evaluación espacial realizada con información cartográfica oficial de CONANP, CONABIO, INEGI y SEMARNAT permitió determinar que el proyecto no interseca ni colinda con áreas prioritarias para conservación		
Sitios Ramsar			
Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)			
Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)			
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)			
Regiones Marinas Prioritarias (RMP)			
Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA)			
Corredores biológicos			
Humedales			
Manglares			
Reservas estatales o municipales			
Corrientes y cuerpos de agua			
Corriente de agua (Intermitente) De acuerdo con la Red Hidrográfica de la carta de INEGI	AeP poligonal vallado	0.1403	0.06
	DDV LT	0.0044	0.002
Si bien la consulta de la cartografía temática y de las bases de datos oficiales constituye un referente para la caracterización hidrológica regional, la verificación en campo confirmó la ausencia de corrientes y cuerpos de agua dentro del polígono del proyecto, por lo que no se prevén afectaciones directas a estos elementos durante la ejecución del mismo.			
Ecosistemas relevantes			
Ecosistemas relevantes	El proyecto no presenta incidencia sobre ecosistemas relevantes o prioritarios para conservación, debido a que el área de influencia no corresponde a ecosistemas con reconocimiento especial por biodiversidad o funciones ecológicas estratégicas.	0.0000	0.00
Otro (especificar)			
10/ ANP, ADVC. Sitio Ramsar, humedal, mangler, área de importancia para la conservación de las aves, regiones prioritarias, unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, entre otras. Agregar las filas que sean necesarias.			

Bibliografía consultada:

[1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000. Serie VII / Instituto Nacional de Estadística y Geografía - México: 268 p.

[2] Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. T. (2013). ***Evaluación de impacto ambiental***. Mundi-Prensa.

[3] QGIS Development Team. (2026). ***QGIS Geographic Information System: QGIS 3.44 documentation***. Open Source Geospatial Foundation.

[4] Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). ***Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*** (2nd ed.). Academic Press.

[5] Rzedowski, J. (2006). ***Vegetación de México*** (1.ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf

[6] Villarreal-Quintanilla, J. Á., Encina-Domínguez, J. A., Estrada-Castillón, E., & Jurado-Ybarra, E. (2017). ***Las plantas del desierto chihuahuense***. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

[7] Terradas, J. (2001). ***Ecología de la vegetación: De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes***. Ediciones Omega.

[8] FAO, 2020. ***Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report***. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). FAO. https://doi.org/10.4060/ca9825en

[9] Nobel, P. S. (2002). ***Cacti: Biology and Uses***. University of California Press.

[10] Grime, J. P. (2001). ***Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties***

[11] Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. ***Oikos, 68***(3), 571-573. https://doi.org/10.2307/3544927

[12] Tischendorf, L., & Fahrig, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. ***Oikos, 90***(1), 7-19. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x

[13] Burel, F., & Baudry, J. (2005). ***Landscape Ecology: Concepts, Methods and Applications***. Science Publishers.

[14] Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.

[15] Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (2nd ed.). Springer.

[16] MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis* Millennium Ecosystem Assessment. Island Press.

[17] 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.

[18] Challenger, A., & Soberón, J. (2008). ***Los ecosistemas terrestres***. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.), ***Capital natural de México***, Vol. I. CONABIO.

[19] Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. ***Annual Review of Ecology and Systematics, 4***, 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

[20] Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2011). ***Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*** (2nd ed.). Springer.

[21] IPCC. 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023).. IPCC.

[22] CONAGUA, 202. Resultados de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA Comisión Nacional del Agua. (2025).*)*. Gobierno de México.

[23] CNDH (s.f.). *Recomendación No. 159/2024 sobre violaciones a los derechos humanos relacionadas con la contaminación de la Presa Endhó y el río Tula*. Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

[24] CONAGUA, (2024). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán - Pachuca (1508), Estado de México. Comisión Nacional del Agua. México.

[25] Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). ***Landscape Ecology***. John Wiley & Sons.

[26] Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). ***Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process***. Springer.

260728

CAPÍTULO IV

APARTADO IV.1: IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Indicar la metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos y residuales del proyecto

Con el propósito de atender los criterios de integración establecidos en la Nueva Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental, emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el presente subcapítulo se estructura mediante dos documentos complementarios que, de manera conjunta, integran el análisis de identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar.

El primero de ellos corresponde al “Documento Maestro del Subcapítulo IV.1”, el cual concentra, en un formato sintético y de consulta ágil, la información esencial recomendada por la Guía, incorporando además elementos metodológicos adicionales que amplían su alcance y fortalecen la claridad, consistencia y trazabilidad del proceso de evaluación. Su contenido permite identificar de manera ordenada las acciones del proyecto, los factores ambientales involucrados, los impactos identificados, su caracterización y los resultados de la evaluación realizada.

Como complemento, se integra el “Anexo Técnico IV”, en el cual se desarrollan ampliamente los fundamentos técnicos, metodológicos y documentales que sustentan cada uno de los aspectos resumidos en el Documento Maestro. Este anexo incorpora la descripción detallada de los procedimientos empleados, las matrices de evaluación, tablas de resultados, figuras, cartografía temática, diagramas, registros fotográficos, apéndices y demás elementos de apoyo que respaldan las conclusiones alcanzadas.

Esta forma de integración responde al criterio de presentar una manifestación de impacto ambiental técnicamente robusta y plenamente verificable, privilegiando la claridad, la sistematización y la economía expositiva. De esta manera, el Documento Maestro constituye el eje principal de consulta y análisis, mientras que el Anexo Técnico proporciona el nivel de detalle necesario para sustentar cada una de las determinaciones adoptadas, facilitando al personal evaluador de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) la revisión integral del expediente, sin incorporar desarrollos textuales redundantes dentro del cuerpo principal de la manifestación.

Capítulo IV

La Metodología empleada para la identificación, análisis y evaluación de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales se describe en el Apéndice IV.1, en el cual se desarrolla el marco metodológico que sustenta la evaluación ambiental del proyecto fotovoltaico Tepetate Solar, dentro de su Manifestación de Impacto Ambiental modalidad regional (MIA-R). El texto parte de una revisión histórica y conceptual de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), explicando cómo las metodologías han evolucionado desde herramientas descriptivas simples —como listas de verificación y superposición cartográfica— hacia esquemas integrados de análisis multicriterio capaces de valorar la significancia ambiental de los impactos.

El documento reconoce como antecedentes metodológicos relevantes los trabajos de Ian McHarg sobre planificación ecológica territorial, la matriz de Leopold, las redes causa-efecto, el sistema Battelle-Columbus, los métodos multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). A partir de esta evolución, se justifica la adopción de la metodología propuesta por Domingo Gómez Orea, considerada adecuada por integrar en un solo esquema la identificación, caracterización, valoración y seguimiento de impactos ambientales.

El texto enfatiza que la sola identificación de alteraciones ambientales no es suficiente para determinar la relevancia de un proyecto, pues prácticamente toda actividad humana genera modificaciones en el entorno. Por ello, la evaluación debe concentrarse en determinar cuáles impactos poseen verdadera significancia ambiental, considerando atributos como magnitud, extensión, persistencia, reversibilidad, acumulación, sinergia y vulnerabilidad del medio receptor. En este contexto, el documento realiza además una interpretación crítica del concepto jurídico de “impacto ambiental significativo” contenido en el artículo 3°, fracción IX, del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, señalando que su redacción es amplia y requiere complementarse con criterios técnicos objetivos para evitar sobreestimaciones o interpretaciones ambiguas.

Metodológicamente, la propuesta se estructura en tres grandes etapas: identificación, caracterización y evaluación de impactos ambientales. La identificación se desarrolla mediante la construcción de árboles jerarquizados de acciones del proyecto y de factores ambientales. Las acciones del proyecto se organizan por etapas, componentes y acciones concretas; mientras que el ambiente se desagrega en subsistemas, medios, factores y subfactores ambientales. Posteriormente, ambas estructuras se relacionan a través de una matriz de interacciones acción-subfactor, cuyo propósito es detectar relaciones causa-efecto potenciales entre el proyecto y el entorno ambiental.

Debido al elevado número de acciones e interacciones posibles, la metodología incorpora procesos de cribado para depurar únicamente aquellas acciones y subfactores considerados relevantes, excluyentes, localizables, identificables y

medibles. Asimismo, se aclara que no toda interacción equivale necesariamente a un impacto independiente; por ello, se aplica un procedimiento de agrupamiento y síntesis para consolidar interacciones similares dentro de impactos ambientales únicos y evitar duplicidades analíticas.

La etapa de caracterización contempla dos ejercicios complementarios. El primero consiste en verificar si los impactos cumplen con los supuestos jurídicos que definen el concepto reglamentario de impacto ambiental significativo. El segundo, basado en Gómez Orea y adaptaciones metodológicas específicas para la MIA-R, determina la incidencia de cada impacto mediante atributos cualitativos y cuantitativos tales como inmediatez, acumulación, sinergia, persistencia, reversibilidad, residualidad, periodicidad, continuidad, conflicto y extensión territorial. Cada atributo recibe valores estandarizados que permiten calcular un Índice de Incidencia Estandarizado, utilizado para clasificar los impactos como despreciables, no significativos o destacables.

El documento también desarrolla el análisis de impactos residuales y acumulativos. Los impactos residuales se definen como aquellos que persisten aun después de aplicar medidas de mitigación, mientras que los acumulativos derivan de la interacción temporal y espacial entre impactos presentes, pasados o previsibles dentro de la Región Ecológica evaluada. Finalmente, la metodología concluye con la descripción detallada de los impactos ambientales destacables y la formulación de criterios técnicos para orientar medidas de prevención, mitigación, compensación y seguimiento ambiental.

En síntesis, el documento plantea una metodología integral, sistemática y trazable que busca asegurar que la evaluación ambiental del proyecto Tepetate Solar no dependa únicamente de apreciaciones subjetivas, sino de un procedimiento técnico multicriterio sustentado en atributos verificables del impacto y en la sensibilidad ambiental del sistema receptor, en congruencia con las tendencias contemporáneas de la evaluación de impacto ambiental y con el marco jurídico mexicano aplicable.

Obras y actividades en la REcol: La configuración ambiental que actualmente presenta el municipio de Hueypoxtla es el resultado de un proceso continuo de transformación territorial derivado del establecimiento y desarrollo de diversas actividades productivas y de infraestructura a lo largo de varias décadas. Entre los principales agentes de cambio destacan la expansión de la red carretera federal, estatal y municipal, la construcción y operación de infraestructura eléctrica, el aprovechamiento agrícola y pecuario del territorio, el crecimiento de los centros de población y, de manera localizada, la extracción de materiales pétreos. Cada una de estas actividades ha ejercido presiones específicas sobre el medio físico, biótico y socioeconómico; sin embargo, sus efectos no actúan de forma aislada, sino que se superponen y

acumulan en el espacio y el tiempo, modificando progresivamente la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas que caracterizan al municipio.

En este contexto, el paisaje actual de Hueypoxtla corresponde a un territorio ampliamente intervenido, donde la mayor parte de la superficie ha sido incorporada a actividades agropecuarias o se encuentra ocupada por infraestructura de comunicación, instalaciones para la transmisión y distribución de energía eléctrica, asentamientos humanos y otras obras de apoyo al desarrollo regional. Estas transformaciones han propiciado cambios en la cobertura vegetal original, en la dinámica hidrológica superficial, en las propiedades físicas del suelo, en la conectividad ecológica y en la disponibilidad de hábitats para la fauna silvestre, generando un mosaico territorial con distintos grados de modificación ambiental.

La presencia de carreteras y caminos ha favorecido la integración económica y social del municipio, pero también ha incrementado la fragmentación del territorio y la alteración de procesos ecológicos asociados a la movilidad de la fauna, la infiltración del agua y la estabilidad de los suelos. De forma similar, la infraestructura eléctrica regional, integrada por líneas de transmisión y subestaciones, constituye un elemento estratégico para el desarrollo energético del centro del país, aunque su establecimiento ha requerido la apertura y mantenimiento de corredores de infraestructura que modifican localmente la vegetación, el paisaje y algunos procesos ecológicos.

Por su parte, la agricultura y la ganadería representan históricamente las actividades de mayor influencia sobre la transformación del territorio municipal, debido a la sustitución de comunidades vegetales naturales por superficies destinadas a cultivos y pastizales, así como al manejo continuo del suelo y del recurso hídrico. Estas actividades han definido la vocación productiva predominante del municipio y explican buena parte de la estructura actual del paisaje rural. A ello se suma el crecimiento gradual de las localidades urbanas, el cual ha incrementado la demanda de infraestructura, servicios y equipamiento, favoreciendo la expansión de las áreas urbanizadas y la generación de nuevas presiones ambientales. Finalmente, la explotación de materiales pétreos, aunque espacialmente más limitada, ha ocasionado modificaciones significativas del relieve, del paisaje y de las características físicas del terreno en los sitios donde esta actividad se desarrolla.

En consecuencia, el estado ambiental que actualmente caracteriza al municipio de Hueypoxtla debe entenderse como el resultado de la interacción acumulativa de múltiples procesos de transformación territorial, cuyos efectos se han manifestado de manera gradual y diferenciada sobre los distintos componentes ambientales. Este contexto constituye la

línea base sobre la cual deberá evaluarse la incidencia del proyecto, permitiendo distinguir entre las condiciones ambientales preexistentes y los impactos potencialmente atribuibles a su establecimiento, operación y mantenimiento.

Derivado del análisis integral de las actividades existentes y de sus efectos acumulativos, los factores ambientales que actualmente presentan el mayor grado de transformación en el municipio son los siguientes:

- Uso del suelo y cobertura vegetal.
- Suelo y sus propiedades físicas.
- Conectividad ecológica del paisaje.
- Paisaje y calidad visual.
- Biodiversidad y hábitats para la fauna silvestre.
- Hidrología superficial y procesos de infiltración.
- Calidad del aire y ambiente acústico.

La identificación de estos componentes como los principales receptores de las transformaciones históricas del territorio resulta fundamental para la evaluación de impactos ambientales del proyecto, ya que permite contextualizar adecuadamente el estado de conservación de la región ecológica, valorar los efectos acumulativos y sinérgicos existentes y establecer con mayor precisión la contribución real del proyecto al conjunto de presiones ambientales que actualmente inciden sobre el territorio. Este enfoque es consistente con los principios de evaluación integral y análisis del contexto ambiental establecidos por la Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de la SEMARNAT, al privilegiar una valoración basada en las condiciones reales del entorno y en la evolución histórica de sus procesos de transformación.

Impactos ambientales existentes en la región ecológica para el posterior análisis de impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales del proyecto			
Principales obras y actividades que actualmente se desarrollan en la Región Ecológica, que se relacionan con el proyecto	**Componente ambiental afectado**	**Impacto ambiental[A/]**	**Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos(/3)**
Autopista Arco Norte (MEX 40D) Carretera estatal Tepetateapan -	Suelo, relieve, hidrología superficial, calidad del aire, paisaje, vegetación,	• Cambio de uso del suelo. • Pérdida de cobertura vegetal.	Sellado del suelo; modificación del drenaje; erosión; fragmentación de

Hueypoxtla	fauna terrestre, conectividad ecológica, ambiente acústico	• Fragmentación del paisaje. • Fragmentación de hábitats. • Disminución de la biodiversidad. • Alteración de la conectividad ecológica. • Compactación y degradación del suelo. • Incremento de la erosión. • Alteración del régimen hidrológico. • Contaminación del suelo y del agua. • Emisiones atmosféricas. • Incremento del ruido ambiental. • Alteración de la calidad visual del paisaje. • Mortalidad y desplazamiento de fauna. • Introducción de especies oportunistas e invasoras.	hábitats; atropellamiento de fauna; emisiones de polvo y gases; ruido; introducción de especies invasoras; alteración del paisaje.
Carretera estatal Hueypoxtla – Tlapanaloya			
Carretera estatal Tepetateapan – El Carmern			
Carretera estatal Jilotzingo – Tizayuca - San Bartolo			
Caminos municipales pavimentados			
Caminos vecinales y de terracería			
Línea de transmisión de 400 kV	Paisaje, avifauna, vegetación, suelo, conectividad ecológica		Desmonte localizado; apertura y mantenimiento de derechos de vía; fragmentación de la vegetación; riesgo de colisión y electrocución de aves; modificación visual del paisaje; compactación del suelo durante el mantenimiento.
Línea de transmisión de 230 kV			
Líneas de transmisión de 115 kV			
Subestación de Alta Tensión Apaxco (CFE)			
Campos agrícolas de temporal y actividad ganadera	Suelo, agua superficial y subterránea, vegetación natural, biodiversidad, fauna silvestre, paisaje		Sustitución de vegetación natural; pérdida de fertilidad; erosión; compactación; uso de agroquímicos; disminución de la infiltración; reducción de hábitats; simplificación del paisaje; disminución de la diversidad biológica.
Comunidades y pueblos (Hueypoxtla, Santa María Ajolapan, Tlapanaloya, San Marcos Jilotzingo, entre otras)	Suelo, calidad del aire, agua, paisaje, biodiversidad, ambiente sonoro, residuos		Cambio de uso del suelo; impermeabilización; incremento de aguas residuales; generación de residuos sólidos; contaminación atmosférica y acústica; iluminación nocturna; pérdida de vegetación; expansión urbana.
Extracción de materiales pétreos	Geología, relieve, suelo, agua, calidad del aire, paisaje, vegetación		Alteración del relieve; excavaciones; eliminación del suelo fértil; emisión de partículas; modificación de escurrimientos; ruido y vibraciones; pérdida permanente de cobertura vegetal; fuerte impacto visual.

A/: Para efectos del presente análisis, la referencia que la Guía realiza a los "impactos ambientales" derivados de obras y actividades preexistentes se interpreta en sentido metodológico y descriptivo, como la identificación de las transformaciones, presiones y alteraciones ambientales que actualmente caracterizan a la región ecológica y que conforman el contexto ambiental sobre el cual se desarrollará el proyecto. En consecuencia, el presente apartado no constituye una reevaluación de los procedimientos de evaluación del impacto ambiental de dichas obras, ni implica pronunciamiento alguno respecto de la legalidad de su establecimiento, del cumplimiento de las autorizaciones que, en su caso, les hubieran sido otorgadas, o de la existencia de daños al ambiente o de responsabilidades ambientales en los términos de la legislación aplicable. Su finalidad es exclusivamente caracterizar el estado ambiental preexistente y proporcionar el contexto necesario para la adecuada identificación y valoración de los impactos atribuibles al proyecto objeto de esta manifestación.			

Tabla IV.1

Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
C	Remoción de vegetación	Aire Calidad del aire	**[1] Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, con manifestación principal en el componente atmosférico y con incidencia concurrente sobre procesos ecosistémicos, al representar la movilización hacia la atmósfera del carbono previamente almacenado en la biomasa vegetal. Esa caracterización es consistente con la definición metodológica de **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	La remoción y descomposición de biomasa vegetal derivada de las actividades de preparación del sitio generará emisiones de CO_2 y potencialmente de otros gases de efecto invernadero (GEI), ocasionando una modificación negativa temporal sobre la calidad atmosférica y contribuyendo marginalmente al incremento de gases asociados al cambio climático. Este efecto se considera **directo**, ya que ocurre de manera inmediata como consecuencia de la eliminación de cobertura vegetal y de la degradación de materia orgánica durante las etapas iniciales del proyecto.
C O&M	Sembrado de la infraestructura del parque fotovoltaico.	Procesos ecosistémicos Condiciones microambientales. Balance radiativo.	**[2] Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo**.	Naturaleza**:** Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre los **procesos ecosistémicos**, porque implica una alteración funcional de las condiciones microambientales del sitio derivada de la presencia física de los paneles, su sombra, la modificación del balance radiativo, la redistribución de humedad y la variación microambiental y local de temperatura y evaporación. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica** Sus receptores directos son el suelo, la flora y la fauna que se ubica o pudiera ubicarse bajo las estructuras del parque fotovoltaico., Escala**:** La escala es **local** y su efecto acumulativo con el otro proyectos de la misma naturaleza, por establecerse en sus inmediaciones, podrían concretarse en el establecimiento de diferentes	La presencia y operación de los módulos fotovoltaicos podrán modificar localmente las condiciones microclimáticas debajo y alrededor de la infraestructura, generando cambios puntuales en la incidencia de radiación solar, temperatura, humedad y circulación superficial del aire, con posible incidencia sobre individuos de flora silvestre, microfauna local y sobre la humedad superficial del suelo. Este efecto se considera **directo, localizado y de larga duración**, debido a que deriva de la permanencia física de la infraestructura durante la etapa operativa del proyecto.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				formaciones vegetales y refugio de fauna menor. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: cambios en humedad del suelo, temperatura superficial, condiciones de germinación, uso del espacio por fauna y respuesta de la vegetación bajo paneles. Afectaciones humanas potenciales: necesidad de manejo adaptativo de vegetación, mantenimiento diferenciado y ajuste de medidas de restauración o revegetación. Atributos de incidencia: consistente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=1, Co=3 y Pi=3**. Aquí la **recuperabilidad** se mantiene como **recuperable**, porque el efecto puede disminuir o revertirse mediante retiro de infraestructura y restauración, aunque no desaparezca espontáneamente mientras los paneles permanezcan instalados. Puede presentarse desde la **construcción**, pero se consolida sobre todo en **operación y mantenimiento**, que es cuando la infraestructura genera de forma estable las nuevas condiciones microclimáticas. En la etapa de **abandono** podrá cesar si se desmontan las instalaciones. La escala es **local,** con posible interés a nivel de la **REcol** si la superficie afectada es amplia.	
C	**impacto negativo** que recae sobre el **factor agua**, al modificar la dirección, concentración, velocidad, dispersión o conectividad de los escurrimientos pluviales temporales como	Agua Cantidad	**[3] Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y cobertura vegetal del sitio.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** porque la alteración hidrológica se produce directamente por cambios físicos del terreno, aumenta conforme se amplían las superficies modificadas y se potencia al interactuar	La modificación del relieve superficial y la remoción parcial de la cobertura vegetal durante las actividades de preparación del sitio y construcción podrán alterar localmente el patrón natural de

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
	consecuencia de la alteración del relieve, la remoción de cobertura vegetal y la implantación de infraestructura			con compactación, erosión, sedimentación y pérdida de cobertura vegetal. Esto es congruente con **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	escurrimientos pluviales, favoreciendo cambios en la dirección, velocidad e infiltración del agua de lluvia, así como procesos puntuales de erosión y arrastre de sedimentos. Este efecto se considera **directo y temporal**, debido a que deriva inmediatamente de las adecuaciones físicas del terreno y de la disminución de la capacidad natural de retención e infiltración del suelo.
PS y C	Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre el **factor suelo**, debido a la compactación, deformación superficial, alteración de la estructura, pérdida de porosidad, disminución de infiltración y perturbación de las funciones ecológicas del sustrato como consecuencia del tránsito repetido de maquinaria, equipo pesado y vehículos de obra. El impacto se produce por presión mecánica directa sobre el suelo y por la alteración de sus propiedades físicas superficiales y subsuperficiales	Suelo: Calidad Funciones ecológicas	**[4] Degradación de la calidad y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** con incidencia principal en el componente edáfico y con efectos concurrentes sobre infiltración, vegetación y procesos ecosistémicos. Esto es congruente con **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	El tránsito continuo de maquinaria y vehículos durante las etapas de preparación del sitio y construcción podrá ocasionar compactación, pérdida de porosidad y alteración de la estructura superficial del suelo, afectando temporalmente su capacidad de infiltración, aireación y soporte de procesos biológicos y ecológicos. Este efecto se considera **directo y temporal**, debido a que deriva inmediatamente de la presión mecánica ejercida sobre el terreno y de la perturbación física de sus horizontes superficiales.
PS C O&M	Se trata de un **impacto negativo** sobre el **factor suelo**, consistente en la sustitución de la función agrícola del terreno por una función de ocupación para infraestructura fotovoltaica. No describe sólo un cambio de uso administrativo, sino una modificación efectiva en la función	Suelo Uso de suelo Función productiva	**[5] Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y no fuertemente sinérgica** en su manifestación básica, ya que deriva directamente del establecimiento del proyecto y se incrementa con la superficie transformada. Aquí la lectura consistente es **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = No sinérgico (1),** porque el	La ocupación permanente del terreno por la infraestructura del proyecto ocasionará la sustitución parcial de superficies actualmente destinadas a actividades agrícolas, modificando temporal o permanentemente las funciones productivas y algunas propiedades físicas y ecológicas del suelo

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
	territorial y productiva del suelo. Su concurrencia principal es social y productiva, pero el receptor primario sigue siendo el suelo como soporte y recurso.			cambio de función del suelo no requiere necesariamente la concurrencia de otras acciones para producirse.	dentro del área directamente intervenida. Este efecto se considera **directo y de larga duración,** debido a que deriva de la instalación y permanencia de la infraestructura asociada a la operación del proyecto.
PS C	Se trata de un **impacto negativo** sobre el **factor suelo**, consistente en el aumento de pérdida, arrastre o redistribución del material edáfico por acción del agua y del viento, favorecido por la remoción de vegetación, la exposición del terreno y la alteración de su estabilidad superficial. Es uno de los impactos edáficos más sensibles porque funciona, además, como mecanismo detonador de afectaciones secundarias sobre agua y paisaje.	Suelo Estabilidad Pérdida de suelo	**[6] Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, porque se deriva directamente del disturbio del terreno, se incrementa con la expansión de áreas expuestas y se potencia con pendiente, escurrimientos concentrados, compactación y pérdida de cobertura. Esto coincide con **Inmediatez = Directo (3)**, **Acumulación = Acumulativo (3)** y **Sinergia = Sinérgico (3)**.	Las actividades de desmonte, remoción de vegetación, nivelación y excavación durante la etapa de construcción podrán incrementar temporalmente la susceptibilidad del suelo a procesos de erosión hídrica y eólica, favoreciendo la pérdida de partículas superficiales, el arrastre de sedimentos y la disminución local de la estabilidad del terreno. Este efecto se considera **directo y temporal**, debido a que deriva de la exposición del suelo y de la alteración de su cobertura protectora natural durante el desarrollo de las obras.
PS C O&M	Presencia de `personas en el sitio; remoción de vegetación, nivelación y excavaciones durante la etapa de construcción	Fauna Tamaño de las poblaciones.	**[7] ,Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna, debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen.**	Naturaleza: Negativa, directa e indirecta, acumulativa y potencialmente sinérgica. Se trata de un **impacto negativo** que recae sobre la **fauna**, por disminución potencial del tamaño poblacional de especies presentes en el área como consecuencia de la pérdida de calidad del hábitat, su fragmentación y la respuesta de evitación, desplazamiento o mortalidad de individuos. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** ya que deriva del establecimiento del proyecto, aumenta con la extensión del hábitat afectado y se potencia con otros disturbios como tránsito, ruido,	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto podrá generar desplazamiento, reducción local de refugios, alteración de rutas de movilidad y cambios en el comportamiento de individuos de fauna silvestre, ocasionando potencialmente una disminución en la abundancia y distribución de algunas poblaciones presentes en el área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo,**

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				iluminación y cercado. En términos de atributos, se alinea con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.**	**acumulativo y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de la transformación física del paisaje y de la perturbación continua asociada a la presencia y operación de la infraestructura del proyecto.
PS C	Demonte y despalme. Excavaciones. Nivelación del Suelo Establecimiento de las estructuras del parque fotovoltaico. Cercado perimetral	Fauna Diversidad Abundancia	**[8] Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat como consecuencia de la remoción de vegetación**	Naturaleza: Negativa, directa, acumulativa y parcialmente sinérgica. Residualidad: Media, pudiendo alcanzar alta en áreas donde la recuperación de cobertura vegetal sea lenta o incompleta. Afectaciones ecológicas potenciales: Empobrecimiento de comunidades faunísticas, simplificación de ensamblajes de especies, pérdida de refugio, disminución de sitios de alimentación y reducción de disponibilidad de microhábitats. Afectaciones humanas potenciales: Disminución de la percepción de naturalidad del sitio, menor valor ambiental del entorno y posible inconformidad de actores locales sensibles a la pérdida de biodiversidad. Indicador propuesto: Riqueza específica, abundancia relativa, índice de diversidad y número de gremios funcionales registrados por campaña de monitoreo.	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto podrá generar desplazamiento, reducción local de refugios, alteración de rutas de movilidad y cambios en el comportamiento de individuos de fauna silvestre, ocasionando potencialmente una disminución en la abundancia y distribución de algunas poblaciones presentes en el área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de la transformación física del paisaje y de la perturbación continua asociada a la presencia y operación de la infraestructura del proyecto.
PS C O&M	Remoción de vegetación, Nivelaciones del terreno, Rellenos, Excavaciones. Establecimiento de estructuras, Construcción de cerca perimetral	Hábitat Hábitat efectivo Corredores biológicos.	**[9] Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área del proyecto**	Naturaleza: Negativa, directa, estructural, acumulativa y sinérgica. Escala espacial: Local y de paisaje inmediato. Residualidad: Alta, por la permanencia del cambio físico del espacio y del efecto barrera asociado a la infraestructura. Afectaciones ecológicas potenciales:	La ocupación del terreno y la instalación de infraestructura asociada al proyecto podrán reducir y fragmentar parcialmente el hábitat disponible para especies de fauna silvestre, particularmente para individuos de talla mediana y grande con mayores

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				Reducción del hábitat efectivo, interrupción de desplazamientos, contracción de áreas de campeo, mayor exposición a perturbación y posible exclusión de especies medianas y grandes más sensibles a la presencia de infraestructura y actividad humana. Afectaciones humanas potenciales: Disminución del valor ecológico percibido del sitio y eventual conflicto social si la fauna desplazada incrementa su presencia en áreas agropecuarias vecinas. Atributos de incidencia aplicados: Se trata de un **impacto negativo** sobre fauna, centrado en la reducción de continuidad del hábitat y en la generación de barreras funcionales para individuos medianos y grandes. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, coherente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Su etapa de ocurrencia principal es **preparación del sitio y construcción,** con consolidación en **operación y mantenimiento** debido a la permanencia de infraestructura, cercados y áreas abiertas.	requerimientos de movilidad y espacio, favoreciendo cambios en sus patrones de desplazamiento, uso del territorio y conectividad ecológica local. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de la modificación física del paisaje y de la permanencia de la infraestructura durante la vida útil del proyecto
PS C O&M CODAyRS		Hábitat Microhábitats críticos	[**10] Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales**.	Naturaleza: Negativa, directa e indirecta, acumulativa y de alta sensibilidad ecológica. Escala espacial: Local, con relevancia regional si se trata de especies de distribución restringida o con protección normativa. Residualidad: Muy Alta cuando se comprometen sitios de refugio, anidación, alimentación o tránsito de especies sensibles. Afectaciones ecológicas potenciales: Pérdida de individuos, desplazamiento,	La transformación parcial del hábitat y la incorporación de estímulos artificiales asociados a la construcción, operación del proyecto y de su eventual desmantelamiento, particularmente iluminación nocturna y presencia continua de infraestructura, podrán generar alteraciones en los patrones de comportamiento, desplazamiento, refugio y actividad de especies de

Tabla IV.1 Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades					
Etapa del proyecto (1/)	**Obra o actividad del proyecto**	**Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.**	**Efectos(3/)**
				estrés conductual, reducción de aptitud del hábitat, afectación a poblaciones locales de especies prioritarias y disminución del valor de conservación del sistema ambiental. Afectaciones humanas potenciales: Mayor sensibilidad social y regulatoria, riesgo de observaciones adicionales por parte de la autoridad y necesidad de fortalecer medidas de prevención, rescate o exclusión. Atributos de incidencia: Es un **impacto negativo** particularmente sensible porque recae en especies de mayor valor de conservación. Su naturaleza sigue siendo **directa, acumulativa y sinérgica**, con atributos consistentes de **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Puede presentarse desde **preparación del sitio** y **construcción**, y mantenerse en **operación** si persisten los estímulos perjudiciales o la pérdida de condiciones de hábitat.	fauna endémica, vulnerables o con categoría de riesgo, ocasionando potencialmente perturbaciones en su permanencia y uso del área del proyecto. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de cambios persistentes en las condiciones ambientales y funcionales del hábitat disponible.
C O&M	Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico. Cercado perimetral.	Hábitat Rutas de tránsito. Intercambio entre subpoblaciones, Libre desplazamiento. Conectividad ecológica.	**[11] Afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat.**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y sinérgica. Escala espacial: Local y de paisaje funcional. Residualidad: Media a alta, según el diseño del cercado, la presencia de pasos de fauna y la permanencia de barreras físicas. Afectaciones ecológicas potenciales: Interrupción de rutas de tránsito, disminución de intercambio entre subpoblaciones, aislamiento de individuos o grupos con baja movilidad, incremento de vulnerabilidad a depredación o mortalidad y pérdida de	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de construcción y operación del proyecto podrá afectar parcialmente las rutas naturales de desplazamiento de la fauna silvestre, limitando el intercambio entre subpoblaciones y favoreciendo el aislamiento de individuos con movilidad restringida, particularmente de especies con baja capacidad de dispersión o alta dependencia del hábitat local. Este efecto se considera **directo, acumulativo y**

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				conectividad ecológica. Afectaciones humanas potenciales: Posible desplazamiento de fauna hacia caminos o parcelas vecinas, con incremento de encuentros no deseados o percepción de afectación territorial. Atributos de incidencia aplicados: rste impacto es **negativo** y recae sobre la **movilidad funcional de la fauna**. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, porque el obstáculo no depende de un impacto previo, aumenta con la extensión y diseño de la infraestructura y se potencia con cercos, iluminación, tránsito y pérdida de cobertura. La lectura consistente es **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**. Se presenta desde **construcción** y se consolida en **operación**, que es cuando el patrón de barreras queda permanente.	**de larga duración**, debido a que deriva de la alteración persistente de la conectividad ecológica y de las condiciones funcionales del paisaje dentro del área de influencia del proyecto
PS C O&M	Remoción cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación del terreno Estructuras de módulos fotovoltaicos.	Heterogeneidad del ambiente Factores físicos o abióticos, Factores biológicos o bióticos. Componente ecológico. Componentes socio económicos. Componentes territoriales.	**[12] Reducción de la heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y sinérgica. Escala espacial: Local con expresión subregional en el mosaico de hábitats disponibles. Residualidad: Media-alta, particularmente si la transformación reduce la diversidad de microambientes y recursos temporales. Afectaciones ecológicas potenciales: Simplificación del paisaje, menor diversidad de sitios de descanso, alimentación o resguardo para avifauna asociada a humedales, pérdida de conectividad funcional entre cuerpos de agua temporales y disminución de flexibilidad ecológica en el uso del	La transformación parcial de la cobertura vegetal y la incorporación de infraestructura asociada al proyecto podrán disminuir localmente la heterogeneidad ambiental y la conectividad funcional del paisaje, favoreciendo una mayor homogeneización de las condiciones del hábitat y limitando la continuidad espacial de procesos ecológicos, rutas de desplazamiento y áreas de intercambio biológico. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de modificaciones persistentes en la

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				territorio. Afectaciones humanas potenciales: Disminución del valor de observación de fauna, empobrecimiento perceptual del paisaje y posible cuestionamiento social por pérdida de atributos ecológicos del sitio. Atributos de incidencia aplicados: Es un **impacto negativo** sobre la fauna, específicamente sobre avifauna asociada a humedales temporales, por simplificación del mosaico ambiental y reducción de conectividad funcional entre áreas de uso. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, compatible con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Se presenta desde **preparación del sitio** y **construcción**, con persistencia en **operación**. La escala no sólo es **local**, sino que puede proyectarse a la REcol por el carácter móvil de la fauna. La residualidad es **alta**.	estructura y configuración del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.
C O&M	Remoción de cobertura vegetal,	Flora Tamaño	**[13] Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora**.	Se trata de un **impacto negativo** que incidirá sobre la **flora**, al implicar una reducción en el número de especies presentes, en el número de individuos y en la estructura poblacional de las comunidades vegetales dentro del área intervenida. Su causa inmediata es la remoción de vegetación y la transformación del espacio donde esas poblaciones se desarrollan. Naturaleza: **directa, acumulativa y sinérgica**, porque deriva directamente del establecimiento del proyecto, aumenta con la superficie afectada y se potencia con desmonte, fragmentación,	Las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto podrán ocasionar la disminución local de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de especies de flora presentes dentro del área directamente intervenida, principalmente aquellas asociadas a pastizales inducidos, matorrales secundarios, arbustos y árboles dispersos. No obstante, debido a que la Región Ecológica y el área del proyecto presentan una condición de alta transformación antrópica dominada por agricultura de temporal y una representación

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				exposición del suelo y modificación microclimática. Escala: **local,** con posible expresión al **área de influencia del proyecto** (AiP) si forma parte de una unidad de vegetación más amplia. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: simplificación florística, reducción de resiliencia y menor capacidad de regeneración. Afectaciones humanas potenciales: pérdida del valor ambiental del predio y mayor exigencia de compensación y restauración.	limitada de cobertura vegetal natural, este efecto tenderá a manifestarse de manera localizada sobre comunidades vegetales de baja complejidad estructural y reducida continuidad ecológica. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de mediana duración**, debido a que deriva de la remoción parcial de cobertura vegetal y de la modificación física del terreno durante el desarrollo de las obras del proyecto.
PS C O&M	Remoción de cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación de los terrenos, Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico.	Vegetación Cobertura (cantidad y extensión)	**[14]** Reducción de la cobertura vegetal y la cubierta forestal.	Es un **impacto negativo** sobre la **flora** que expresa la pérdida de superficie cubierta por vegetación natural o seminatural y, en su caso, de la porción forestal presente. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** Escala: **local,** con posible valoración a la **REcol por el efecto acumulativo con otros proyectos,** dado que la cubierta afectada forma parte de un mosaico regional. Residualidad: es **muy alta**. Afectaciones ecológicas potenciales: pérdida de protección del suelo, disminución de hábitat, alteración microclimática y reducción de continuidad vegetal. Afectaciones humanas potenciales: cambio visible del entorno, pérdida de cobertura de valor productivo o ambiental y necesidad de compensación forestal. Atributos de incidencia aplicados:	Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán ocasionar la reducción directa de la cobertura vegetal existente en el área de intervención, principalmente conformada por pastizal inducido, vegetación secundaria, matorrales, arbustos y arbolado disperso, diferenciándose de la afectación florística poblacional porque este impacto expresa ante todo la pérdida física y espacial de superficie cubierta por vegetación. Este efecto se considera **directo, localizado y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de la remoción de la cubierta vegetal y de la ocupación del terreno por infraestructura del proyecto.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				compatible con **In=3, Ac=3, S=3, M=3, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**. Aquí el **momento** se valora como **corto**, porque la reducción de cobertura se materializa desde la remoción misma..	
PS C O&M	Remoción de cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación de los terrenos, Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico.	Vegetación Cobertura (cantidad y extensión)	**[15]** Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmontes no selectivos.	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** Escala es **local**. Residualidad es **muy alta**. Afectaciones ecológicas potenciales: pérdida innecesaria de individuos, simplificación de la comunidad vegetal y mayor exposición del suelo. Afectaciones humanas potenciales: evidencia de deficiente manejo ambiental y aumento de exigencia correctiva o sancionatoria. Atributos de incidencia aplicados: en línea con **In=3, Ac=3, S=3, M=3, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=1**. Aquí la **periodicidad** se entiende mejor como **aparición irregular,** porque el desmonte no selectivo no necesariamente ocurre de forma cíclica, sino como evento operativo indebido o contingente.	La ejecución de desmontes no selectivos durante las actividades de preparación del sitio podría ocasionar una pérdida innecesaria y ampliada de cobertura vegetal fuera de las áreas estrictamente requeridas para las obras del proyecto, favoreciendo una perturbación adicional de pastizales inducidos, vegetación secundaria, arbustos y arbolado disperso presentes en el sitio. Este efecto se considera **directo, evitable y de mediana duración**, debido a que deriva de prácticas inadecuadas de remoción de vegetación y de una delimitación deficiente de las áreas de intervención.
C O&M	Remoción de la vegetación. Nivelación y perfilamiento de los terrenos.	Flora Integridad de las poblaciones naturales. Estructura de la población.	**[16] Disminución de la integridad y tamaño poblacional de los individuos de especies de la flora silvestre.**	Es un **impacto negativo sobre la flora silvestre**, enfocado no sólo en cobertura general sino en la afectación a individuos y poblaciones específicas. Naturaleza: es **directa, acumulativa y sinérgica.** Escala es **local**, con posible expresión a la **REcol derivada de la acumulación previsible de los otros proyectos establecidos o por establecerse en ese espacio geográfico** si las especies afectadas forman parte de poblaciones	Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán ocasionar la disminución local de la integridad y tamaño poblacional de individuos de flora silvestre presentes dentro de las áreas directamente intervenidas, principalmente de ejemplares arbustivos y arbóreos dispersos asociados a vegetación secundaria y matorral perturbado. Este efecto se considera **directo y de mediana duración**, debido a

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				regionales relevantes. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: disminución de integridad poblacional, pérdida de individuos reproductivos y debilitamiento de la permanencia local de especies silvestres. Afectaciones humanas potenciales: mayores obligaciones de rescate, reubicación o compensación si hay especies de interés ecológico. Atributos de incidencia aplicados: coherente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**.	que deriva de la remoción parcial de vegetación y de la modificación física de los sitios donde se desarrollan dichas poblaciones vegetales.
C O&M	Remoción de vegetación, Nivelación de los terrenos. Perfilamiento del terreno. Sembrado de la infraestructura del proyecto.	Flora Dinámica sucesional. Banco de semillas del suelo. Procesos naturales de dispersión.	**[17] Interrupción de los patrones naturales de dispersión de las semillas y afectación a sus áreas de acumulación, como efecto de la remoción de vegetación, la nivelación y el perfilamiento del terreno para recibir la infraestructura del proyecto.**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y potencialmente sinérgica. Escala espacial: Local, con posible proyección al entorno inmediato en función de la continuidad de parches de vegetación y de agentes dispersores presentes. Residualidad: Media, pero puede incrementarse cuando la alteración del sitio reduce de manera prolongada la entrada, retención o establecimiento de semillas. Afectaciones ecológicas potenciales: Interrupción de rutas de dispersión, disminución del reclutamiento natural, pérdida de áreas de acumulación de semillas, reducción de la regeneración de especies nativas, simplificación sucesional y debilitamiento de la recuperación ecológica espontánea del sitio. Afectaciones humanas potenciales: Menor capacidad de restauración natural	La remoción de vegetación silvestre, así como las actividades de nivelación y perfilado del terreno durante la preparación del sitio, podrán alterar localmente los patrones naturales de dispersión y acumulación de semillas, reduciendo temporalmente la capacidad de regeneración natural de algunas especies vegetales presentes en el área intervenida. Este efecto se considera **directo y de mediana duración,** debido a que deriva de la modificación física del terreno y de la eliminación parcial de la cobertura vegetal que participa en los procesos naturales de dispersión y establecimiento de propágulos vegetales.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				del predio, mayores requerimientos de revegetación asistida y aumento de costos y tiempos para estabilización vegetal del sitio intervenido. Atributos de incidencia aplicados: Inmediatez 3; Acumulación 3; Sinergia 3; Momento 2; Persistencia 3; Reversibilidad 3; Recuperabilidad 3; Continuidad 3; Periodicidad 3. Indicador propuesto: Densidad de semillas o propágulos en trampas, bancos de semillas o micrositios de acumulación, así como presencia de plántulas de regeneración natural en áreas intervenidas y de referencia.	
C O&M	Sembrado de la infraestructura del parque fotovoltaico.	Procesos ecosistémicos Condiciones microambientales. Balance radiativo.	**[2] Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo.**	Naturaleza**:** Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre los **procesos ecosistémicos**, porque implica una alteración funcional de las condiciones microambientales del sitio derivada de la presencia física de los paneles, su sombra, la modificación del balance radiativo, la redistribución de humedad y la variación microambiental y local de temperatura y evaporación. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica** Sus receptores directos son el suelo, la flora y la fauna que se ubica o pudiera ubicarse bajo las estructuras del parque fotovoltaico., Escala**:** La escala es **local** y su efecto acumulativo con el otro proyectos de la misma naturaleza, por establecerse en sus inmediaciones, podrían concretarse en el establecimiento de diferentes formaciones vegetales y refugio de fauna menor.	La presencia y operación de los módulos fotovoltaicos podrán modificar localmente las condiciones microclimáticas debajo y alrededor de la infraestructura, generando cambios puntuales en la incidencia de radiación solar, temperatura, humedad y circulación superficial del aire, con posible incidencia sobre individuos de flora silvestre, microfauna local y sobre la humedad superficial del suelo. Este efecto se considera **directo, localizado y de larga duración**, debido a que deriva de la permanencia física de la infraestructura durante la etapa operativa del proyecto.

Tabla IV.1 Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades					
Etapa del proyecto (1/)	**Obra o actividad del proyecto**	**Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.**	**Efectos(3/)**
				Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: cambios en humedad del suelo, temperatura superficial, condiciones de germinación, uso del espacio por fauna y respuesta de la vegetación bajo paneles. Afectaciones humanas potenciales: necesidad de manejo adaptativo de vegetación, mantenimiento diferenciado y ajuste de medidas de restauración o revegetación. Atributos de incidencia: consistente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=1, Co=3 y Pi=3**. Aquí la **recuperabilidad** se mantiene como **recuperable**, porque el efecto puede disminuir o revertirse mediante retiro de infraestructura y restauración, aunque no desaparezca espontáneamente mientras los paneles permanezcan instalados. Puede presentarse desde la **construcción**, pero se consolida sobre todo en **operación y mantenimiento**, que es cuando la infraestructura genera de forma estable las nuevas condiciones microclimáticas. En la etapa de **abandono** podrá cesar si se desmontan las instalaciones. La escala es **local,** con posible interés a nivel de la **REcol** si la superficie afectada es amplia.	
O&M	Establecimiento de líneas de transmisión (una vez energizada la infraestructura). Protectores electrificados del cercado perimetra.l	Fauna silvestre Avifauna y quiropterofauna, Supervivencia Movilidad local, Uso de estructuras (percha o	**[18] Electrocución potencial de aves.**	**Naturaleza:** Negativa, potencial, directa y de baja a moderada probabilidad, dependiendo del diseño de la línea, distancia entre conductores, presencia de estructuras de percha, altura de vuelo y comportamiento de las especies presentes. El riesgo se asocia principalmente al contacto simultáneo de individuos con elementos energizados y	La operación de la línea de transmisión asociada al proyecto podrá generar un riesgo potencial de electrocución para aves y murciélagos, particularmente cuando individuos utilicen estructuras eléctricas como percha, crucen el trazo en vuelos

Tabla IV.1

Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
		desplazamiento) Integridad poblaciones		estructuras conductoras. **Escala del impacto:** Local y lineal, restringida al trazo de la infraestructura eléctrica y su franja inmediata de influencia. No se prevé una proyección relevante sobre toda la Región Ecológica, salvo que el trazo intersecte rutas frecuentes de vuelo, zonas de alimentación, refugio o desplazamiento de especies sensibles. **Residualidad:** Baja a media, dependiendo del diseño final de la línea y de la incorporación de medidas preventivas como aislamiento de componentes energizados, distancias seguras entre conductores, dispositivos disuasorios, señalización visual y monitoreo de mortalidad. **Afectaciones ambientales directas:** Lesión o muerte eventual de aves o murciélagos por contacto con elementos energizados de la infraestructura eléctrica. **Afectaciones ambientales indirectas:** Alteración puntual de patrones de vuelo, evasión de estructuras eléctricas, reducción local de sitios de percha o modificación del uso espacial de áreas cercanas a la línea de transmisión. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; de forma indirecta, eventos de electrocución podrían generar requerimientos de mantenimiento, interrupciones operativas, riesgos secundarios por caída de individuos o preocupación social por afectación a fauna silvestre.	bajos o entren en contacto con elementos energizados. Este efecto se considera **potencial, localizado, lineal, prevenible y de baja a media residualidad**, debido a que su manifestación dependerá del diseño técnico de la infraestructura, del comportamiento de las especies y de la aplicación efectiva de medidas de prevención y monitoreo.

Tabla IV.1

Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
O&M	Establecimiento de módulos fotovoltaicos	Avifauna Integridad poblaciones Comportamiento en el vuelo, Movilidad local, Supervivencia de individuos	**[19], Colisión potencial de aves en paneles fotovoltaicos**.	**Naturaleza:** Negativa, potencial, indirecta y de baja probabilidad relativa. Se asocia con la posible confusión visual que podrían generar las superficies reflectantes de los paneles expuestas a la radiación solar, especialmente bajo ciertas condiciones de luminosidad, ángulo de incidencia y desplazamiento de aves. **Etapa en la que puede hacerse evidente:** Principalmente durante la **operación y mantenimiento**, una vez instalados los módulos fotovoltaicos y expuestas sus superficies reflectantes. **Factor ambiental receptor:** Fauna silvestre. **Subfactor ambiental receptor:** Avifauna; comportamiento de vuelo, movilidad local y supervivencia de individuos. **Escala del impacto:** Local, restringida al área ocupada por los arreglos fotovoltaicos y su entorno inmediato. No se prevé una proyección relevante hacia toda la Región Ecológica, salvo en el caso improbable de afectar especies con rutas recurrentes de desplazamiento sobre el sitio. **Residualidad:** Baja, siempre que se apliquen medidas de manejo, monitoreo de avifauna, control de iluminación, mantenimiento adecuado de superficies y revisión periódica de eventos de colisión. **Afectaciones ambientales directas:** Lesión o muerte eventual de individuos de aves por colisión con módulos fotovoltaicos. **Afectaciones ambientales indirectas:** Alteración puntual de patrones de vuelo, evasión del área ocupada por paneles o	La operación del parque fotovoltaico podrá generar un riesgo potencial de colisión de aves con los paneles solares, asociado a la posible confusión visual producida por superficies reflectantes expuestas al sol. Este efecto se considera **potencial, localizado, de baja probabilidad y baja residualidad**, debido a que su manifestación dependerá de la presencia, conducta de vuelo y sensibilidad específica de la avifauna que utilice o sobrevuele el área del proyecto.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				modificación local de rutas de desplazamiento de algunas especies. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; de forma indirecta, podría generar preocupación social o requerimientos de seguimiento ambiental si se registraran eventos recurrentes de colisión.	
PS C O&M	Remoción de vegetación. Limpieza del terreno, Nivelación de terrenos, Compactación de terrenos, Ocupación física del sitio	Flora Flora herbácea Flora arbustiva Banco de semillas, Fauna Microfauna, Microhábitats, Suelo Humedad superficial del suelo, Condiciones microclimáticas del sitio.	**[20] Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, potencial y de carácter localizado. Se asocia con la remoción de vegetación, limpieza del terreno, nivelación, compactación y ocupación física del sitio por infraestructura, lo que puede modificar condiciones ecológicas de pequeña escala como sombra, humedad, refugio, acumulación de materia orgánica, temperatura superficial y disponibilidad de sitios de resguardo. **Etapa en la que puede hacerse evidente:** Principalmente durante la **preparación del sitio y construcción**; podrá mantenerse durante la **operación y mantenimiento** en aquellas áreas ocupadas permanentemente por infraestructura o sometidas a manejo recurrente. **Escala del impacto:** Local, restringida a las superficies directamente intervenidas y sus bordes inmediatos. No se prevé una proyección relevante hacia toda la Región Ecológica, aunque puede contribuir puntualmente a la simplificación ecológica del mosaico ambiental dentro del área del proyecto. **Residualidad:** Baja a media, dependiendo de la intensidad de la	La preparación del sitio, construcción y ocupación física del terreno podrán ocasionar la pérdida de microhábitats y la alteración de microambientes locales, reduciendo la diversidad de condiciones ecológicas de pequeña escala que sostienen flora, microfauna, humedad del suelo y procesos de regeneración natural. Este efecto se considera **directo, localizado, parcialmente recuperable y de baja a media residualidad**, debido a que su permanencia dependerá del grado de intervención física, del manejo de la cobertura vegetal remanente y de la capacidad de recuperación del sitio.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				remoción, grado de compactación, permanencia de áreas vegetadas, manejo de bordes, conservación de relictos de vegetación y recuperación natural o inducida de cobertura herbácea. **Afectaciones ambientales directas:** Pérdida de sitios de refugio, alimentación, reproducción o establecimiento para microfauna, invertebrados, flora herbácea, plántulas y organismos de baja movilidad; modificación de humedad, sombra, temperatura y acumulación de materia orgánica. **Afectaciones ambientales indirectas:** Disminución local de la heterogeneidad ambiental, reducción de la regeneración natural, menor disponibilidad de microambientes funcionales y posible simplificación de interacciones ecológicas de pequeña escala. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; indirectamente, la pérdida de microambientes puede disminuir la capacidad de recuperación ecológica del sitio y aumentar la necesidad de acciones de manejo, revegetación o control de erosión.	
C O&M	Modificación física y funcional de superficies del ecosistema,	Ecosistema Integridad estructural, Servicios.	**[21] Transformación del ecosistema y afectación de sus servicios.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, acumulativa y de larga duración. Se asocia con la modificación física y funcional de superficies del ecosistema derivada de la instalación, operación y permanencia de la infraestructura del proyecto, ocasionando cambios locales en la composición, configuración y funcionamiento ecológico del sitio.	La instalación y operación del proyecto podrán transformar puntualmente áreas del ecosistema local, modificando parcialmente la estructura y funcionamiento ecológico del sitio y afectando algunos servicios ecosistémicos relacionados con regulación ambiental, infiltración,

Tabla IV.1

Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				Residualidad: Media, debido a que parte de las modificaciones funcionales permanecerán durante la vida útil del proyecto, aunque algunos procesos ecológicos podrán mantenerse parcialmente o recuperarse mediante medidas de manejo ambiental, revegetación y conservación de áreas no intervenidas. **Afectaciones ambientales directas:** Modificación parcial de la cobertura vegetal, reducción localizada de hábitats, alteración de procesos de infiltración y regulación superficial del agua, cambios microclimáticos puntuales y simplificación funcional del paisaje. **Afectaciones ambientales indirectas:** Disminución local de algunos servicios ecosistémicos asociados a la regulación ambiental, conectividad ecológica, retención de suelo, reciclaje de materia orgánica, regeneración natural y soporte de microhábitats. **Principales servicios ecosistémicos potencialmente afectados:** • Regulación microclimática local. • Infiltración y retención superficial de agua. • Control natural de erosión. • Captura y almacenamiento de carbono en vegetación y suelo. • Soporte de hábitat para fauna silvestre y microfauna. • Mantenimiento de procesos de regeneración natural.	estabilidad del suelo, conectividad ecológica y soporte de hábitat. Este efecto se considera **directo, localizado, acumulativo y de mediana residualidad**, debido a que deriva de la ocupación permanente del terreno y de cambios persistentes en la funcionalidad ecológica de las superficies intervenidas.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				• Conectividad ecológica local. • Conservación de heterogeneidad ambiental de pequeña escala. **Afectaciones humanas potenciales:** No se prevén afectaciones directas significativas a la población humana;	
PS C O&M	En la PS y C, mayor presencia de personal, materiales, empaques, residuos de obra y actividades opoeracivas	Agua Calidad del agua Suelo Calidad ambiental del suelo, Escurrimientos superficiales Calidad ambiental Paisaje Calidad paisajística	**[22] Generación y manejo inadecuado de residuos.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, potencial y prevenible. Se asocia con la generación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos potencialmente peligrosos derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, así como con un manejo inadecuado de almacenamiento, separación, recolección o disposición final. **Escala del impacto:** Local, restringida a las áreas de almacenamiento, frentes de obra, zonas operativas y superficies utilizadas para actividades del proyecto. No se prevé una proyección relevante hacia la Región Ecológica, salvo en escenarios de manejo inadecuado persistente o disposición irregular de residuos fuera del sitio autorizado. **Residualidad:** Baja, debido a que el impacto puede prevenirse y controlarse mediante la implementación adecuada de programas de manejo integral de residuos, separación, almacenamiento temporal, recolección periódica y disposición final autorizada. **Afectaciones ambientales directas:** Acumulación de residuos, alteración de la limpieza ambiental del sitio, contaminación puntual del suelo, generación de lixiviados, dispersión de	La generación de residuos durante las diferentes etapas del proyecto podrá ocasionar alteraciones locales en las condiciones de limpieza, higiene y calidad ambiental del sitio cuando su manejo no se realice adecuadamente. Este efecto se considera **directo, localizado, prevenible y de baja residualidad**, debido a que su magnitud dependerá principalmente de la eficacia de las medidas de manejo integral, almacenamiento temporal, recolección y disposición final autorizada de los residuos generados

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				materiales ligeros y deterioro de la calidad visual de las áreas intervenidas. **Afectaciones ambientales indirectas:** Atracción de fauna nociva, generación de olores, incremento de riesgos sanitarios, afectación paisajística y posible contaminación secundaria de escurrimientos superficiales en caso de manejo inadecuado. **Afectaciones humanas potenciales:** Riesgos sanitarios y de seguridad para trabajadores, deterioro de las condiciones de higiene en áreas operativas, exposición accidental a materiales peligrosos y percepción negativa del manejo ambiental del proyecto en caso de disposición inadecuada.	
IMPACTOS SIGNIFICATIVOS CON EFECTOS CONCURRENTES[I]					
PS C O&M	Remoción de la vegetación. Nivelación y perfilamiento de los terrenos.	Factor concurrente: Paisaje	**Impacto principal:** [9] *Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.* Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con posible expresión en el SAR. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de continuidad estructural, simplificación del mosaico y menor conectividad funcional. **Afectaciones humanas concurrentes:** percepción de mayor artificialización del entorno y cambio de la lectura territorial del sitio.	La pérdida y fragmentación del hábitat derivada de la instalación y operación de la infraestructura del proyecto podrá generar una configuración más fragmentad del paisaje, reduciendo localmente la continuidad espacial entre remanentes de vegetación y modificando la funcionalidad ecológica del mosaico ambiental disponible para la fauna silvestre. De manera concurrente, este proceso podrá incidir sobre la movilidad, conectividad ecológica,

[I] Impacto significativo con efecto concurrente: aquel impacto cuya relevancia ambiental deriva no sólo de su manifestación individual, sino de la coincidencia espacial, temporal o funcional de diversos efectos ambientales que actúan simultáneamente sobre un mismo componente, proceso ecológico o sistema ambiental, incrementando conjuntamente su nivel de alteración, persistencia o significancia.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**		disponibilidad de refugios y patrones de intercambio entre poblaciones animales. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de la transformación física persistente del paisaje y de la reducción de la continuidad funcional del hábitat dentro del área de influencia del proyecto.
PS C O&M	Desmonte. Establecimiento de los módulos fotovoltaicos.	Paisaje Heterogeneidad.	**Impacto principal:** [12] *Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje..* Expresión concurrente en paisaje: Aquí la dimensión paisajística es todavía más explícita: la reducción de heterogeneidad implica una **homogeneización del paisaje**, con pérdida de contrastes ecológicos, simplificación del patrón espacial y menor disponibilidad de unidades ambientales complementarias	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con clara proyección a la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de heterogeneidad estructural y funcional del paisaje. **Afectaciones humanas concurrentes:** reducción de calidad escénica ambiental y empobrecimiento del carácter ecológico del entorno.	La reducción de la heterogeneidad ambiental y de la conectividad funcional del paisaje derivada de la instalación y operación del proyecto podrá favorecer una mayor homogeneización de las condiciones ecológicas del sitio, disminuyendo localmente los contrastes ambientales, la diversidad espacial de hábitats y la continuidad funcional entre remanentes de vegetación. De manera concurrente, este proceso podrá simplificar la configuración del mosaico paisajístico y reducir la complejidad ecológica del territorio, con incidencia sobre la movilidad de fauna, la distribución de microhábitats y la dinámica de algunos procesos ecológicos locales. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de modificaciones persistentes en la estructura y funcionalidad del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
PS C O&M	Infraestructura del proyecto. Cercado perimetral	Paisaje Continuidad del mosaico ambiental.	**Impacto principal: [9]** *Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.* Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con posible expresión en la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de continuidad estructural, simplificación del mosaico y menor conectividad funcional. **Afectaciones humanas concurrentes:** percepción de mayor artificialización del entorno y cambio de la lectura territorial del sitio.	La pérdida y fragmentación del hábitat derivada de la instalación de infraestructura, obras y accesos del proyecto podrá incrementar localmente la discontinuidad espacial del mosaico ambiental, favoreciendo una configuración más fragmentada del paisaje y reduciendo la conectividad funcional entre remanentes de vegetación utilizados por la fauna silvestre. De manera concurrente, este proceso podrá modificar patrones de movilidad, intercambio y uso del territorio por parte de diversas especies, particularmente aquellas con mayores requerimientos de desplazamiento y continuidad de hábitat. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración,** debido a que deriva de la transformación persistente de la estructura y funcionalidad ecológica del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.
PS C O&M	Infraestructura del parque fotovoltaico	Paisaje Heterogeneidad	**Impacto principal:** [20] *Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.* Expresión concurrente en paisaje: En escala fina, este impacto se expresa como una **simplificación del paisaje de detalle**, es decir, pérdida de rugosidad ecológica, de pequeños refugios y de variación microambiental. No	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con clara proyección a la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de heterogeneidad estructural y funcional del paisaje. **Afectaciones humanas concurrentes:**	La pérdida de microhábitats y la alteración de microambientes derivadas de la remoción de vegetación y de la modificación física del terreno podrán reducir localmente la diversidad de condiciones ecológicas de pequeña escala, afectando sitios de refugio, alimentación, humedad y protección utilizados por microfauna, flora asociada y

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			es un paisaje panorámico, sino un paisaje ecológico de microescala.	reducción de calidad escénica ambiental y empobrecimiento del carácter ecológico del entorno.	organismos de baja movilidad. De manera concurrente, este proceso podrá simplificar el paisaje ecológico de detalle, disminuyendo la heterogeneidad ambiental y la disponibilidad de microambientes funcionales dentro de las superficies intervenidas. Este efecto se considera **directo, concurrente y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de cambios persistentes en las condiciones microambientales y estructurales del sitio
PS C O&M	Desmonte y despalme Establecimiento de la infraestructura del prpyecto	Ecosistema Integridad pasiajística	**Impacto principal:** [21 *Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.* Expresión concurrente en paisaje: Este impacto-síntesis tiene una expresión concurrente clara en paisaje: la **transformación integral del carácter territorial y ecológico del sitio**, con modificación de composición, configuración y funcionamiento del sistema ambiental visible y funcionalmente perceptible.	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Etapa:** preparación del sitio, construcción y operación. **Escala:** local con eventual expresión en la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** cambio de la fisonomía ecológica del territorio y pérdida de integridad del sistema paisajístico. **Afectaciones humanas concurrentes:** alteración de la percepción del paisaje, del valor escénico y del carácter ambiental del predio y su entorno.	La transformación parcial del ecosistema derivada de la instalación y operación de la infraestructura del proyecto podrá modificar localmente la composición, configuración y funcionamiento visible y funcional del sistema ambiental, con incidencia sobre algunos servicios ecosistémicos asociados a la regulación microambiental, conectividad ecológica, cobertura vegetal y disponibilidad de hábitats. De manera concurrente, este proceso podrá alterar la integración territorial y ecológica del paisaje, favoreciendo una configuración ambiental más homogénea y funcionalmente simplificada dentro del área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración**, debido a que

Tabla IV.1
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
					deriva de modificaciones persistentes en la estructura y funcionalidad ecológica del territorio intervenido.
PS C O&M	Nivelación y perfilado del terreno. Establecimiento de infraestructura	Suelo Suelo agrícola (=suelo orgánico)	*[5] Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.* Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: Este impacto tiene una concurrencia social clara porque implica la **sustitución de una función productiva del territorio**. Aunque el receptor principal sea el suelo, su dimensión concurrente se expresa en la reorganización del uso del espacio, la modificación de la función económica del predio y la posible alteración de la lógica local de aprovechamiento.	**Naturaleza:** concurrente, directa y acumulativa; no necesariamente fuertemente sinérgica. **Etapa:** preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. **Escala:** local. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** reducción del mosaico agroecológico local. **Afectaciones humanas concurrentes:** sustitución de función productiva, modificación del uso territorial y posible percepción de pérdida de suelo útil.	La implementación y operación del proyecto ocasionará la sustitución parcial de superficies actualmente destinadas a uso agrícola, modificando localmente la función productiva del territorio y la dinámica de aprovechamiento del suelo dentro del área intervenida. De manera concurrente, este proceso podrá favorecer una reorganización espacial de las actividades productivas y una modificación en la lógica de uso del predio, con incidencia sobre la estructura funcional del paisaje rural y sobre las formas locales de ocupación y utilización del espacio. Este efecto se considera **directo, concurrente y de larga duración**, debido a que deriva de la ocupación permanente del terreno por infraestructura asociada al proyecto.
PS C O&M Abandono	Todas las obras y actividades del proyecto.	Ambiente Calidad Entorno humano inmediato	**Impacto principal:** [22] *Generación y manejo inadecuado de residuos...* Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: La dimensión concurrente aquí se expresa en la **gestión del proyecto**, las condiciones de seguridad e higiene, la percepción del orden ambiental y el uso adecuado de áreas operativas	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Etapa:** todas las etapas del proyecto. **Escala:** local, con posible proyección al SAR si hay arrastre externo o afectación fuera del polígono. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** contaminación puntual y dispersión de materiales. **Afectaciones humanas concurrentes:**	La generación y manejo inadecuado de residuos durante las diferentes etapas del proyecto podrá ocasionar alteraciones locales en las condiciones de limpieza, orden ambiental e higiene dentro de las áreas de trabajo, con posible incidencia sobre la calidad ambiental del sitio y la funcionalidad operativa de la infraestructura asociada. De manera concurrente, este proceso

Tabla IV.1 Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades					
Etapa del proyecto (1/)	**Obra o actividad del proyecto**	**Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.**	**Efectos(3/)**
			y de servicio. El mal manejo de residuos no sólo afecta la calidad ambiental, sino también la funcionalidad de la infraestructura auxiliar y el entorno humano inmediato.	riesgos sanitarios, de seguridad, operativos y percepción negativa del manejo ambiental del proyecto.	podrá afectar la percepción del entorno intervenido y las condiciones de seguridad en las áreas de almacenamiento, tránsito y operación relacionadas con el manejo de materiales y residuos. Este efecto se considera **directo, concurrente y de mediana duración**, debido a que deriva de las actividades cotidianas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Apartado IV.2: Medidas de prevención, mitigación y compensación..

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
1	**Impacto: Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.**		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**. Restauración o compensación sólo serían aplicables si la remoción de biomasa afectara áreas con valor ecológico relevante o si fuera necesario compensar pérdida de cobertura vegetal	**Nombre: Evitar acumulación y abandono de biomasa.** evitando desmontes innecesarios y conservando cobertura vegetal compatible con la operación del parque. Esta medida se alinea con la jerarquía de mitigación, que prioriza evitar impactos antes de minimizarlos o compensarlos (IFC, 2012)[1]. 2. **Prohibir la quema de biomasa vegetal**, ya que la combustión abierta libera CO_2 y otros contaminantes atmosféricos; el IPCC reconoce que la biomasa y los residuos vegetales pueden generar emisiones de CO_2 y gases distintos de CO_2 dependiendo de su manejo y destino (IPCC, 2019)[2]. 3. **Triturar y reincorporar selectivamente residuos vegetales como acolchado o materia orgánica**, en áreas donde sea técnicamente viable, para favorecer protección del suelo, reducción de erosión y mantenimiento de carbono orgánico. La FAO reconoce que el manejo de materia orgánica y carbono del suelo es relevante para conservar o incrementar reservas de carbono en sistemas agrícolas y de pastizal (FAO, s. f.)[3]. 4. **Retirar y valorizar biomasa excedente mediante gestores autorizados o usos compatibles**, como composta controlada, acolchado, cobertura temporal o aprovechamiento autorizado, evitando acumulaciones prolongadas. 5. **Evitar acopios voluminosos y prolongados de biomasa húmeda**, porque pueden favorecer descomposición anaerobia parcial y generación de CH_4 y N_2O bajo ciertas condiciones. 6. **Mantener registro de volumen o peso aproximado de biomasa removida y destino final**, para documentar trazabilidad y manejo ambiental.	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con la logística normal de preparación del sitio y construcción; requieren delimitación de áreas, supervisión ambiental, manejo de residuos vegetales y coordinación con contratistas. **Viabilidad económica:** Alta a media. La prevención de desmontes innecesarios y prohibición de quema tienen bajo costo. La trituración, traslado o compostaje controlado puede implicar costos moderados, pero son manejables frente al costo general de obra. **Viabilidad ambiental:** Alta. Reduce emisiones evitables, limita pérdida innecesaria de biomasa, favorece protección del suelo y disminuye la generación de residuos vegetales sin manejo.
2	Impacto: Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo.		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**. También pueden tener carácter de **restauración funcional** cuando se promueve recuperación de cobertura herbácea compatible con la operación del parque	**Nombre: Mantener cobertura vegetal compatible bajo y entre paneles**, evitando configuraciones excesivamente cerradas que limiten ventilación, entrada de luz difusa y recuperación de cobertura herbácea. La literatura muestra que los paneles pueden modificar radiación, temperatura,	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con el diseño, operación y mantenimiento de una planta fotovoltaica; requieren integración al diseño de arreglo, programa de revegetación, manejo de vegetación, drenaje

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		viento y humedad bajo los arreglos solares, por lo que el diseño espacial es determinante para el comportamiento microclimático (Armstrong et al., 2016)[4]; (Choi et al., 2020)[5]. 2. **Conservar o restablecer cobertura herbácea baja bajo y entre módulos**, usando especies nativas o compatibles con el sitio, para estabilizar suelo, reducir erosión y amortiguar cambios de temperatura y humedad. Estudios en sistemas agrivoltaicos reportan que la sombra de paneles puede aumentar humedad del suelo y modificar biomasa vegetal, por lo que el manejo de vegetación es clave para evitar simplificación ecológica o pérdida de funcionalidad (Barron-Gafford *et al*., 2019)[6]; (Adeh *et al*., 2018)[7]. 3. **Evitar suelo desnudo prolongado debajo de los paneles**, mediante revegetación, acolchado orgánico controlado o mantenimiento de cobertura natural compatible, para reducir evaporación extrema, erosión y compactación. 4. **Manejar la escorrentía generada por los bordes de los paneles**, evitando concentración de goteo, surcos erosivos o encharcamientos mediante microdrenajes, dispersión superficial, cobertura vegetal y mantenimiento de pendientes suaves. 5. **Restringir el tránsito de maquinaria bajo los módulos**, salvo actividades de mantenimiento indispensables, para evitar compactación y pérdida de porosidad que alteren humedad e intercambio aire-suelo. 6. **Monitorear temperatura y humedad del suelo en puntos bajo panel, entre hileras y áreas testigo**, ya que la evidencia reciente indica que los parques solares pueden generar microclimas diferenciados y efectos variables según diseño, clima y manejo del sitio (Gao *et al*., 2023)[8]; (Száz *et al*., 2025)[9]. La modificación microclimática bajo paneles no debe asumirse automáticamente como negativa en todos sus componentes, ya que puede reducir radiación directa y evaporación e incluso aumentar humedad del suelo bajo ciertas condiciones; sin embargo, también puede generar contrastes microambientales, suelo desnudo, encharcamientos o cambios en flora y microfauna si no se maneja adecuadamente. Por ello, la medida más sólida consiste en mantener cobertura herbácea compatible, evitar compactación, controlar líneas de goteo y monitorear humedad-temperatura en puntos representativos. Con estas acciones, la residualidad del impacto puede mantenerse entre **baja y media**, limitada al entorno inmediato de los	superficial y monitoreo ambiental. **Viabilidad económica:** Media-alta. La conservación de cobertura herbácea y el control de tránsito tienen bajo costo; el monitoreo con sensores de humedad y temperatura implica costos moderados, pero puede aplicarse por muestreo representativo. **Viabilidad ambiental:** Alta. Las medidas reducen suelo desnudo, estabilizan humedad, evitan erosión y permiten conservar microambientes funcionales para flora herbácea, microfauna y procesos de regeneración local.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		arreglos fotovoltaicos.	
3	Impacto: Alteración del patrón tarural de escurrimientos pluviales temporles por la modificación del relieve y de la cobertura vegetal del sitio.		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**; de **restauración** en áreas temporalmente intervenidas. La compensación no es la respuesta principal, salvo que se afectaran cauces, escurrimientos funcionales o zonas de infiltración relevantes. En la expresión extrema de residualidad la medida se convierte en una acción de compensación.	**Nombre: Diseño de drenaje pluvial superficial compatible con el patrón natural de escurrimientos**, evitando concentrar caudales en puntos únicos o descargar agua hacia predios vecinos sin control. Las mejores prácticas de manejo de escurrimientos en obra recomiendan planear controles de erosión, sedimentos y escorrentía desde el diseño del sitio (EPA, 2026)[10]; (IFC, 2024)[11]. 2. **Conservación de pendientes suaves y micro relieve funcional**, limitando nivelaciones extensivas a lo estrictamente necesario. 3. **Mantenimiento o restablecimiento de cobertura herbácea bajo y entre arreglos fotovoltaicos**, para favorecer infiltración, reducir velocidad del flujo y controlar erosión; los estudios específicos sobre parques solares señalan que la vegetación y los interespacios entre hileras son elementos clave para manejar escurrimientos en instalaciones FV de gran escala (NREL, 2024)[12]. 4. **Implementación de cunetas verdes, franjas filtrantes, bordos bajos, disipadores de energía, zanjas de infiltración o pequeñas obras de retención temporal**, según pendiente, suelo y dirección natural del flujo. 5. **Control de sedimentos durante construcción**, mediante barreras filtrantes, pacas, geotextiles, trampas de sedimento y protección de taludes o suelos desnudos. La EPA destaca que el sedimento suele ser uno de los principales contaminantes asociados a escurrimientos de sitios en construcción (EPA, 2023)[13]. 6. **Manejo de líneas de goteo de paneles**, evitando formación de surcos mediante cobertura vegetal, dispersión superficial o material estabilizador en puntos críticos. 7. **Restricción del tránsito de maquinaria a caminos definidos**, para reducir compactación y pérdida de infiltración. 8. **Inspección después de lluvias intensas**, ya que los controles de erosión y sedimentos requieren verificación y mantenimiento periódico para conservar su efectividad (EPA, 2021)[14]. **Síntesis de la medida:** La estrategia ambiental debe orientarse a que el proyecto no convierta escurrimientos difusos en descargas concentradas, ni suelos temporalmente desnudos en fuentes de erosión y sedimentos. Para ello, el diseño debe conservar en lo posible el patrón natural de drenaje, mantener cobertura	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con el diseño y operación de una planta fotovoltaica; pueden integrarse al diseño civil, al Programa de Vigilancia Ambiental y al mantenimiento de caminos, cunetas, franjas vegetadas y áreas bajo módulos. **Viabilidad económica:** Media-alta. La prevención mediante diseño de drenaje, conservación de cobertura y control de tránsito tiene menor costo que corregir erosión, cárcavas o afectaciones a predios colindantes. La estabilización temprana del suelo suele ser más eficiente que reparar erosión después de ocurrida (MPCA, 2026)[15]. Alta. Reduce erosión, arrastre de sedimentos, compactación, pérdida de infiltración y alteración del drenaje superficial, manteniendo en lo posible la funcionalidad hidrológica local. **En un escenario de residualidad elevada, los indicadores que se proponen son:** **Indicador de resultado:** Número, superficie y funcionalidad de sitios compensados o mejorados con capacidad de captación y almacenamiento temporal. **Indicador de eficiencia:** Cumplimiento de metas de compensación funcional respecto de lo programado.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		vegetal compatible con la operación solar, controlar compactación, estabilizar superficies expuestas y verificar el desempeño de las obras después de lluvias. Bajo estas condiciones, la residualidad esperada del impacto será **baja a media**, dependiendo de la pendiente, textura del suelo, intensidad de lluvias y eficacia del mantenimiento. La alta residualidad del impacto obliga a que Cuando la afectación no pueda evitarse, desarrollar medidas de compensación funcional que restituyan, en la mayor medida posible, la capacidad local de captación pluvial y almacenamiento temporal, o que fortalezcan sitios remanentes de valor hidrológico similar dentro del ámbito de influencia del proyecto. La compensación debe privilegiar equivalencia funcional antes que una simple sustitución física formal. En este caso y dado que la afectación de pequeños embalses de almacenamiento estacional de agua no pueda evitarse, la compensación se orientará a la **restitución funcional de la captación pluvial y del almacenamiento temporal,** dentro del ámbito de influencia del proyecto, en embalses de ubicación próxima al AeP. Para ello, se prevé aplicar, de manera individual o combinada, dos medidas compensatorias tipo: **i)** la habilitación, restauración o reconformación de embalses estacionales compensatorios en la misma unidad de escurrimiento o en una unidad hidrológicamente equivalente, con capacidad efectiva de captación y retención temporal comparable a la perdida; y el fortalecimiento hidrológico de sitios remanentes mediante la rehabilitación de bordos o depresiones existentes, control de sedimentos, revegetación protectora y pequeñas obras de retención e infiltración en microcuencas de aporte. En ambos casos, la compensación deberá privilegiar la **equivalencia funcional**, acreditando que las acciones propuestas restablecen, en la mayor medida posible, las funciones de almacenamiento temporal, regulación de escurrimientos, infiltración y soporte ecológico local, antes que limitarse a una sustitución física meramente formal	
	Prevención, mitigación, control y seguimiento	**Nombre:** mantener continuidad funcional de escurrimientos temporales. **Descripción de la medida o medidas:** Mantener, en la	**Indicador de resultado:** Mantenimiento de trayectorias funcionales de escurrimiento; ausencia de encharcamientos anómalos, erosión inducida o

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		medida de lo técnicamente posible, la continuidad funcional de los escurrimientos temporales existentes; diseñar y ejecutar obras de drenaje menor, pasos hidráulicos, cunetas, desvíos controlados o estructuras de conducción que respeten la lógica natural del flujo superficial y eviten obstrucciones o concentraciones artificiales del escurrimiento; conservar cobertura protectora y estabilización en puntos críticos; limitar cortes, terraplenes o perfilamientos innecesarios; y dar mantenimiento periódico a las obras hidráulicas para prevenir taponamientos, erosión secundaria o redireccionamientos anómalos del flujo. **Viabilidad técnica:** Alta, porque las medidas pueden incorporarse al diseño y manejo ordinario de obra, siempre que exista identificación previa de patrones de escurrimiento y puntos críticos. **Viabilidad económica:** Media-alta, por tratarse de medidas de ingeniería menor y mantenimiento compatibles con el presupuesto del proyecto. **Eficacia ambiental esperada:** Alta en la reducción de alteraciones localizadas del escurrimiento, y media frente a eventos pluviales extraordinarios o condiciones de relieve muy sensibles. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Formación de flujos concentrados no previstos; taponamientos; erosión o socavación aguas abajo; encharcamientos persistentes; pérdida de control del escurrimiento en cruces o taludes. **Punto de verificación del avance de la medida:** Cunetas, pasos hidráulicos, líneas naturales de escurrimiento, puntos bajos del terreno, zonas de descarga, taludes y áreas con modificación de relieve. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque aunque las medidas pueden conservar en buena medida la funcionalidad hidráulica local, siempre subsiste un remanente derivado de la modificación del relieve, de la cobertura vegetal y de la ocupación del sitio.	desbordamientos generados por la obra; estabilidad de puntos de conducción y descarga. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de puntos críticos con obras de control instaladas y operativas; cumplimiento del mantenimiento preventivo y correctivo de drenajes y estructuras de conducción.
4	Degradación de la calidad **y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.**		
	Prevención, mitigación, restauración y seguimiento	**Nombre:** delimitación y señalización de rutas obligatorias y áreas de maniobra. Delimitar y señalizar rutas obligatorias de tránsito y áreas de maniobra; restringir el tránsito de maquinaria pesada a superficies previamente definidas; evitar circulación	**Indicador de resultado:** Superficie efectivamente afectada por compactación o pérdida de estructura del suelo respecto de la superficie total intervenida; condición física del suelo en áreas rehabilitadas. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de rutas y

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		innecesaria fuera de caminos y plataformas autorizadas; programar maniobras en condiciones de humedad no críticas; retirar, acopiar y conservar de manera diferenciada la capa superficial del suelo con mayor valor edáfico donde ello proceda; descompactar o subsolar localmente superficies alteradas al término de las obras temporales; y restaurar o revegetar áreas temporalmente ocupadas para recuperar parcialmente su funcionalidad. **Clasificación de la medida:** Prevención, mitigación, restauración y seguimiento. **Viabilidad técnica:** Alta, porque depende principalmente de organización de obra, balizamiento, supervisión ambiental y procedimientos constructivos ordinarios. **Viabilidad económica:** Alta, ya que se basa en medidas de control operativo y en acciones de rehabilitación local compatibles con el presupuesto normal de construcción. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta; reduce compactación innecesaria, preserva mejor la estructura superficial del suelo y evita una degradación extendida, aunque no elimina totalmente la alteración en superficies ocupadas por obra.	áreas de maniobra efectivamente delimitadas y respetadas; porcentaje de áreas temporales rehabilitadas respecto de las programadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Huellas de maquinaria fuera de rutas autorizadas; compactación generalizada; encharcamientos anómalos; formación de costra superficial; pérdida evidente de porosidad y ausencia de recuperación en áreas temporales. **Punto de verificación del avance de la medida:** Caminos internos, patios de maniobra, frentes de obra, superficies temporalmente ocupadas y áreas sujetas a rehabilitación. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque aun con control operativo y rehabilitación puede persistir alteración de la estructura y funcionalidad del suelo en áreas intervenidas, aunque con una extensión y severidad significativamente menores.
5	Impacto: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.		
	Prevención, mitigación y compensación	**Nombre:** ajustar la ocupación de superficie estrictamente necesaria. Ajustar la ocupación del proyecto a la superficie estrictamente necesaria; evitar ampliaciones innecesarias de plataformas, caminos y áreas auxiliares; conservar, donde sea viable, superficies sin uso con función de amortiguamiento; delimitar claramente las zonas de ocupación permanente y temporal; restituir funcionalidad de las áreas temporales una vez concluidas las obras; y, cuando proceda, establecer acciones compensatorias o de manejo territorial que reconozcan la pérdida funcional del suelo previamente destinado a uso agrícola. **Clasificación de la medida:** Prevención, mitigación y compensación. **Viabilidad técnica:** Alta, porque depende de control de diseño y de implantación física del proyecto. **Viabilidad económica:** Media-alta, dado que implica disciplina de ocupación y recuperación de áreas temporales,	**Indicador de resultado:** Superficie agrícola efectivamente sustituida por infraestructura respecto de la inicialmente prevista; superficie temporalmente ocupada que fue reincorporada a una condición funcional. **Indicador de eficiencia:** Diferencia entre superficie autorizada de ocupación y superficie realmente utilizada; porcentaje de áreas temporales recuperadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Expansión de ocupación permanente más allá de lo programado; uso de áreas auxiliares no autorizadas; permanencia de superficies temporales sin rehabilitación. **Punto de verificación del avance de la medida:** Polígonos de ocupación permanente, caminos, patios de maniobra, áreas temporales y cartografía de implantación final.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		más que inversiones extraordinarias. **Eficacia ambiental esperada:** Media; puede reducir la superficie innecesariamente sustraída y acotar la pérdida funcional, pero no evita la sustitución en las áreas de ocupación permanente.	**Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta, porque la sustitución del suelo agrícola persiste en las superficies ocupadas de forma permanente, aunque su alcance puede limitarse mediante una implantación estrictamente controlada y la recuperación de áreas temporales.
5	**Impacto:** Impacto: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto		
	Restauración y seguimiento.	**Nombre:** reducir remoción de cobertura vegetal al mínimo indispensable**.** Reducir la remoción de cobertura vegetal al mínimo indispensable; ejecutar desmonte selectivo y secuencial; conservar y manejar adecuadamente la capa superficial del suelo; evitar exposición prolongada del sustrato desnudo; revegetar superficies temporales con especies nativas o coberturas protectoras; estabilizar zonas críticas; y conservar remanentes vegetales que contribuyan a mantener procesos de infiltración, retención de humedad, actividad biológica y protección física del suelo. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media-alta. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta; reduce el deterioro derivado de la exposición y pérdida de protección vegetal, y mejora la probabilidad de recuperación funcional del sustrato.	**Indicador de resultado:** Condición de cobertura del suelo, estabilidad superficial, presencia de regeneración o cobertura protectora y recuperación visible de funciones físicas básicas en áreas intervenidas. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de superficie expuesta que recibe cobertura protectora, estabilización o revegetación en el tiempo programado. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Suelos desnudos por periodos prolongados; pérdida de finos; agrietamiento o encostramiento; disminución de cobertura de restauración; escasa recuperación biológica del sustrato. **Punto de verificación del avance de la medida:** Frentes desmontados, áreas desprovistas de vegetación, zonas revegetadas, superficies temporales y remanentes de vegetación protectora. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque parte de la alteración edáfica puede persistir, aunque la pérdida de funcionalidad y la afectación de procesos ecológicos del suelo se reducen si el control de exposición y la restauración se aplican oportunamente
6	**Impacto: Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico.**		
	Prevención, mitigación y seguimiento	**Nombre:** programar remoción y excavaciones por etapas. Programar remoción de vegetación y excavaciones por etapas para no dejar superficies amplias y desnudas al mismo tiempo; instalar obras de control de erosión y retención de sedimentos; proteger taludes y cortes; mantener cobertura temporal o definitiva en zonas expuestas; definir drenes y desvíos controlados donde se	**Indicador de eficiencia:** Porcentaje de áreas expuestas con medidas activas de control de erosión; número de estructuras de control instaladas y mantenidas respecto de las programadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Formación de surcos o cárcavas; depósitos de sedimento aguas abajo; socavación; pérdida visible

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		requiera; limitar tránsito sobre superficies susceptibles; y rehabilitar de manera temprana las áreas concluidas. **Viabilidad técnica:** Alta, porque las obras y prácticas de control de erosión forman parte de la gestión ordinaria de construcción en sitios vulnerables. **Viabilidad económica:** Media, dado que algunas obras de control y mantenimiento requieren inversión adicional, aunque razonable y proporcional al riesgo. **Eficacia ambiental esperada:** Alta en el control de erosión localizada y moderada en escenarios de eventos climáticos intensos; en general reduce significativamente la pérdida de suelo y el transporte de sedimentos si se implementa de forma temprana.	de capa superficial; daños en estructuras de control; superficies desnudas sin estabilización. **Punto de verificación del avance de la medida:** Áreas desmontadas, excavaciones, taludes, cunetas, obras de control, zonas de arrastre y puntos bajos de acumulación de sedimentos. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque el riesgo erosivo puede persistir en cierta medida durante el periodo de exposición del suelo, aunque con magnitud sustancialmente menor cuando las medidas se aplican de forma preventiva y sostenida.
7	Impacto: **Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna, debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen**		
	Prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación.	**Nombre:** delimitación estricta de frentes de obra. Reducción del desmonte al mínimo indispensable; conservación de manchas de vegetación remanente; revegetación con especies nativas; mantenimiento de espacios sin uso ecológicamente funcionales; control de perturbaciones recurrentes. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media-alta, porque la revegetación y el mantenimiento de remanentes requieren inversión moderada y continuidad. **Eficacia ambiental esperada:** Media; reduce la pérdida neta de hábitat y favorece recolonización parcial.	**Indicador de resultado:** Variación en riqueza específica, abundancia relativa y composición de gremios faunísticos en sitios intervenidos y de referencia. **Indicador de eficiencia:** Superficie efectivamente conservada o revegetada respecto de la programada. **Signos de falla:** Simplificación marcada de comunidades faunísticas, ausencia de recolonización, baja supervivencia de revegetación. **Punto de verificación del avance:** Áreas desmontadas, remanentes vegetales, zonas revegetadas y sitios de monitoreo. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque persiste una reducción del hábitat disponible, aunque con menor intensidad por conservación y restauración parcial
8	**Impacto: Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por la pérdida o modificación de su hábitat como consecuencia de la remoción de la vegetación**		
	Prevención, mitigación y compensación funcional	**Nombre**: reducción del desmonte al mínimo necesario. Conservación de corredores internos y perimetrales; instalación de pasos de fauna; diseño permeable del cercado en tramos compatibles con seguridad; protección de áreas de tránsito; manejo de bordes para evitar efecto barrera total.	**Indicador de resultado:** Frecuencia de uso de pasos de fauna y corredores remanentes mediante fototrampeo, huellas o rastros. **Indicador de eficiencia:** Número de pasos instalados y operativos respecto de los programados; longitud de cercado con

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Viabilidad técnica: Media-alta, porque depende del diseño ejecutivo y de compatibilizar seguridad con permeabilidad biológica. **Viabilidad económica:** Media, por requerir adecuaciones específicas en cercado, pasos y manejo de corredores. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta, especialmente para fauna menor y mediana; menor para especies altamente sensibles o de gran movilidad.	permeabilidad funcional. **Signos de falla:** Acumulación de fauna en perímetros, intentos fallidos de cruce, desaparición de tránsito entre parches. **Punto de verificación del avance:** Cercado perimetral, pasos de fauna, corredores identificados y linderos con vegetación remanente. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta, porque la ocupación del espacio y el efecto barrera persisten, aunque parcialmente atenuados.
9	**Impacto: Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área del proyecto.**		
	Prevención, mitigación, compensación y seguimiento especializado.	**Nombre**: conservación de corredores internos y perimetrales. Prospección específica previa; microzonificación de áreas sensibles; exclusión de refugios, nidos o sitios de anidación; rescate especializado; programación restrictiva de actividades; compensación ecológica focalizada si persiste afectación relevante. **Viabilidad técnica:** Media, porque requiere especialistas y decisiones finas de microdiseño y calendario. **Viabilidad económica:** Media, por costos de especialización y monitoreo focal. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta en prevención de afectación directa; media en control de alteraciones de hábitat más amplias.	**Indicador de resultado:** Permanencia de registros de especies focales y conservación de sitios críticos funcionales. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de microhábitats críticos identificados y efectivamente protegidos o manejados. **Signos de falla:** Mortalidad, abandono de refugios, desaparición de registros de especies prioritarias, destrucción de sitios críticos. **Punto de verificación del avance:** Refugios, zonas de anidación, áreas de alimentación y polígonos de exclusión. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta o muy alta, dependiendo de la especie; en especies de distribución restringida el remanente puede seguir siendo relevante aun con medidas robustas
10	**Impacto:** Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales.		
	Prevención, mitigación y seguimiento adaptativo	**Nombre:** prospección específica previa. Objetivo: Identificar de manera previa al inicio de las actividades de preparación del sitio las especies de fauna presentes en las áreas susceptibles de intervención, particularmente aquellas con movilidad restringida o dependencia de microhábitats específicos, a fin de prevenir afectaciones directas sobre individuos, refugios, sitios de reproducción y rutas locales de desplazamiento, así como generar información que permita ajustar las actividades	**Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta para especies de movilidad baja o media; media para fauna de mayor requerimiento espacial. **Indicadores de resultado** • Porcentaje de superficies programadas para intervención que fueron prospectadas previamente.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		constructivas mediante un esquema de manejo adaptativo orientado a mantener la conectividad funcional del hábitat. **Descripción de la medida** Previo al inicio de las actividades de desmonte, despalme, apertura de caminos, excavaciones y habilitación de áreas auxiliares, se realizará una prospección dirigida por personal especializado en fauna silvestre. La prospección comprenderá: • Recorridos sistemáticos en las superficies programadas para intervención inmediata. • Búsqueda activa de individuos, madrigueras, refugios, nidos, oquedades, zonas de alimentación y otros elementos utilizados por la fauna. • Identificación de corredores de desplazamiento locales y áreas con mayor concentración de registros. • Delimitación temporal de zonas sensibles cuando se detecten individuos o estructuras biológicas relevantes. • Aplicación de medidas de ahuyentamiento pasivo y rescate de individuos cuando resulte procedente conforme a la normatividad ambiental aplicable. • Registro georreferenciado de observaciones y elaboración de reportes de campo. • Ajuste de las actividades constructivas cuando los resultados indiquen la necesidad de conservar temporalmente ciertos sectores o modificar secuencias de trabajo. **Periodicidad de aplicación** • Una prospección integral previa al inicio de cada frente de obra. • Prospecciones complementarias antes de la intervención de nuevas áreas no evaluadas previamente. • Verificaciones extraordinarias después de periodos prolongados de inactividad de obra o posterior a eventos climáticos relevantes que puedan modificar los patrones de ocupación de fauna. **Plazo de ejecución** • Desde el inicio de la etapa de preparación del sitio y durante toda la etapa de construcción. • La medida deberá mantenerse activa mientras existan	• Número de individuos detectados y manejados preventivamente antes del ingreso de maquinaria. • Número de refugios, madrigueras, nidos o sitios de importancia biológica identificados. • Longitud o superficie de corredores funcionales identificados y considerados en la planificación de obras. • Número de ajustes operativos implementados con base en los resultados de las prospecciones. **Indicadores de eficacia** • Porcentaje de frentes de obra intervenidos sin registrar mortalidad directa atribuible a las actividades constructivas. • Reducción de incidentes de atropellamiento o afectación directa respecto de las áreas sin manejo preventivo. • Porcentaje de individuos detectados que fueron exitosamente desplazados, protegidos o reubicados. • Mantenimiento de registros de fauna en áreas adyacentes durante el desarrollo de las obras. • Ausencia de interrupciones significativas en las rutas locales de desplazamiento identificadas durante el monitoreo. **Signos de falla de la medida** • Registro recurrente de individuos lesionados o muertos dentro de los frentes de obra. • Detección de madrigueras, refugios o sitios de reproducción destruidos durante las actividades constructivas. • Hallazgo frecuente de fauna dentro de áreas previamente liberadas para construcción. • Evidencia de interrupción de rutas de desplazamiento utilizadas por especies de movilidad restringida. • Quejas, observaciones o requerimientos de la autoridad derivados de afectaciones no previstas a la fauna. • Incremento sostenido de eventos de rescate de emergencia durante las actividades de construcción.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		nuevas superficies sujetas a intervención.	**Puntos de verificación** • Bitácoras de prospección de fauna. • Registros georreferenciados de observaciones. • Reportes fotográficos de recorridos y hallazgos. • Planos actualizados de frentes de obra y áreas evaluadas. • Informes de rescate y reubicación de individuos. • Reportes periódicos del Programa de Vigilancia Ambiental. **Efectos residuales esperados después de la aplicación** Aun con la implementación adecuada de la medida, pueden persistir efectos residuales de baja magnitud asociados a modificaciones locales en los patrones de movimiento de algunas especies, desplazamientos temporales hacia hábitats adyacentes y reducción parcial de la disponibilidad de ciertos microhábitats. No obstante, la prospección específica previa y el manejo adaptativo permiten disminuir significativamente la probabilidad de mortalidad directa, reducir la pérdida de individuos de movilidad restringida y mantener la conectividad funcional del paisaje en niveles compatibles con la conservación de las poblaciones locales.
11	**Impacto: afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat.**		
	Prevención, mitigación y restauración	**Nombre:** Identificación de rutas funcionales, conservación de pasos. Conservación de elementos heterogéneos del sitio; mantenimiento de franjas vegetadas; protección de cuerpos de agua temporales remanentes; revegetación dirigida; manejo de bordes y mosaicos funcionales. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media. **Eficacia ambiental esperada:** Media; ayuda a evitar homogeneización extrema del sitio, pero no elimina la transformación del paisaje.	**Indicador de resultado:** Permanencia de unidades funcionales de hábitat y continuidad de uso por avifauna. **Indicador de eficiencia:** Superficie de elementos heterogéneos conservados o restaurados respecto de la meta. **Signos de falla:** Homogeneización del paisaje, pérdida de uso por aves, desaparición de elementos de borde o refugio. **Punto de verificación del avance:** Bordos, depresiones, franjas vegetadas, remanentes y paisaje inmediato.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			Efectos residuales después de su aplicación: Residualidad media-alta.
12	Impacto: Reducción de la heterogeneidad ambiental y e la conectividad funcional del paisaje.		
	Prevención	Medida (18).1: Ejecución del Programa de protección, rescate, reubicación y conservación de flora nativa previo al desmonte. **Objetivo:** prevenir la pérdida innecesaria de especies vegetales y minimizar la reducción de la riqueza florística mediante la identificación, delimitación y conservación de comunidades vegetales, ejemplares de interés ecológico y especies bajo alguna categoría de protección antes del inicio de las actividades de preparación del sitio. La prevención temprana constituye la medida más efectiva para reducir los impactos sobre la biodiversidad vegetal, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos donde los procesos de recuperación natural suelen ser lentos (IFC, 2012, *op. Cit.*); (IUCN & BC, 2021)[16]. **Descripción:** previo al desmonte se realizará un inventario florístico detallado para identificar especies dominantes, endémicas, protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, ejemplares de gran porte, comunidades vegetales bien conservadas y zonas con alta diversidad. Con base en dicho inventario se delimitarán áreas de exclusión y conservación dentro del proyecto, procurando evitar la afectación de manchones de vegetación de alto valor ecológico. Asimismo, se implementará un programa de rescate y reubicación de individuos susceptibles de trasplante hacia zonas de conservación internas o áreas receptoras previamente autorizadas. Esta medida se alinea con la jerarquía de mitigación, que establece la evitación como la primera estrategia para reducir pérdidas de biodiversidad (IFC, 2012, op. Cit.); (Bennun et al., 2021, *op. Cit.*). **Periodicidad** • Una vez antes del inicio de las actividades de desmonte. • Supervisión ambiental permanente durante la preparación del sitio.	**Indicadores de cumplimiento** 1. Inventario florístico elaborado y validado. 2. Superficie delimitada como área de conservación. 3. Número de individuos rescatados respecto al total identificado como rescatable. 4. Registros georreferenciados de ejemplares protegidos. 5. Bitácoras de supervisión ambiental durante el desmonte. **Indicadores de eficacia** 1. Supervivencia de individuos rescatados después de 12 meses. 2. Conservación de especies prioritarias identificadas durante la línea base. 3. Reducción de la superficie efectivamente desmontada respecto a la inicialmente proyectada. 4. Permanencia de comunidades vegetales conservadas dentro del predio. **Signos de alerta** • Mortalidad elevada de ejemplares rescatados. • Afectación accidental de áreas de exclusión. • Presencia de especies protegidas fuera de las áreas delimitadas. • Incremento de superficies desmontadas no autorizadas.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Plazo de ejecución Desde la etapa previa a la construcción y hasta la conclusión de las actividades de desmonte y despalme.	**Efectos residuales esperados** Persistirá una pérdida parcial de individuos vegetales debido a la ocupación permanente del terreno por paneles, caminos e infraestructura auxiliar. Sin embargo, la conservación de áreas de exclusión y el rescate de ejemplares reducirá significativamente la magnitud del impacto sobre la riqueza florística original.
13	**Impacto: Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.**		
	Fundamentalmente **preventivas**, complementadas con medidas de **mitigación** y **restauración**. Debido a que este impacto es completamente evitable mediante una adecuada gestión del desmonte, las medidas preventivas constituyen el núcleo de la estrategia ambiental (IFC, 2012, *op. Cit*.).	1. **Elaborar y ejecutar un Programa de Desmonte Selectivo**, estableciendo previamente la vegetación a conservar, las áreas de exclusión y los límites precisos de intervención. 2. **Delimitar físicamente las áreas autorizadas de desmonte** mediante estacado, cinta de señalización, malla o referencias visibles antes del ingreso de maquinaria. 3. **Realizar un recorrido de marcaje ambiental previo**, identificando árboles, arbustos, agrupaciones vegetales y elementos ecológicamente relevantes susceptibles de conservación. 4. **Capacitar a operadores y supervisores de obra** respecto de los límites autorizados y de las restricciones ambientales aplicables. 5. **Mantener supervisión ambiental permanente durante el desmonte**, con facultades para detener actividades fuera de las áreas aprobadas. 6. **Conservar vegetación en bordes, franjas de amortiguamiento y áreas no requeridas para las obras**, favoreciendo la continuidad de funciones ecológicas. 7. **Restaurar las superficies afectadas innecesariamente**, mediante revegetación con especies compatibles y recuperación de la capa superficial del suelo. La literatura especializada reconoce que la delimitación previa, el desmonte selectivo y la conservación de vegetación remanente constituyen las medidas más eficaces para minimizar pérdidas innecesarias de cobertura vegetal (IFC, 2012; FAO, 2021). **Viabilidad técnica:** Muy alta. Todas las medidas corresponden a procedimientos de gestión ambiental rutinarios que pueden aplicarse antes y durante el desmonte sin requerir infraestructura especializada. Viabilidad económica: Muy alta. El costo de delimitación,	

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		señalización y supervisión ambiental es significativamente menor que el costo asociado a la restauración posterior o a posibles incumplimientos ambientales. Además, la reducción del área desmontada disminuye costos de limpieza, transporte y manejo de residuos vegetales. **Viabilidad ambiental:** Muy alta. La aplicación de las medidas permite reducir de manera sustancial la pérdida innecesaria de vegetación, conservar microhábitats y disminuir efectos secundarios sobre suelo, fauna y paisaje.	
14	**Impacto: reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal**		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta es fundamentalmente de **prevención**, complementada con acciones de **mitigación**, **restauración** y, cuando la pérdida de cobertura vegetal no pueda revertirse dentro del área de establecimiento del proyecto, con medidas de **compensación ambiental**. La prevención tiene como finalidad evitar la remoción innecesaria de vegetación mediante la delimitación precisa de las áreas autorizadas de desmonte, la ejecución de desmontes selectivos y la protección de la vegetación que permanecerá en el predio. La mitigación se orienta a disminuir la magnitud de la pérdida de cobertura vegetal durante la ejecución de las obras, mientras que la restauración busca recuperar la cobertura vegetal en las áreas temporalmente afectadas o que no formen parte de la infraestructura permanente. La compensación se aplicará exclusivamente respecto de la superficie cuya remoción resulte permanente y conforme a las disposiciones establecidas en la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales y demás instrumentos jurídicos aplicables.	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Protección, Rescate, Restauración y Compensación de la Cobertura Vegetal. **Objetivo:** Minimizar la pérdida de cobertura vegetal derivada del establecimiento del proyecto mediante la estricta delimitación de las superficies autorizadas para desmonte, la conservación de toda la vegetación que no interfiera con la infraestructura, la ejecución de desmontes selectivos, el rescate y reubicación de individuos de flora silvestre susceptibles de conservación, la restauración progresiva de las áreas temporalmente afectadas y la compensación de la pérdida permanente de vegetación mediante las acciones autorizadas por la autoridad competente. La medida deberá iniciar antes del comienzo de la preparación del sitio con el levantamiento y señalización física de los límites autorizados para el desmonte y la identificación de individuos de flora sujetos a rescate o conservación. Durante la preparación del sitio y la construcción deberá mantenerse una supervisión ambiental permanente para verificar que la remoción de vegetación se limite exclusivamente a las superficies autorizadas y que no ocurran desmontes innecesarios o fuera de los polígonos aprobados. Paralelamente se desarrollarán las actividades de rescate y reubicación de flora, manejo de material vegetal, conservación de árboles aislados, establecimiento de barreras de protección para la vegetación remanente y control del tránsito de maquinaria. Durante la operación y mantenimiento se conservará la cobertura vegetal compatible con la seguridad y operación del parque fotovoltaico, privilegiando el desarrollo de vegetación herbácea y arbustiva nativa. Finalmente, durante el desmantelamiento se procederá a la restauración integral del sitio, favoreciendo el restablecimiento de la cobertura vegetal	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la delimitación física del cien por ciento de las áreas autorizadas para desmonte antes del inicio de las obras; la elaboración y aplicación del programa de rescate y reubicación de flora; la supervisión ambiental permanente durante las actividades de remoción de vegetación; el porcentaje de individuos rescatados respecto de los programados; la superficie efectivamente desmontada en comparación con la superficie autorizada; el mantenimiento de la vegetación que no interfiera con la infraestructura; la ejecución de las actividades de restauración en las áreas temporalmente afectadas; el establecimiento y mantenimiento de las superficies sujetas a compensación; y la integración de reportes técnicos y evidencia fotográfica que documenten cada una de estas actividades. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la ausencia de desmontes fuera de las áreas autorizadas; la reducción de la superficie efectivamente desmontada respecto de la originalmente prevista cuando ello sea técnicamente posible; la supervivencia de los individuos de flora reubicados conforme a las metas establecidas en el programa específico; la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en las áreas restauradas; el incremento de la cobertura herbácea y arbustiva durante la operación; la disminución de procesos erosivos asociados a la pérdida de vegetación; la ausencia de mortalidad masiva de individuos reubicados; y el cumplimiento de las metas de compensación forestal establecidas por la autoridad

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		y la recuperación de los procesos naturales de sucesión ecológica.	ambiental. Constituirán **signos de alerta** la remoción de vegetación fuera de los límites autorizados; la ampliación no prevista de las áreas de desmonte; el derribo innecesario de árboles o arbustos; la afectación de individuos previamente identificados para su conservación; la circulación de maquinaria sobre áreas excluidas del desmonte; la baja supervivencia de los individuos rescatados; la aparición de procesos erosivos intensos derivados de la pérdida de cobertura vegetal; el establecimiento de especies invasoras en áreas restauradas; el incumplimiento del programa de compensación; o cualquier modificación de la cobertura vegetal distinta a la autorizada. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la suspensión inmediata de las actividades en el área afectada, la investigación de sus causas y la aplicación de acciones correctivas. Los **efectos residuales esperados** corresponderán principalmente a la pérdida permanente de la cobertura vegetal estrictamente necesaria para el establecimiento de la infraestructura del proyecto y al cambio de uso del suelo asociado a dicha ocupación. No obstante, la aplicación integral de esta medida permitirá reducir significativamente la superficie efectivamente afectada, conservar parte importante de la vegetación existente, favorecer el establecimiento de cobertura vegetal compatible durante la operación, restaurar las áreas temporalmente perturbadas y compensar la pérdida irreversible mediante las acciones forestales autorizadas. Como resultado, se espera que la modificación residual de la cobertura vegetal quede limitada a las superficies indispensables para la operación del parque fotovoltaico, manteniendo la estabilidad del suelo, disminuyendo los procesos erosivos y contribuyendo a la conservación de la funcionalidad ecológica del paisaje mediante las acciones complementarias de restauración, revegetación e interconexión de microhábitats.
15	**Impacto:** Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmontes no selectivos		

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	La medida propuesta es eminentemente de **prevención**, complementada con acciones de **mitigación**, **restauración** y, en caso de que se produzca una remoción adicional de vegetación no prevista ni autorizada, con las medidas de **compensación** que determine la autoridad ambiental competente. A diferencia del impacto de reducción de la cobertura vegetal, que deriva de la ocupación autorizada del proyecto, este impacto corresponde a una pérdida evitable ocasionada por prácticas inadecuadas de desmonte, ampliación innecesaria de frentes de trabajo, tránsito descontrolado de maquinaria o deficiente delimitación de las áreas de intervención. En consecuencia, la estrategia se orienta a impedir que ocurra cualquier remoción de vegetación fuera de los polígonos autorizados y a corregir de inmediato cualquier afectación accidental.	**Nombre de la medida:** Programa de Control del Desmonte Selectivo y Protección de la Vegetación Excluida de las Obras. **Objetivo:** Evitar la pérdida innecesaria de cobertura vegetal mediante la ejecución de desmontes estrictamente selectivos, el control permanente de los límites de intervención, la protección física de la vegetación que permanecerá en el predio, la supervisión ambiental continua de las actividades de desmonte y el establecimiento de acciones inmediatas de restauración cuando se detecten remociones accidentales o no autorizadas. La medida deberá implementarse antes del inicio de la preparación del sitio con la delimitación topográfica y señalización física de la totalidad de los polígonos autorizados para desmonte, así como con el balizamiento de las áreas de exclusión y de la vegetación que deba conservarse. Previamente al ingreso de maquinaria se realizará una reunión de inducción ambiental con operadores, supervisores y contratistas para informar los límites autorizados y las restricciones aplicables. Durante toda la preparación del sitio y la construcción se mantendrá supervisión ambiental permanente sobre las actividades de desmonte, verificando diariamente que la remoción de vegetación se limite exclusivamente a las superficies autorizadas. Cuando se detecte una afectación no prevista, las actividades deberán suspenderse inmediatamente en el área involucrada, delimitar el sitio afectado, documentar el incidente, aplicar las acciones correctivas correspondientes y ejecutar la restauración de la superficie alterada. Durante la operación se conservará íntegramente la vegetación remanente y se evitarán desmontes adicionales derivados de actividades de mantenimiento, salvo aquellos estrictamente indispensables por razones de seguridad y autorizados por el responsable ambiental del proyecto.	Los **indicadores de cumplimiento** consistirán en la delimitación física del cien por ciento de las áreas autorizadas para desmonte antes del inicio de las obras; la instalación de estacas, cintas, cercos o señalización perimetral en todas las áreas de exclusión; la capacitación del personal responsable del desmonte; la presencia permanente del supervisor ambiental durante las actividades críticas; la realización de recorridos diarios de inspección; el registro fotográfico del estado de la vegetación antes, durante y después del desmonte; la elaboración de bitácoras de supervisión; la atención inmediata de cualquier desviación detectada; y la restauración documentada de las áreas afectadas accidentalmente. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la inexistencia de desmontes fuera de las superficies autorizadas; la ausencia de ampliaciones de los frentes de trabajo; la conservación del cien por ciento de la vegetación ubicada en áreas de exclusión; la reducción a cero de remociones innecesarias de árboles, arbustos o vegetación herbácea; el mantenimiento de la superficie efectivamente desmontada dentro de los límites aprobados; la disminución de incidencias por daño accidental a individuos de flora; la recuperación satisfactoria de las áreas restauradas y la ausencia de observaciones por incumplimiento derivadas de auditorías ambientales o inspecciones de la autoridad. Constituirán **signos de alerta** la eliminación de vegetación fuera del polígono autorizado; el derribo de individuos previamente marcados para su conservación; la desaparición o desplazamiento de la señalización perimetral; el tránsito de maquinaria sobre áreas excluidas; la apertura de caminos improvisados; el almacenamiento temporal de materiales sobre vegetación no destinada al desmonte; la ampliación no autorizada de patios de maniobra o áreas de trabajo; la ausencia del supervisor ambiental durante las actividades de remoción de vegetación; la existencia de diferencias entre la superficie autorizada y la efectivamente

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			desmontada; o cualquier evidencia de remoción innecesaria de cobertura vegetal. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la suspensión inmediata de las actividades en el sitio afectado, la evaluación de los daños ocasionados, la aplicación de medidas correctivas y, en su caso, la restauración o compensación correspondiente. Los **efectos residuales esperados** serán prácticamente **nulos**, debido a que este impacto es completamente prevenible mediante una adecuada planeación, supervisión y control de las actividades de desmonte. En caso de presentarse alguna remoción accidental de vegetación, ésta deberá limitarse a superficies reducidas, corregirse inmediatamente y ser objeto de restauración ecológica o compensación, según corresponda. La aplicación rigurosa de esta medida permitirá que la pérdida definitiva de cobertura vegetal no exceda en ningún momento la superficie expresamente autorizada para el establecimiento de la infraestructura del proyecto, evitando la generación de impactos adicionales sobre el suelo, la flora, la fauna, los microhábitats y la conectividad ecológica. Desde el punto de vista ambiental, el objetivo de desempeño de esta medida es alcanzar una **tasa de cero desmontes no autorizados** durante todo el desarrollo del proyecto, constituyéndose en uno de los principales indicadores de cumplimiento del sistema de gestión ambiental y del programa de vigilancia ambiental.
16	**Impacto: Disminución de la integridad y tamaño poblacional de los individuos de flora silvestre**		
	La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**. La prevención constituye el eje principal y está orientada a evitar la afectación innecesaria de individuos de flora silvestre mediante la identificación previa de ejemplares de interés ecológico, el rescate y reubicación de individuos viables, la delimitación de áreas de exclusión y la ejecución de desmontes selectivos. La mitigación comprende las acciones destinadas a reducir la mortalidad de individuos durante las actividades de preparación del	**Nombre de la medida:** Programa Integral de Rescate, Reubicación, Conservación y Restauración de la Flora Silvestre. **Objetivo:** Conservar la integridad ecológica y la viabilidad de las poblaciones de flora silvestre presentes en el área de establecimiento del proyecto mediante la identificación y protección de individuos susceptibles de conservación, el rescate y reubicación de ejemplares viables, la reducción de la mortalidad durante las actividades de desmonte, el seguimiento de los individuos reubicados y la restauración	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la elaboración y aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre antes del inicio de las obras; la identificación y marcaje de la totalidad de los individuos sujetos a rescate; el rescate previo al desmonte de los ejemplares programados; la reubicación en sitios previamente seleccionados; la elaboración de fichas individuales y registros georreferenciados; el seguimiento periódico de los individuos reubicados; la ejecución de actividades

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	sitio y construcción, así como a favorecer su establecimiento exitoso en los sitios de reubicación. La restauración tiene por objeto recuperar las poblaciones vegetales y las condiciones ecológicas de las áreas temporalmente afectadas mediante revegetación con especies nativas y el restablecimiento de las condiciones del hábitat. La compensación procederá respecto de la pérdida permanente de individuos que no puedan conservarse in situ ni rescatarse exitosamente, conforme a las disposiciones contenidas en la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales y demás instrumentos jurídicos aplicables.	progresiva de las poblaciones vegetales mediante revegetación con especies nativas y acciones de compensación ambiental cuando correspondan. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio con la caracterización detallada de la vegetación, el marcaje de individuos susceptibles de rescate, la selección de sitios receptores y la ejecución de las actividades de rescate y reubicación antes de cualquier remoción de vegetación. Durante la preparación del sitio y la construcción, las labores de rescate deberán realizarse de manera simultánea al avance de los frentes de obra, bajo supervisión de personal especializado, evitando la exposición prolongada de los ejemplares extraídos y asegurando su traslado y establecimiento inmediato en áreas previamente acondicionadas. Durante la operación y mantenimiento se efectuará el monitoreo periódico de la supervivencia, condición fitosanitaria, crecimiento y capacidad reproductiva de los individuos reubicados, así como el mantenimiento de las áreas restauradas mediante riego de auxilio cuando resulte necesario, reposición de individuos muertos, control de especies invasoras y conservación de la cobertura vegetal establecida. Al concluir la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se promoverá la restauración ecológica del sitio favoreciendo la recolonización natural y el restablecimiento de poblaciones de especies nativas.	de mantenimiento y reposición cuando sean necesarias; la implementación de las acciones de restauración previstas; y la documentación técnica y fotográfica de todas las actividades realizadas. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la supervivencia de los individuos reubicados conforme a las metas establecidas en el programa específico; el mantenimiento de la estructura poblacional de las especies prioritarias; la conservación de la diversidad florística en las áreas intervenidas; la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en los sitios restaurados; la incorporación exitosa de nuevos individuos mediante regeneración natural o revegetación; la disminución de la mortalidad asociada a las actividades de construcción; el establecimiento exitoso de las especies utilizadas en restauración; y el cumplimiento de las metas de compensación forestal y restauración ecológica autorizadas por la autoridad ambiental. Constituirán **signos de alerta** la mortalidad elevada de individuos durante el rescate o el traslado; la disminución significativa de la supervivencia en los sitios de reubicación; el deterioro fitosanitario de los ejemplares reubicados; la pérdida de individuos previamente identificados para rescate; la remoción accidental de especies protegidas o de especial interés ecológico; la presencia de estrés hídrico generalizado; la invasión de especies exóticas en las áreas restauradas; la ausencia de regeneración natural; el incumplimiento de las actividades de mantenimiento; o la reducción significativa del éxito de establecimiento respecto de las metas programadas. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la revisión inmediata del programa de rescate, el reforzamiento de las acciones de mantenimiento, la reposición de individuos cuando proceda y la implementación de medidas correctivas que permitan recuperar la viabilidad de las poblaciones afectadas. Los **efectos residuales esperados** corresponderán únicamente a la disminución permanente de una fracción de los individuos cuya conservación resulte

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			técnicamente inviable debido a la ocupación definitiva de las áreas destinadas a la infraestructura del parque fotovoltaico. Sin embargo, la aplicación integral del programa permitirá conservar una proporción importante de los individuos presentes, mantener la composición florística característica de la región, favorecer la continuidad de los procesos ecológicos y reducir significativamente la pérdida de diversidad genética y de capacidad reproductiva de las poblaciones silvestres. Como resultado, la afectación residual sobre la integridad y el tamaño poblacional de las especies de flora será de baja magnitud en relación con la condición inicial, manteniéndose la viabilidad ecológica de las poblaciones regionales mediante las acciones combinadas de rescate, reubicación, restauración, revegetación y compensación ambiental.
17	**Impacto: Interrupción de los patrones naturales de dispersión de semillas y afectación de sus áreas de acumulación por la remoción de vegetación y perfilamiento del terreno.**		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación** y **restauración**, sin que, en principio, resulte necesaria la aplicación de medidas de compensación, ya que la interrupción de los procesos de dispersión de semillas puede reducirse significativamente mediante un manejo adecuado de la vegetación y del suelo durante todas las etapas del proyecto. La prevención se orienta a conservar, en la mayor medida posible, los individuos productores de semillas, las áreas naturales de acumulación y los microhábitats que favorecen la regeneración vegetal, evitando desmontes innecesarios y movimientos de tierra fuera de las superficies autorizadas. La mitigación tiene como finalidad mantener la funcionalidad ecológica de los procesos naturales de dispersión mediante el rescate del material vegetal fértil, el manejo adecuado del horizonte superficial del suelo y el establecimiento de áreas de revegetación con especies nativas. La restauración estará dirigida a recuperar los sitios temporalmente alterados mediante la restitución del suelo fértil, la reincorporación del banco natural de semillas y el restablecimiento gradual de la cobertura vegetal.	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa para la Conservación de los Procesos Naturales de Dispersión de Semillas y Restauración del Banco de Propágulos. **Objetivo:** Mantener la funcionalidad de los mecanismos naturales de dispersión, acumulación y establecimiento de semillas de las especies de flora silvestre presentes en el área del proyecto, mediante la conservación de vegetación remanente, el rescate y aprovechamiento del material vegetal fértil, el manejo adecuado del horizonte superficial del suelo, la protección de las áreas de regeneración natural y la restauración progresiva de los sitios temporalmente intervenidos, favoreciendo la continuidad de los procesos de sucesión ecológica. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio con la identificación de las áreas que presentan mayor acumulación natural de semillas, la delimitación de la vegetación que permanecerá sin intervenir y la programación de las actividades de desmonte fuera de los periodos de mayor fructificación y dispersión, cuando ello sea técnicamente viable. Antes de la nivelación del terreno deberá retirarse, almacenarse y conservarse el horizonte superficial del suelo, incluyendo su banco natural de semillas	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la delimitación y conservación de las áreas destinadas a permanecer con vegetación natural; el retiro, almacenamiento y reutilización del horizonte superficial del suelo en las áreas de restauración; el rescate de material vegetal fértil y de propágulos antes del desmonte; la conservación de corredores y parches de vegetación remanente; la ejecución de las actividades de revegetación con especies nativas; el seguimiento periódico de las áreas restauradas; la elaboración de registros técnicos sobre el manejo del banco de semillas y la integración de reportes de supervisión ambiental que documenten la aplicación de la medida. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en las áreas restauradas; el establecimiento natural de plántulas provenientes del banco de semillas del suelo; el incremento de la regeneración natural respecto de las condiciones posteriores al

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		y microorganismos asociados, para reutilizarlo posteriormente en las áreas sujetas a restauración. Durante la preparación del sitio y la construcción se evitará la remoción innecesaria del suelo fértil, se conservarán corredores y parches de vegetación nativa que funcionen como fuentes de propágulos y se rescatará el material vegetal con frutos, semillas o estructuras reproductivas susceptibles de ser utilizado en las actividades de revegetación. Durante la operación del parque se favorecerá el desarrollo de vegetación herbácea y arbustiva nativa compatible con la infraestructura, permitiendo la recuperación gradual de los procesos naturales de dispersión y regeneración. Finalmente, durante el desmantelamiento y la restauración del sitio se reincorporará el suelo fértil previamente conservado, se promoverá la regeneración natural y, cuando resulte necesario, se complementará con la siembra o plantación de especies nativas características de la región.	desmonte; la permanencia de especies nativas en las áreas intervenidas; la conservación de la diversidad florística característica del sitio; la reducción de superficies desnudas susceptibles a erosión; la disminución de la colonización por especies exóticas o invasoras; y el mantenimiento de la conectividad ecológica entre los parches de vegetación remanente que continúan funcionando como fuentes naturales de semillas. Constituirán **signos de alerta** la remoción o pérdida del horizonte superficial del suelo; el almacenamiento inadecuado del suelo fértil que provoque la pérdida de viabilidad del banco de semillas; la eliminación de parches de vegetación previamente destinados a su conservación; la ausencia de regeneración natural en las áreas restauradas; el predominio de especies invasoras; la compactación excesiva del suelo; la erosión superficial que impida el establecimiento de plántulas; la disminución significativa de la diversidad vegetal respecto de la condición inicial; o la falta de incorporación del material vegetal rescatado en las actividades de restauración. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las técnicas de restauración, al reforzamiento de las acciones de revegetación y al establecimiento de medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad ecológica del banco de semillas y de los procesos de regeneración vegetal. Los **efectos residuales esperados** serán de **baja magnitud y carácter temporal**, ya que la interrupción parcial de los procesos naturales de dispersión de semillas ocurrirá únicamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. La conservación de la vegetación remanente, el manejo adecuado del horizonte superficial del suelo y el establecimiento de áreas de restauración permitirán que los mecanismos naturales de dispersión, acumulación y germinación de semillas se restablezcan progresivamente durante la operación del proyecto. En consecuencia, se espera que las áreas no ocupadas permanentemente por la

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			infraestructura recuperen gradualmente su capacidad de regeneración natural y continúen contribuyendo al mantenimiento de la diversidad florística, de la sucesión ecológica y de la estabilidad funcional del ecosistema regional.
18	**Impacto:** Electrocución potencial de aves.		
	Preventiva. El aislamiento, rediseño y señalización corresponden a medidas preventivas; el monitoreo representa una medida de **seguimiento y control**; la corrección de puntos con evidencia de mortalidad corresponde a **mitigación adaptativa**	**Nombre:** Establecimiento de dispositivos anticolisión y adopción de medidas de prevención. **Diseño avifauna-seguro de la línea**, asegurando separación suficiente entre conductores, crucetas y elementos aterrizados para evitar contacto simultáneo de individuos con partes energizadas. 2. **Aislamiento de elementos energizados** en puntos críticos: puentes, conectores, transformadores, bajantes, cortacircuitos y zonas potenciales de percha. 3. **Instalación de dispositivos antipercha o perchas seguras** para evitar que las aves utilicen zonas de riesgo eléctrico. 4. **Señalización visual de conductores** mediante dispositivos salvapájaros, especialmente en claros, corredores de vuelo y zonas abiertas. 5. **Monitoreo periódico de mortalidad** bajo el trazo de la línea y en estructuras de soporte. 6. **Mantenimiento preventivo** de aisladores, cubiertas, conectores y dispositivos instalados. Estas medidas son ampliamente reconocidas como las estrategias más eficaces para reducir riesgos de electrocución y colisión de avifauna en infraestructura eléctrica (APLIC, 2006)[17]. **Síntesis de la medida:** La estrategia de manejo para este impacto debe orientarse prioritariamente a la prevención de eventos de electrocución mediante un diseño eléctricamente seguro para fauna voladora, incorporando aislamiento de componentes energizados, separación adecuada entre conductores, dispositivos antipercha, señalización visual y monitoreo adaptativo. La literatura técnica especializada reconoce que la combinación de estas medidas reduce significativamente la mortalidad de aves asociada a infraestructura eléctrica aérea (APLIC, 2006, *op. Cit.*; IFC, 2015, *op. Cit.*). Bajo condiciones adecuadas de mantenimiento y supervisión, la residualidad esperada del impacto puede mantenerse en niveles bajos	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas propuestas forman parte de los criterios técnicos internacionalmente utilizados para minimizar riesgos de electrocución de fauna voladora en líneas eléctricas (APLIC, 2006, *op. Cit.*); *International Finance Corporation* (IFC, 2015)[18]. **Viabilidad económica**: Media-alta. Su costo es relativamente bajo cuando las medidas se incorporan desde la etapa de diseño ejecutivo y construcción inicial; el costo aumenta si deben aplicarse posteriormente como adecuaciones correctivas. **Viabilidad ambiental**: Alta. Las medidas disminuyen significativamente el riesgo de mortalidad de fauna voladora sin generar impactos ambientales secundarios relevantes. **Indicador de resultado**: Alta. Las medidas disminuyen significativamente el riesgo de mortalidad de fauna voladora sin generar impactos ambientales secundarios relevantes. **Indicador de eficiencia**: Porcentaje de estructuras críticas con aislamiento, separación segura, dispositivos antipercha o señalización instalados y funcionales; reducción anual de eventos respecto al primer periodo de monitoreo. **Signo de falla en la medida**: Registro recurrente de aves o murciélagos muertos o lesionados bajo la línea; presencia de perchas en puntos energizados; cubiertas aislantes dañadas; dispositivos caídos, deteriorados o mal colocados **Punto de verificación**: Inspección periódica en torres, postes, crucetas, aisladores, conectores, bajantes y claros del trazo de la línea. El monitoreo deberá concentrarse en estructuras de mayor

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			riesgo, zonas abiertas, pasos de fauna aérea y puntos donde previamente se detecten eventos. **Efectos residuales esperados después de su aplicación**: Bajos. Aun con medidas preventivas, puede persistir un riesgo residual puntual asociado a comportamiento de vuelo, eventos climáticos, fallas de mantenimiento o presencia ocasional de especies sensibles
19	Impacto: Colisión potencial de aves en paneles fotovoltaicos.		
	Predominantemente **preventivas y de mitigación**. No se recomienda compensación como primera respuesta, salvo que el monitoreo demuestre mortalidad recurrente o afectación a especies sensibles.	**Nombre**: Adopción de diseños acordes a la prevención de efectos indeseados y medidas de protección para las aves. 1.**Uso de paneles con tratamiento antirreflejante o baja reflectancia**, para reducir destellos y señales visuales que pudieran favorecer confusión con superficies de agua o hábitats abiertos. La literatura ha identificado que algunas superficies solares pueden generar contaminación por luz polarizada, fenómeno que puede atraer o confundir fauna asociada a señales visuales de agua, por lo que la reducción de reflectancia y polarización es una medida preventiva razonable (Horváth et al., 2010; Fritz et al., 2024). 2. **Mantenimiento periódico de los módulos**, evitando acumulación de polvo, manchas o patrones visuales irregulares que incrementen contrastes o reflejos anómalos. 3. **Diseño ordenado del arreglo fotovoltaico**, evitando superficies visualmente continuas innecesariamente extensas cuando sea posible y manteniendo franjas internas de circulación y bordes vegetados controlados. 4. **Control de iluminación nocturna**, utilizando luminarias dirigidas, de baja intensidad y encendido sólo cuando sea necesario, para evitar atracción o desorientación de fauna voladora. El U.S. Fish and Wildlife Service recomienda medidas de evitación y minimización en instalaciones solares, incluyendo planeación del sitio, reducción de perturbaciones y manejo de iluminación (U.S. Fish and Wildlife Service [USFWS], s. f.). 5. **Monitoreo de mortalidad y eventos de colisión**, mediante recorridos periódicos bajo arreglos fotovoltaicos y bordes del parque, incorporando registro georreferenciado de hallazgos. El USGS señala la necesidad de diseños de monitoreo específicos para instalaciones solares, incluyendo aves residentes y migratorias (Huso et al., 2016). La estrategia para atender la colisión potencial de aves con paneles fotovoltaicos debe centrarse en reducir los estímulos	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas pueden incorporarse desde el diseño, compra de equipos, operación y programa de vigilancia ambiental. El monitoreo de mortalidad en plantas solares es una práctica técnicamente viable y recomendada para reducir incertidumbre sobre interacciones avifauna–solar (Huso et al., 2016)[19]; (MACWG, 2016)[20]. **Viabilidad económica:** Media-alta. El uso de paneles antirreflejantes puede formar parte de las especificaciones técnicas de adquisición; el control de iluminación y el monitoreo representan costos operativos moderados. Su costo es menor si se integran desde el diseño ejecutivo. **Viabilidad ambiental.** Alta. Las medidas reducen el riesgo potencial de colisión sin generar impactos ambientales secundarios relevantes; además, el monitoreo permite ajustar las acciones si se detectan eventos recurrentes. **Indicador de resultado:** Número de aves muertas o lesionadas registradas por colisión por hectárea/año o por MW/año; número de eventos georreferenciados asociados a módulos fotovoltaicos. **Indicador de eficiencia**: Reducción o ausencia de eventos de colisión durante los periodos de monitoreo; porcentaje de módulos con baja reflectancia o tratamiento antirreflejante; porcentaje de luminarias dirigidas y con control de horario; cumplimiento del programa de monitoreo. **Signo de falla de la medida**: registro recurrente de aves muertas o lesionadas bajo los paneles; concentración espacial de eventos en un sector del

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		visuales que puedan generar confusión, minimizar reflectancia y luz polarizada, controlar la iluminación nocturna, mantener adecuadamente los módulos y establecer monitoreo sistemático de mortalidad. Dado que la evidencia disponible reconoce incertidumbre sobre la magnitud real de este riesgo en instalaciones fotovoltaicas y recomienda fortalecer el monitoreo avifaunístico en plantas solares, la medida más robusta para la MIAR es preventiva, verificable y adaptativa (Huso et al., 2016, *op. Cit.*; MACWG, 2016 *op. Cit.*). Bajo estas condiciones, la residualidad esperada del impacto se mantiene en nivel **bajo**.	arreglo fotovoltaico; presencia de reflejos intensos o deslumbramientos persistentes; uso innecesario de iluminación nocturna; ausencia de mantenimiento o monitoreo. **Efectos residuales esperados**: Bajos. Aun con medidas preventivas, puede persistir un riesgo residual puntual asociado a condiciones específicas de luminosidad, conducta de vuelo, especies sensibles, eventos meteorológicos o presencia ocasional de aves migratorias.
20	Impacto: Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.		
	Medida de prevención: Conservación y rescate de microhábitats durante la preparación del sitio. **Medida de mitigación:** Habilitación de refugios ecológicos y manejo de vegetación nativa para la recuperación de microambientes.	**Manejo de microhábitas y refugios ecológicos dentro del parque fotovoltaico.** **Objetivo:** evitar la eliminación total de microhábitats —rocas, hojarasca, troncos, cavidades, montículos, parches herbáceos, arbustivos y suelo desnudo funcional— y mantener microambientes con sombra, humedad, temperatura y cobertura heterogénea para fauna pequeña, reptiles, anfibios, invertebrados y flora nativa. La medida se sustenta en la jerarquía de mitigación: primero evitar, después minimizar, restaurar y compensar impactos sobre biodiversidad (Bennun et al., 2021)[21]; (IFC, 2012)[22]. En plantas fotovoltaicas, los cambios de sombra, radiación, humedad, temperatura y vegetación bajo paneles pueden modificar los microambientes locales, por lo que el manejo fino del suelo y la cobertura vegetal debe formar parte del diseño y operación (Liu et al., 2023)[23]; Wu et al., 2025)[24]. **Descripción:** previo al despalme y movimiento de tierras se realizará un micromapeo ecológico del área de obra para identificar microhábitats relevantes. Los elementos recuperables —rocas, troncos, ramas, suelo orgánico superficial, hojarasca y material vegetal muerto— deberán rescatarse y reubicarse en zonas de conservación, bordes internos, corredores biológicos, franjas entre seguidores/paneles y áreas no ocupadas por cimentaciones, caminos o zanjas. Se deberán formar **islas de refugio** con materiales naturales locales, evitando estructuras artificiales innecesarias. En operación, se mantendrá vegetación nativa de bajo porte y manejo diferenciado de siega, evitando el suelo completamente desnudo salvo donde sea indispensable por seguridad, mantenimiento o riesgo de	**Indicadores de cumplimiento:** 1. Plano georreferenciado de microhábitats elaborado antes de obra. 2. Porcentaje de microhábitats rescatados o conservados respecto de los identificados. 3. Número y superficie de islas de refugio instaladas. 4. Evidencia fotográfica antes-durante-después. 5. Bitácoras de supervisión ambiental. 6. Superficie con vegetación nativa manejada dentro del parque. **Indicadores de eficacia:** 1. Persistencia de cobertura vegetal nativa en franjas internas y zonas de conservación. 2. Uso de refugios por fauna pequeña registrado mediante recorridos, cámaras trampa, rastros o avistamientos. 3. Reducción de suelo desnudo, erosión y compactación fuera de áreas estrictamente operativas. 4. Presencia continua de invertebrados, reptiles, pequeños mamíferos o aves asociadas a vegetación baja. 5. Recuperación de hojarasca, materia orgánica superficial y heterogeneidad

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		incendio. La revegetación nativa bajo y entre paneles puede reducir erosión, favorecer polinizadores y mantener funciones ecológicas del sitio, (NRCS, 2024)[25]. **Periodicidad:** una vez antes de la construcción; supervisión semanal durante desmonte, despalme y nivelación; verificación mensual durante el primer año de operación; posteriormente semestral, preferentemente al final de secas y lluvias. **Plazo de ejecución:** iniciar antes del despalme; aplicar durante toda la preparación del sitio y construcción; mantener durante toda la vida útil del proyecto.	estructural del suelo. **Signos de alerta:** pérdida acelerada de vegetación nativa; compactación visible del suelo; erosión en cárcavas o escurrimientos concentrados; mortalidad de fauna pequeña; refugios colapsados o removidos; predominio de especies exóticas/invasoras; ausencia de registros de uso de refugios después del primer ciclo anual; mantenimiento excesivo que deje el suelo desnudo. **Efectos residuales esperados:** aun con la medida, permanecerá una reducción parcial de microhábitats originales por ocupación de paneles, caminos, zanjas, subestación y cimentaciones. El efecto residual esperado será **moderado a bajo**, siempre que se mantengan corredores, islas de refugio, vegetación nativa y monitoreo adaptativo. Si el sitio contenía microhábitats críticos o especies protegidas, el efecto residual puede requerir compensación adicional fuera del polígono del proyecto.
21	**Impacto:** Transformación del ecosistema y afectación de sus servicios ecosistémicos.		
	Preventiva y mitigación	**Objetivo:** mantener la conectividad funcional y estructural del paisaje dentro y alrededor del proyecto fotovoltaico, reduciendo los efectos de fragmentación derivados de la instalación de paneles, caminos internos, cercados e infraestructura auxiliar. Asimismo, conservar la heterogeneidad ambiental mediante la protección y restauración de distintos tipos de cobertura vegetal, microhábitats y gradientes ecológicos que permitan el desplazamiento, alimentación y refugio de la fauna silvestre. La literatura científica señala que la fragmentación y simplificación estructural del paisaje disminuyen la movilidad de las especies, reducen el flujo genético y afectan la resiliencia de los ecosistemas, por lo que la conservación de corredores ecológicos constituye una de las medidas más efectivas para mantener procesos ecológicos a escala de paisaje (Hilty et al., 2020)[26]. **Descripción:** antes del inicio de las obras se realizará una evaluación de conectividad ecológica a escala local y regional para identificar corredores biológicos existentes, rutas potenciales de desplazamiento de fauna y elementos	**Indicadores de cumplimiento** 1. Estudio de conectividad ecológica elaborado y validado antes del inicio de obras. 2. Superficie (ha) destinada a corredores ecológicos y áreas de conservación dentro del predio. 3. Longitud (m o km) de corredores conservados o restaurados. 4. Porcentaje de corredores identificados que permanecen funcionales durante la construcción. 5. Número de pasos de fauna o estructuras de permeabilidad incorporadas en cercados e infraestructura. 6. Registros de mantenimiento y conservación de corredores ecológicos. 7. Evidencia fotográfica y georreferenciada

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		relevantes del paisaje, tales como cauces temporales, vegetación riparia, manchas de vegetación conservada, lomeríos, afloramientos rocosos y áreas con alta diversidad estructural. Con base en dicha evaluación se establecerán y conservarán **corredores ecológicos internos y perimetrales**, integrados por vegetación nativa y conectados con hábitats naturales adyacentes. El diseño del proyecto deberá evitar la ocupación de corredores naturales identificados y mantener franjas continuas de vegetación entre bloques de paneles cuando las condiciones técnicas lo permitan. Asimismo, se conservarán áreas de vegetación natural dentro del predio para funcionar como nodos de conectividad y refugio. En los cercados perimetrales se incorporarán pasos de fauna compatibles con las especies presentes, siempre que las condiciones de seguridad lo permitan y no contravengan requisitos operativos. Durante la operación se implementará un manejo diferenciado de la vegetación que promueva una estructura heterogénea del hábitat, manteniendo mosaicos de cobertura vegetal y evitando prácticas que generen homogeneización excesiva del terreno. Estas acciones son consistentes con las recomendaciones internacionales para proyectos solares a gran escala, las cuales destacan que la conservación de corredores, manchas de vegetación nativa y elementos naturales del paisaje contribuye significativamente a reducir la pérdida de conectividad ecológica y a mantener funciones ecosistémicas (Bennun et al., 2021, *op. Cit.*); Turney & Fthenakis, 2011)[27]. **Periodicidad:** • Una vez durante la etapa de diseño ejecutivo para la delimitación de corredores y áreas de conservación. • Supervisión mensual durante las actividades de preparación del sitio y construcción. • Monitoreo semestral durante la operación. • Evaluación integral de conectividad cada tres años o cuando se realicen modificaciones sustanciales al proyecto. **Plazo de ejecución:** desde la fase de planeación y diseño	de las áreas conservadas. **Indicadores de eficacia** 1. Presencia continua de fauna silvestre utilizando corredores ecológicos, documentada mediante cámaras trampa, huellas, excretas o avistamientos. 2. Mantenimiento o incremento de la riqueza de especies registradas en las áreas de conectividad. 3. Permanencia de cobertura vegetal nativa en corredores y nodos de conectividad. 4. Ausencia de barreras físicas que impidan el desplazamiento de especies objetivo. 5. Reducción de señales de aislamiento ecológico entre parches de vegetación natural. 6. Conservación de la estructura de mosaico del paisaje observada mediante monitoreo espacial o análisis de imágenes satelitales. **Signos de alerta** • Interrupción física de corredores previamente identificados. • Pérdida significativa de cobertura vegetal en franjas de conectividad. • Mortalidad recurrente de fauna asociada a cercados, caminos o infraestructura. • Disminución sostenida en los registros de fauna dentro de corredores ecológicos. • Incremento de especies invasoras que sustituyan la vegetación nativa. • Formación de áreas extensas de vegetación homogénea o suelo desnudo. • Evidencia de erosión, compactación o degradación de las áreas destinadas a conectividad. Aislamiento visible entre manchas de vegetación

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		del proyecto, durante toda la construcción y a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica.	remanente **Efectos residuales esperados** Aun aplicando la medida, se prevé una reducción parcial de la conectividad original debido a la ocupación permanente del terreno por infraestructura fotovoltaica, caminos internos y áreas de servicios. También persistirá cierto grado de simplificación estructural del paisaje respecto a las condiciones previas al proyecto. Sin embargo, mediante la conservación de corredores ecológicos, nodos de hábitat y vegetación nativa, el efecto residual esperado se considera **compatible y de magnitud baja a moderada**, manteniéndose la funcionalidad ecológica del paisaje para la mayoría de las especies con requerimientos de movilidad local y regional. En el caso de especies altamente sensibles a la fragmentación o con amplios rangos de desplazamiento, podrían requerirse medidas complementarias de restauración o compensación fuera del área del proyecto (Hilty et al., 2020, *op. Cit.*; Bennett et al., 2006, *op. Cit.*).
	Medida de mitigación: restauración progresiva de la cobertura vegetal nativa y manejo ecológico de la vegetación.	**Nombre:** Programa de revegetación y manejo adaptativo de flora nativa. **Objetivo:** disminuir la reducción de riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora mediante la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en áreas temporalmente afectadas, promoviendo el establecimiento de especies nativas representativas del ecosistema y manteniendo procesos ecológicos esenciales como dispersión de semillas, polinización y regeneración natural. Diversos estudios han demostrado que la revegetación con especies nativas incrementa la diversidad vegetal y mejora la resiliencia ecológica en proyectos de infraestructura energética (Cook & McCuen, 2013)[28]; (Hernández *et al*., 2014)[29]. **Descripción:** una vez concluidas las actividades constructivas, todas las áreas temporalmente perturbadas que no formen parte de la infraestructura permanente serán rehabilitadas mediante la restitución de suelo orgánico previamente acopiado y la revegetación con especies nativas procedentes de material genético local. Se	**Indicadores de cumplimiento** 1. Superficie revegetada respecto a la superficie temporalmente afectada. 2. Número de individuos plantados por especie. 3. Cantidad de suelo orgánico recuperado y reutilizado. 4. Registros de mantenimiento y reposición de individuos. **Indicadores de eficacia** 1. Porcentaje de supervivencia de plantas establecidas. 2. Cobertura vegetal alcanzada respecto a la condición de referencia. 3. Incremento de la riqueza de especies nativas en áreas rehabilitadas.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		priorizarán especies características de la comunidad vegetal original y aquellas que contribuyan a la recuperación de la estructura y composición del ecosistema. Durante la operación se implementará un manejo diferenciado de la vegetación, evitando la eliminación total de la cobertura vegetal entre paneles y favoreciendo la regeneración natural controlada. La medida incluirá monitoreo periódico para evaluar supervivencia, cobertura y diversidad florística, aplicando acciones correctivas cuando sea necesario. **Periodicidad** • Revegetación inmediatamente después de concluir las obras en cada frente de trabajo. • Monitoreo trimestral durante los primeros dos años. • Monitoreo semestral durante el resto de la vida útil del proyecto. **Plazo de ejecución** Desde la finalización de las actividades constructivas y durante toda la etapa operativa.	4. Evidencia de regeneración natural y reclutamiento de nuevos individuos. 5. Recuperación de la composición florística característica del ecosistema. **Signos de alerta** • Supervivencia inferior al 70 % durante el primer año. • Presencia dominante de especies invasoras o ruderales. • Erosión del suelo en áreas revegetadas. • Ausencia de regeneración natural después de dos ciclos de lluvias. • Reducción continua de la cobertura vegetal establecida. **Efectos residuales esperados** Aun con la aplicación de la medida, algunas especies de crecimiento lento, distribución restringida o baja capacidad de dispersión podrían tardar varios años o décadas en recuperar sus poblaciones originales. Por ello, se prevé una disminución residual de baja a moderada en la abundancia y estructura poblacional de ciertas especies, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos donde la dinámica de recuperación natural es lenta. No obstante, se espera mantener la funcionalidad ecológica general de la comunidad vegetal y favorecer su recuperación progresiva.
22	**Impacto:** Generación y manejo inadecuado de residuos.		
	El impacto comprende la generación de **residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos** durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, así como durante la culminación de la vida útil, desmantelamiento y restauración del área. Su manifestación ambiental puede involucrar contaminación del suelo y del agua, dispersión de residuos por viento, afectación visual, atracción de fauna oportunista, exposición del personal a materiales peligrosos y generación de pasivos ambientales. La estrategia de atención debe ser prioritariamente preventiva, complementada con medidas de mitigación y restauración cuando se presenten desviaciones, derrames,		

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	disposición inadecuada o contaminación puntual.		
	Prevención: Constituye el enfoque principal. Comprende la reducción en la fuente, separación, identificación, almacenamiento temporal seguro, capacitación, trazabilidad y entrega a prestadores autorizados. **Mitigación:** Se aplica cuando se generan residuos de manera inevitable o se presentan desviaciones menores, mediante recolección inmediata, limpieza, confinamiento, recuperación de materiales y corrección de prácticas operativas. **Compensación:** No se considera una medida ordinaria aplicable a este impacto. Solo procedería de manera excepcional si se acredita una afectación ambiental irreversible que no pueda prevenirse, mitigarse o restaurarse directamente. **Restauración:** Se aplicará cuando exista contaminación puntual del suelo, dispersión de residuos, derrames, abandono de materiales o afectación física de áreas utilizadas para almacenamiento temporal.	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Prevención y el Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos. **Objetivo:** Prevenir la contaminación y el deterioro de la calidad ambiental derivados de la generación y manejo de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos, residuos vegetales, residuos de construcción, embalajes, componentes eléctricos y electrónicos, módulos fotovoltaicos dañados, baterías y demás materiales fuera de uso. Para ello se establecerán procedimientos de reducción en la fuente, separación desde el punto de generación, identificación, almacenamiento temporal, recolección, valorización, transporte y disposición final, asegurando en todo momento su trazabilidad documental. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio y mantenerse durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, culminación de la vida útil, desmantelamiento y restauración final. Antes del inicio de las obras se deberán definir responsables, identificar las corrientes de residuos, habilitar contenedores y áreas de almacenamiento, establecer procedimientos de atención a derrames y capacitar al personal. Durante la preparación del sitio y construcción, la supervisión deberá ser continua, con inspecciones frecuentes en frentes de obra y áreas de almacenamiento. En operación y mantenimiento, el control deberá mantenerse de manera permanente y reforzarse durante mantenimientos mayores, sustitución de equipos y manejo de componentes eléctricos o baterías. Durante el desmantelamiento se deberá llevar un inventario de equipos, materiales y residuos retirados, diferenciando aquellos susceptibles de reutilización, reciclaje, devolución al fabricante o disposición especializada. Al cierre, deberán verificarse la limpieza integral del sitio, la ausencia de residuos abandonados y la restauración de las áreas utilizadas para almacenamiento o manejo.	**Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados** Los principales **indicadores de cumplimiento** serán la existencia y aplicación del programa de manejo de residuos; la designación de un responsable ambiental; la capacitación del personal; la disponibilidad de recipientes suficientes, identificados y compatibles con cada tipo de residuo; la separación correcta de residuos; la habilitación de áreas de almacenamiento temporal; la actualización de bitácoras de generación y movimiento; la entrega de residuos a prestadores o sitios autorizados; la disponibilidad de manifiestos, recibos, certificados o comprobantes de destino; la atención documentada de derrames e incidentes; y la liberación ambiental de cada frente de trabajo sin residuos dispersos, materiales abandonados o suelos contaminados. Los **indicadores de eficacia** serán el porcentaje de residuos correctamente separados; el porcentaje de residuos con destino final documentado; la proporción de residuos reutilizados, reciclados o valorizados; el número de eventos de disposición inadecuada; el número de derrames no atendidos; el tiempo de respuesta ante incidentes; el porcentaje de sitios afectados que hayan sido limpiados y restaurados; la ausencia de residuos en áreas liberadas; la inexistencia de quejas fundadas relacionadas con el manejo de residuos; y la reducción progresiva de desviaciones detectadas durante las inspecciones ambientales. Los **signos de alerta** comprenderán la presencia de recipientes saturados, abiertos, dañados o sin identificación; mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos; residuos dispersos en caminos, frentes de obra o áreas con vegetación; almacenamiento directo sobre suelo natural; presencia de manchas, lixiviados, olores o escurrimientos; derrames sin contención; ausencia de comprobantes de recolección o disposición; permanencia prolongada de residuos; quema, entierro o abandono de

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			materiales; módulos, baterías o equipos eléctricos sin destino definido; presencia recurrente de fauna oportunista; falta de equipo de protección personal; o residuos remanentes después de concluir los trabajos. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá generar una no conformidad ambiental y la aplicación inmediata de acciones correctivas. Los **efectos residuales esperados** serán bajos, localizados y controlables. La generación de residuos no puede eliminarse por completo, ya que es inherente a las actividades de construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento; sin embargo, su manejo adecuado evitará que se traduzca en contaminación persistente o en la formación de pasivos ambientales. Como efectos residuales previsibles podrán mantenerse únicamente la generación periódica de residuos ordinarios, empaques, piezas sustituidas, componentes eléctricos, módulos dañados y residuos peligrosos derivados del mantenimiento, así como el almacenamiento temporal previo a su retiro. Al finalizar cada etapa y, particularmente, después del desmantelamiento, no deberán permanecer residuos abandonados, materiales peligrosos, suelos contaminados sin atender ni equipos sin destino documentado.
MPMCyR para IMPACTOS SIGNIFICATIVOS con efectos concurrentes			
	Impacto principal: Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna. Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la pérdida y fragmentación del hábitat constituye uno de los impactos ecológicos de mayor relevancia para el establecimiento de un parque fotovoltaico y presenta efectos concurrentes sobre la composición, distribución,	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación, Restauración e Interconectividad del Hábitat de la Fauna Silvestre. **Objetivo:** Reducir la pérdida y fragmentación del hábitat ocasionadas por el establecimiento del parque fotovoltaico, manteniendo la conectividad funcional del paisaje mediante	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la conservación íntegra de las áreas de exclusión y de los parches de vegetación definidos para permanecer durante la vida útil del proyecto; la

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	movilidad y permanencia de las poblaciones de fauna silvestre. La prevención se orienta a reducir al mínimo la superficie de hábitat transformada mediante la optimización del diseño del proyecto, la conservación de áreas naturales remanentes y la delimitación estricta de las superficies de intervención. La mitigación tiene como propósito mantener la conectividad ecológica del paisaje mediante corredores biológicos, pasos de fauna, revegetación perimetral, conservación de microhábitats y control de las actividades constructivas. La restauración estará dirigida a recuperar las áreas temporalmente afectadas y favorecer el restablecimiento progresivo de la estructura y funcionalidad del hábitat. La compensación comprenderá la ejecución de acciones de restauración ecológica e interconexión de microhábitats en superficies que contribuyan a mantener la funcionalidad ecológica del paisaje y la disponibilidad regional de hábitat para la fauna.	la conservación de parches de vegetación nativa, el establecimiento de corredores biológicos, la instalación de pasos de fauna, la protección de microhábitats, la restauración de áreas temporalmente intervenidas y la implementación de acciones de compensación ecológica que favorezcan la permanencia y movilidad de las poblaciones de fauna silvestre durante todas las etapas del proyecto. La medida deberá implementarse desde la fase previa a la preparación del sitio mediante la delimitación de las áreas de conservación, la identificación de corredores naturales de desplazamiento y de sitios con alta importancia para la fauna, así como la definición de las áreas destinadas a restauración e interconexión ecológica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá la remoción de vegetación exclusivamente a las superficies autorizadas, se conservarán los parches de vegetación remanente, se instalarán pasos de fauna en el cercado perimetral, se establecerán corredores biológicos y barreras vivas que favorezcan el desplazamiento de especies terrestres, y se evitará el aislamiento de microhábitats mediante una adecuada distribución de la infraestructura. Paralelamente se desarrollarán las actividades del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservarán las áreas destinadas a conectividad ecológica, se dará mantenimiento a los pasos de fauna, se controlará el crecimiento de vegetación únicamente cuando interfiera con la infraestructura y se monitoreará periódicamente el uso del hábitat por las especies de fauna. Al finalizar la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura permanente, favoreciendo el restablecimiento de la continuidad del hábitat y de los procesos ecológicos asociados.	construcción y mantenimiento de los corredores biológicos previstos en el diseño ambiental; la instalación y funcionamiento de la totalidad de los pasos de fauna contemplados en el proyecto; el establecimiento de las áreas de revegetación e interconexión de microhábitats; la ejecución del Programa de Reforestación y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna; la realización de monitoreos periódicos sobre el uso del hábitat y la conectividad; el mantenimiento de las barreras vivas y la integración de reportes técnicos y evidencia fotográfica que documenten la conservación y restauración del hábitat. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia de la conectividad funcional entre los parches de vegetación remanente; el uso documentado de los pasos de fauna por especies silvestres; la continuidad de los desplazamientos de fauna entre los diferentes sectores del predio; la permanencia o recuperación de la riqueza y composición de especies registrada durante el monitoreo; la reducción de eventos de mortalidad asociados al cercado o a la infraestructura; el establecimiento exitoso de la vegetación utilizada para restauración e interconexión; la disminución de áreas completamente aisladas dentro del predio; la conservación de microhábitats utilizados para refugio, alimentación y reproducción; y la recuperación progresiva de la funcionalidad ecológica del paisaje durante la operación del proyecto. Constituirán **signos de alerta** la interrupción de corredores naturales de desplazamiento; la obstrucción o deterioro de los pasos de fauna; la pérdida de vegetación dentro de las áreas destinadas a conservación; el aislamiento de parches remanentes de vegetación; la disminución significativa en los registros de fauna durante el monitoreo; el incremento de atropellamientos o mortalidad de fauna; la presencia de cercados que impidan completamente el movimiento de especies terrestres; el deterioro de las áreas restauradas; la pérdida de conectividad entre microhábitats; la

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			colonización por especies invasoras que modifiquen la estructura del hábitat; o cualquier evidencia de abandono de las acciones de mantenimiento de los corredores biológicos. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las medidas de conectividad, la rehabilitación de los pasos de fauna, el reforzamiento de las acciones de restauración y la aplicación de medidas correctivas que permitan recuperar la funcionalidad ecológica del hábitat. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la pérdida permanente del hábitat estrictamente ocupada por la infraestructura del parque fotovoltaico y a una fragmentación parcial del paisaje derivada de la transformación del uso del suelo. Sin embargo, la aplicación conjunta del Programa Integral para la Conservación, Restauración e Interconectividad del Hábitat, del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y del Programa de Protección de Fauna Voladora permitirá reducir significativamente la magnitud de este impacto, manteniendo la conectividad funcional entre los fragmentos de vegetación remanente y favoreciendo la movilidad, alimentación, refugio y reproducción de la fauna silvestre. En consecuencia, aunque persistirá una modificación permanente de una porción del hábitat originalmente disponible, se espera conservar la funcionalidad ecológica del paisaje, minimizar el aislamiento de las poblaciones de fauna y mantener la viabilidad de las especies presentes en el área de influencia del proyecto mediante la continuidad de los procesos ecológicos esenciales.
	Impacto principal: *Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje.*. Expresión concurrente en paisaje: Aquí la dimensión paisajística es todavía más explícita: la reducción de heterogeneidad implica una **homogeneización del paisaje**, con pérdida de contrastes ecológicos, simplificación del patrón espacial y menor disponibilidad de unidades ambientales complementarias		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la reducción de la heterogeneidad ambiental y de la	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación de la Heterogeneidad Ambiental y el Fortalecimiento de la Conectividad Funcional del Paisaje. **Objetivo:** Mantener y fortalecer la diversidad estructural y	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	conectividad funcional del paisaje constituye un impacto ecológico de carácter concurrente que repercute simultáneamente sobre la flora, la fauna, los procesos de dispersión biológica, la disponibilidad de microhábitats y el funcionamiento integral del ecosistema. La prevención se orienta a conservar la mayor diversidad posible de ambientes naturales dentro y alrededor del área del proyecto, evitando la homogenización del paisaje mediante un diseño ambientalmente compatible con la estructura ecológica existente. La mitigación comprende el establecimiento de corredores biológicos, áreas de amortiguamiento, revegetación con especies nativas, conservación de microhábitats y mantenimiento de elementos del paisaje que favorezcan la movilidad de organismos y la continuidad de los procesos ecológicos. La restauración permitirá recuperar gradualmente la diversidad estructural y funcional de las áreas temporalmente alteradas, mientras que la compensación consistirá en la ejecución de acciones de restauración ecológica e interconexión de hábitats que incrementen la heterogeneidad ambiental a escala local y regional.	funcional del paisaje dentro del área de influencia del proyecto mediante la conservación de parches de vegetación nativa, la protección de microhábitats, el establecimiento de corredores biológicos y barreras vivas, la restauración ecológica de áreas temporalmente afectadas y la implementación de medidas de compensación ambiental que favorezcan la continuidad de los procesos ecológicos, el intercambio biológico y la movilidad de las especies de flora y fauna silvestres. La medida deberá iniciar durante la fase de planeación del proyecto con la identificación cartográfica de los elementos del paisaje que presentan mayor importancia ecológica, incluyendo parches de vegetación remanente, corredores naturales, depresiones temporales, áreas de regeneración natural y microhábitats relevantes para la fauna y la flora. Antes del inicio de la preparación del sitio deberán delimitarse físicamente las áreas destinadas a conservación y conectividad ecológica, incorporándolas al sistema de manejo ambiental del proyecto. Durante la preparación del sitio y la construcción se limitará la remoción de vegetación exclusivamente a las superficies autorizadas, se conservarán los elementos naturales que favorezcan la heterogeneidad ambiental, se establecerán corredores de vegetación e interconexión de microhábitats, se instalarán pasos de fauna y se ejecutarán las acciones previstas en los programas de reforestación, restauración ecológica y rescate de flora y fauna. Durante la operación y mantenimiento se conservarán permanentemente las áreas destinadas a conectividad ecológica, se dará mantenimiento a la vegetación establecida, se controlarán especies invasoras y se monitoreará periódicamente la funcionalidad de los corredores biológicos y el uso del paisaje por la fauna silvestre. Al concluir la vida útil del proyecto se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura, favoreciendo la recuperación de la heterogeneidad ambiental y la reincorporación gradual de los procesos ecológicos propios del ecosistema.	la conservación de la totalidad de los parches de vegetación destinados a permanecer durante la vida útil del proyecto; el establecimiento de los corredores biológicos e interconexiones de microhábitats previstos en el diseño ambiental; la instalación y mantenimiento de los pasos de fauna; la ejecución de las acciones de revegetación con especies nativas; la conservación de elementos naturales del paisaje, tales como cercas vivas, islotes de vegetación, depresiones temporales y áreas de regeneración natural; la aplicación de los programas de restauración ecológica y reforestación; la realización de monitoreos periódicos sobre la funcionalidad del paisaje; y la integración de informes técnicos que documenten el mantenimiento de la conectividad ecológica durante todas las etapas del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia de la conectividad funcional entre los diferentes parches de vegetación; el uso comprobado de corredores biológicos y pasos de fauna por especies silvestres; la conservación o recuperación de la diversidad de microhábitats presentes en el predio; el mantenimiento de la riqueza y composición de especies de flora y fauna registradas durante el monitoreo; la reducción del aislamiento entre fragmentos de vegetación; la recuperación progresiva de la estructura vegetal en las áreas restauradas; el incremento de la cobertura vegetal nativa en las zonas de interconexión; la disminución de procesos erosivos asociados a la simplificación del paisaje; y el mantenimiento de procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la polinización y el desplazamiento de fauna entre los diferentes ambientes presentes en el área de influencia. Constituirán **signos de alerta** la desaparición o degradación de corredores biológicos; el aislamiento de parches de vegetación previamente conectados; la pérdida de microhábitats utilizados por la fauna; la disminución significativa de la riqueza de especies durante los monitoreos; el deterioro de las áreas reforestadas; la mortalidad elevada de la vegetación

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			utilizada para restauración; la presencia dominante de especies exóticas invasoras; la interrupción del funcionamiento de los pasos de fauna; el incremento de áreas desnudas o erosionadas; la reducción en el uso de los corredores ecológicos por parte de la fauna; o cualquier modificación del paisaje que disminuya su diversidad estructural y funcional respecto del diseño ambiental autorizado. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata del programa de restauración e interconectividad, al reforzamiento de las acciones de revegetación y mantenimiento y a la aplicación de medidas correctivas orientadas a restablecer la funcionalidad ecológica del paisaje. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a una disminución permanente de la heterogeneidad ambiental únicamente en las superficies ocupadas por la infraestructura del parque fotovoltaico. No obstante, la aplicación coordinada del Programa Integral para la Conservación de la Heterogeneidad Ambiental y el Fortalecimiento de la Conectividad Funcional del Paisaje, conjuntamente con el Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y el Programa de Protección de Fauna Voladora, permitirá mantener una matriz paisajística funcional, con suficiente diversidad de ambientes para sostener los principales procesos ecológicos del sitio. En consecuencia, aunque persistirá una simplificación parcial del paisaje asociada a la ocupación permanente del terreno, se espera conservar la conectividad ecológica regional, favorecer el intercambio biológico entre poblaciones silvestres y mantener la resiliencia del ecosistema frente a las modificaciones inducidas por el proyecto.
	Impacto principal: *Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.* Expresión concurrente en paisaje: En escala fina, este impacto se expresa como una **simplificación del paisaje de detalle**, es decir, pérdida de rugosidad ecológica, de pequeños refugios y de variación microambiental. No es un paisaje panorámico, sino un paisaje ecológico de microescala.		

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y, de manera complementaria, **compensación**, debido a que la pérdida de microhábitats y la alteración de microambientes constituyen un impacto concurrente que repercute sobre múltiples componentes del ecosistema, incluyendo la flora, la fauna, los procesos de refugio, alimentación, reproducción, termorregulación, dispersión de semillas y reciclaje de nutrientes. La prevención se orienta a conservar, siempre que sea técnicamente posible, los elementos físicos y biológicos que conforman los microhábitats existentes, tales como árboles aislados, arbustos, afloramientos rocosos, troncos caídos, acumulaciones naturales de materia orgánica, depresiones temporales, pequeños cauces, madrigueras y otros sitios utilizados por la fauna. La mitigación comprende el rescate y reubicación de elementos estructurales del hábitat, el establecimiento de nuevos microhábitats mediante revegetación y acondicionamiento ambiental, así como la reducción de las perturbaciones ocasionadas por las actividades constructivas. La restauración permitirá recuperar progresivamente la diversidad de microambientes en las áreas temporalmente alteradas mediante la restitución del suelo fértil, la revegetación con especies nativas y la reconstrucción de elementos que favorezcan el establecimiento de comunidades vegetales y faunísticas. La compensación consistirá en fortalecer la disponibilidad regional de microhábitats mediante acciones de restauración ecológica e interconexión de áreas naturales.	**Nombre de la medida:** Programa para la Conservación, Restauración y Enriquecimiento de Microhábitats y Microambientes Naturales. **Objetivo:** Conservar y recuperar la diversidad de microhábitats presentes en el área del proyecto, manteniendo las condiciones ambientales que permiten el establecimiento, refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento de la flora y la fauna silvestres, mediante la protección de elementos naturales del paisaje, el rescate de componentes estructurales del hábitat, la restauración ecológica de áreas temporalmente afectadas y el establecimiento de nuevos microhábitats compatibles con la operación del parque fotovoltaico. La medida deberá implementarse desde la etapa previa a la preparación del sitio mediante la identificación y delimitación de los microhábitats de mayor importancia ecológica, incluyendo refugios naturales, acumulaciones de roca, árboles con cavidades, vegetación densa, depresiones temporales, áreas con acumulación de hojarasca y otros elementos utilizados por la fauna silvestre. Antes del inicio de las actividades de desmonte se realizará el rescate o conservación de aquellos elementos que puedan mantenerse dentro del diseño del proyecto o reubicarse en áreas destinadas a conservación. Durante la preparación del sitio y la construcción se limitará estrictamente la remoción de vegetación y del horizonte superficial del suelo a las áreas autorizadas, se conservarán los elementos naturales que no interfieran con la infraestructura, se reutilizarán troncos, ramas, rocas y otros materiales naturales para conformar refugios y microhábitats en las áreas de restauración, y se ejecutarán las acciones previstas en los programas de rescate de flora y fauna, reforestación e interconexión de microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservarán las áreas destinadas a restauración ecológica, se dará mantenimiento a la vegetación establecida, se evitará la eliminación innecesaria de refugios naturales y se monitoreará periódicamente el uso de los microhábitats por las especies de fauna. Al concluir la vida útil del proyecto se restaurarán integralmente las superficies ocupadas por la infraestructura, favoreciendo el restablecimiento de la diversidad estructural del ecosistema y de las condiciones microambientales originales.	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la identificación y delimitación de los microhábitats relevantes antes del inicio de las obras; la conservación de los elementos naturales previamente seleccionados; el rescate y reubicación de componentes estructurales del hábitat cuando resulte técnicamente viable; la reutilización del suelo fértil, troncos, rocas y materia orgánica en las áreas de restauración; el establecimiento de microhábitats artificiales compatibles con las condiciones ecológicas del sitio; la ejecución de las actividades previstas en los programas de reforestación, restauración e interconexión de microhábitats; la realización de monitoreos periódicos sobre la utilización de estos espacios por la fauna; y la integración de informes técnicos que documenten el estado y evolución de los microhábitats conservados y restaurados. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia o recuperación de refugios naturales utilizados por la fauna; el establecimiento exitoso de la vegetación en las áreas restauradas; la utilización comprobada de los microhábitats restaurados por especies de anfibios, reptiles, mamíferos, aves e invertebrados; la recuperación de las condiciones de humedad, sombra y cobertura vegetal características de los microambientes originales; la conservación de la diversidad estructural del suelo y de la vegetación; la reducción de áreas completamente desprovistas de refugio; la permanencia de procesos ecológicos asociados a la descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes; y la recuperación progresiva de la complejidad ecológica del sitio mediante la formación de nuevos refugios y ambientes funcionales. Constituirán **signos de alerta** la eliminación de elementos naturales previamente destinados a conservación; la pérdida de refugios utilizados por la fauna; la compactación excesiva del suelo que

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			impida la recuperación de los microambientes; la ausencia de regeneración vegetal en las áreas restauradas; la desaparición de hojarasca o materia orgánica superficial; el deterioro de los microhábitats construidos durante la restauración; la disminución significativa en los registros de fauna asociada a estos ambientes; la colonización por especies invasoras; la erosión que elimine los elementos estructurales del hábitat; o cualquier modificación que reduzca la diversidad física y biológica de los microambientes respecto de las condiciones previstas en el diseño ambiental. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las acciones de restauración, al reforzamiento de las medidas de revegetación y enriquecimiento ambiental y a la aplicación de medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad ecológica de los microhábitats. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la pérdida permanente de una parte de los microhábitats localizados en las superficies ocupadas por la infraestructura del parque fotovoltaico. No obstante, la aplicación conjunta del Programa para la Conservación, Restauración y Enriquecimiento de Microhábitats y Microambientes Naturales, del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna permitirá conservar una proporción importante de la diversidad estructural del sitio y generar nuevos espacios funcionales para la fauna y la flora. En consecuencia, aunque persistirá una reducción localizada de algunos microambientes originales, se espera mantener la disponibilidad regional de refugios, áreas de alimentación y sitios de reproducción, favoreciendo la resiliencia del ecosistema y la continuidad de los procesos ecológicos asociados a la dinámica natural del paisaje.
	Impacto principal: *Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.*		

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	Expresión concurrente en paisaje: Este impacto-síntesis tiene una expresión concurrente clara en paisaje: la **transformación integral del carácter territorial y ecológico del sitio**, con modificación de composición, configuración y funcionamiento del sistema ambiental visible y funcionalmente perceptible.		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la transformación del ecosistema y la consecuente afectación de sus servicios ecosistémicos constituyen un impacto ambiental de carácter estratégico, cuyos efectos concurren sobre los componentes bióticos, abióticos y socioecológicos del territorio. La prevención se orienta a minimizar la transformación del ecosistema mediante la optimización del diseño del proyecto, la reducción de la superficie intervenida, la conservación de áreas con vegetación natural y la protección de los elementos ecológicos que mantienen la funcionalidad del sistema. La mitigación comprende el mantenimiento de corredores biológicos, la conservación de procesos ecológicos, el manejo adecuado del suelo, la revegetación con especies nativas y la implementación de prácticas de manejo ambiental compatibles con la permanencia de los servicios ecosistémicos. La restauración tiene como finalidad recuperar la funcionalidad ecológica de las áreas temporalmente afectadas mediante acciones de rehabilitación ambiental y revegetación progresiva. La compensación estará dirigida a incrementar la capacidad ecológica del paisaje mediante programas de restauración, reforestación e interconexión de microhábitats que contribuyan a mantener los servicios ecosistémicos a escala local y regional.	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación de la Funcionalidad Ecosistémica y de los Servicios Ecosistémicos. **Objetivo:** Mantener la funcionalidad ecológica del ecosistema y conservar la mayor capacidad posible de provisión, regulación, soporte y valor cultural de los servicios ecosistémicos presentes en el área del proyecto, mediante la conservación de la vegetación remanente, la protección del suelo y de los procesos hidrológicos, la restauración ecológica de áreas temporalmente intervenidas, la interconexión de microhábitats y la aplicación de medidas de compensación ambiental que favorezcan la resiliencia del paisaje. La medida deberá iniciar desde la etapa de planeación mediante la incorporación de criterios de conservación ecológica en el diseño del proyecto, privilegiando el aprovechamiento de áreas previamente transformadas y evitando la intervención innecesaria de elementos ambientales relevantes. Antes del inicio de la preparación del sitio deberán delimitarse las áreas destinadas a conservación, corredores biológicos, zonas de amortiguamiento y superficies sujetas a restauración ecológica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá la remoción de vegetación a las superficies estrictamente autorizadas, se conservará el horizonte superficial del suelo, se implementarán medidas para controlar la erosión y la escorrentía, se protegerán los microhábitats y se ejecutarán de manera coordinada los programas de rescate de flora y fauna, reforestación, manejo integral del suelo, gestión hídrica e interconexión de microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservará la cobertura vegetal compatible con la infraestructura, se dará mantenimiento permanente a las áreas restauradas, se favorecerá la regeneración natural, se evitará el uso innecesario de agroquímicos y se monitoreará periódicamente la evolución de los principales servicios ecosistémicos asociados al suelo, la vegetación, la fauna y el funcionamiento hidrológico. Finalmente, durante el desmantelamiento se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura para favorecer el restablecimiento de la	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la conservación de las áreas destinadas a protección ecológica; la ejecución de los programas de reforestación, restauración ecológica e interconexión de microhábitats; la implementación de medidas de conservación de suelo y agua; la protección de corredores biológicos y vegetación remanente; el mantenimiento de la cobertura vegetal compatible con el proyecto; la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna; el monitoreo periódico de la condición de la vegetación, del suelo, de la fauna y de los procesos hidrológicos; así como la integración de informes técnicos que documenten la evolución de los principales servicios ecosistémicos presentes en el área de influencia. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la conservación de la cobertura vegetal remanente; la recuperación progresiva de la vegetación en las áreas restauradas; la disminución de procesos erosivos; el mantenimiento de la capacidad de infiltración del suelo; la estabilidad de los procesos de escorrentía superficial; la permanencia de la diversidad de flora y fauna registrada durante el monitoreo; el funcionamiento continuo de los corredores biológicos; la conservación de la fertilidad y estructura del suelo; la recuperación de la regeneración natural; el mantenimiento de los servicios de regulación hidrológica, captura de carbono, conservación del suelo, polinización, dispersión de semillas y provisión de hábitat; así como la permanencia de la calidad paisajística y de la resiliencia ecológica del sistema. Constituirán **signos de alerta** la pérdida progresiva de cobertura vegetal fuera de las áreas autorizadas; el deterioro de las áreas restauradas; el incremento

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		estructura, composición y funcionalidad del ecosistema.	de procesos erosivos o de escurrimientos concentrados; la disminución significativa de la infiltración del agua; la compactación generalizada del suelo; la reducción en la diversidad de especies de flora o fauna; la interrupción de los corredores ecológicos; la presencia dominante de especies invasoras; la degradación de los microhábitats; la disminución en la regeneración natural; el deterioro de la calidad del suelo o de la vegetación; o cualquier evidencia de disminución significativa en la capacidad del ecosistema para mantener sus funciones ecológicas. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la revisión inmediata de las medidas de manejo ambiental, el reforzamiento de las acciones de restauración y reforestación, así como la implementación de medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad del ecosistema y los servicios ecosistémicos afectados. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la transformación permanente del ecosistema exclusivamente en la superficie ocupada por la infraestructura del parque fotovoltaico y a la disminución parcial de algunos servicios ecosistémicos asociados a dicha superficie, particularmente los relacionados con la provisión de hábitat y la producción primaria. Sin embargo, la aplicación integral del Programa para la Conservación de la Funcionalidad Ecosistémica y de los Servicios Ecosistémicos, en coordinación con los programas de manejo de suelos, gestión hídrica, reforestación e interconexión de microhábitats, rescate de flora y fauna, y vigilancia ambiental, permitirá conservar la mayor parte de las funciones ecológicas del paisaje, mantener los servicios de regulación ambiental, favorecer la continuidad de los procesos ecológicos y fortalecer la capacidad de resiliencia del ecosistema. En consecuencia, aunque persistirá una transformación permanente del uso del suelo en el área ocupada por el proyecto, la funcionalidad ecológica regional y la provisión de los principales servicios ecosistémicos se mantendrán en niveles compatibles con la

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			conservación del entorno y con la operación ambientalmente responsable del parque fotovoltaico.
	Impacto principal: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto. Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: Este impacto tiene una concurrencia social clara porque implica la **sustitución de una función productiva del territorio**. Aunque el receptor principal sea el suelo, su dimensión concurrente se expresa en la reorganización del uso del espacio, la modificación de la función económica del predio y la posible alteración de la lógica local de aprovechamiento		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, considerando que la sustitución de suelo agrícola constituye un impacto permanente asociado al cambio de uso del terreno durante la vida útil del proyecto. La prevención se orienta a minimizar la ocupación de superficies agrícolas mediante un diseño que optimice la distribución de la infraestructura y limite la intervención exclusivamente a las áreas indispensables para el funcionamiento del parque fotovoltaico. La mitigación busca conservar la calidad y funcionalidad del recurso suelo, manteniendo su horizonte fértil, evitando procesos de degradación física y química y promoviendo usos compatibles del terreno durante la operación del proyecto, particularmente mediante prácticas de manejo de la vegetación y esquemas agrovoltaicos donde resulten técnica y ambientalmente viables. La restauración estará dirigida a recuperar la aptitud agroecológica del suelo durante el desmantelamiento mediante la remoción de la infraestructura, la descompactación del terreno y la restitución del horizonte superficial previamente conservado. La compensación comprenderá acciones de conservación y mejoramiento de los recursos edáficos, así como el fortalecimiento de la productividad agroecológica regional mediante programas de restauración de suelos y sistemas productivos sostenibles.	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa para la Conservación de la Aptitud Agroecológica del Suelo y Manejo Sustentable de las Superficies Agrícolas. **Objetivo:** Minimizar la pérdida de funcionalidad de los suelos agrícolas ocupados por el proyecto, conservando sus propiedades físicas, químicas y biológicas durante la vida útil del parque fotovoltaico, favoreciendo el mantenimiento de su potencial productivo y asegurando que, una vez concluida la operación, el terreno pueda recuperar su vocación agropecuaria mediante acciones de restauración y rehabilitación edáfica. La medida deberá iniciar desde la etapa de planeación mediante la optimización del diseño del parque para reducir la superficie de ocupación permanente y concentrar la infraestructura auxiliar en áreas previamente alteradas o de menor valor agrícola. Antes del inicio de la preparación del sitio se retirará y almacenará adecuadamente el horizonte superficial del suelo fértil para su posterior reutilización en las actividades de restauración, evitando su mezcla con materiales estériles y protegiéndolo contra erosión, compactación o pérdida de materia orgánica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá el tránsito de maquinaria a los caminos autorizados, se reducirán las áreas de compactación, se implementarán medidas para controlar la erosión y se conservará la cobertura vegetal compatible con la operación del proyecto. Durante la etapa de operación y mantenimiento se favorecerá el establecimiento de vegetación herbácea nativa y, cuando las condiciones técnicas del proyecto lo permitan, se promoverán esquemas de manejo agrovoltaico o actividades agropecuarias compatibles que contribuyan al aprovechamiento sustentable del suelo sin afectar la seguridad de la infraestructura. Finalmente, durante el	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la optimización del diseño para minimizar la ocupación permanente del suelo agrícola; el retiro, almacenamiento y conservación del horizonte superficial del suelo; la delimitación de las áreas de tránsito de maquinaria; la implementación de medidas de control de erosión y compactación; el mantenimiento de cobertura vegetal compatible durante la operación; la ejecución de las actividades previstas en el Programa de Manejo y Conservación de Suelos y, en su caso, del Programa de Sistemas Agrovoltaicos; la realización de monitoreos periódicos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; y la ejecución de las acciones de restauración y rehabilitación previstas para el cierre y abandono del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la conservación de la fertilidad del horizonte superficial del suelo; el mantenimiento de la estabilidad estructural y de la capacidad de infiltración; la reducción de procesos de compactación y erosión; la permanencia o recuperación de la materia orgánica y de la actividad biológica del suelo; la estabilidad de los procesos hidrológicos superficiales; la conservación de la cobertura vegetal compatible con la operación del parque; la viabilidad de las actividades agrovoltaicas o de manejo agropecuario compatible, cuando sean aplicables; y la recuperación de la aptitud agroecológica del terreno una vez concluido el desmantelamiento.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		desmantelamiento se retirará la totalidad de las instalaciones, se descompactarán los suelos, se reincorporará el horizonte fértil previamente conservado y se ejecutarán acciones de rehabilitación física, química y biológica que permitan recuperar la capacidad productiva del terreno.	Constituirán **signos de alerta** la pérdida del horizonte superficial del suelo; la compactación excesiva ocasionada por maquinaria; el incremento de procesos erosivos; la disminución significativa del contenido de materia orgánica; la pérdida de infiltración; la formación de cárcavas o escurrimientos concentrados; la degradación química del suelo por derrames de combustibles, aceites u otras sustancias contaminantes; la desaparición de la cobertura vegetal establecida; la presencia de procesos de salinización o degradación física; o cualquier evidencia de disminución progresiva de la capacidad productiva del suelo respecto de las condiciones previstas en el programa de manejo. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la aplicación inmediata de medidas correctivas de conservación de suelos, rehabilitación edáfica, control de erosión y restauración de la cobertura vegetal. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la ocupación temporal de la función agrícola del suelo durante la vida útil del parque fotovoltaico, derivada del establecimiento de la infraestructura. No obstante, al tratarse de un proyecto que no implica la impermeabilización generalizada del terreno ni la eliminación permanente del recurso edáfico, y considerando la conservación del horizonte superficial, el mantenimiento de cobertura vegetal, la implementación de prácticas de manejo sustentable del suelo y las acciones de restauración previstas para el cierre del proyecto, se espera que la aptitud agroecológica del terreno pueda recuperarse de manera significativa una vez concluido el desmantelamiento. En consecuencia, el impacto residual se limitará principalmente a la suspensión temporal del uso agrícola directo durante la operación del parque, manteniéndose la integridad del recurso suelo y su potencial de reincorporación futura a actividades productivas compatibles con las condiciones ambientales de la región.
	Impacto principal: *Generación y manejo inadecuado de residuos.*		

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: La dimensión concurrente aquí se expresa en la **gestión del proyecto**, las condiciones de seguridad e higiene, la percepción del orden ambiental y el uso adecuado de áreas operativas y de servicio. El mal manejo de residuos no sólo afecta la calidad ambiental, sino también la funcionalidad de la infraestructura auxiliar y el entorno humano inmediato.		
	La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y, de manera excepcional, **compensación**, considerando que la generación y manejo inadecuado de residuos constituye un impacto de efectos concurrentes capaz de afectar simultáneamente la calidad del suelo, el agua, el aire, la flora, la fauna, el paisaje, la salud de los trabajadores y la funcionalidad ecológica del sitio. La prevención se orienta a minimizar la generación de residuos desde la fuente mediante criterios de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento, así como mediante una adecuada planeación de las actividades constructivas y operativas. La mitigación comprende el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, asegurando su segregación, almacenamiento temporal, transporte, valorización y disposición final conforme a la legislación ambiental vigente. La restauración estará dirigida a la atención inmediata de cualquier afectación derivada de un manejo inadecuado de residuos mediante la limpieza, remediación y rehabilitación de las áreas impactadas. La compensación procederá únicamente cuando, como consecuencia de un incidente extraordinario, se produzcan afectaciones ambientales que requieran acciones adicionales de restauración ecológica o remediación ambiental.	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa Integral para la Prevención, Manejo y Valorización de Residuos. **Objetivo:** Prevenir la contaminación ambiental derivada de la generación y manejo de residuos durante todas las etapas del proyecto, mediante la aplicación de criterios de economía circular, la minimización en la fuente, la segregación por tipo de residuo, el almacenamiento temporal seguro, la valorización y reciclaje de materiales aprovechables, el manejo especializado de residuos peligrosos y la disposición final a través de prestadores de servicios autorizados, garantizando la protección de los recursos naturales, la biodiversidad y la salud humana. La medida deberá implementarse desde la etapa de preparación del sitio mediante la elaboración y aplicación del Programa Integral de Manejo de Residuos, la capacitación del personal, la instalación de centros de acopio temporal debidamente señalizados y la disponibilidad de recipientes diferenciados para cada tipo de residuo. Durante la construcción se controlará la generación de residuos derivados de las actividades de obra civil, embalajes, excedentes de materiales, residuos metálicos, plásticos, cartón, madera, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, evitando su dispersión sobre el terreno y promoviendo su reutilización y reciclaje cuando sea técnica y ambientalmente viable. Durante la operación y mantenimiento se mantendrá un sistema permanente de segregación, almacenamiento, recolección y disposición final de residuos, incluyendo aquellos derivados del mantenimiento electromecánico, equipos eléctricos, aceites, lubricantes, filtros, baterías, materiales absorbentes, envases contaminados y residuos provenientes de las actividades administrativas. Asimismo, al término de la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se implementará un programa específico para el manejo integral de los residuos generados por el retiro de la infraestructura, privilegiando el reciclaje y la valorización de componentes metálicos, eléctricos y fotovoltaicos, así como la correcta gestión de los residuos peligrosos conforme a la normatividad aplicable.	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la elaboración y aplicación del Programa Integral de Manejo de Residuos; la capacitación periódica del personal; la disponibilidad y correcta identificación de recipientes para segregación; la instalación y mantenimiento de áreas de almacenamiento temporal; la clasificación adecuada de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; la contratación de empresas autorizadas para su transporte y disposición final; la conservación de manifiestos, bitácoras y comprobantes de entrega; la atención inmediata de derrames o incidentes; la limpieza permanente de las áreas de trabajo; y la realización de auditorías internas sobre el manejo de residuos durante todas las etapas del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la disminución progresiva en la generación de residuos por unidad de actividad; el incremento del porcentaje de residuos reutilizados, reciclados o valorizados; la ausencia de residuos abandonados en el área del proyecto; la inexistencia de contaminación del suelo o del agua por residuos o sustancias peligrosas; la reducción de incidentes asociados al manejo inadecuado de residuos; el cumplimiento de la totalidad de las disposiciones legales aplicables; la ausencia de afectaciones a flora y fauna derivadas de la disposición inadecuada de residuos; el mantenimiento de condiciones sanitarias adecuadas en las instalaciones; y la conservación de la calidad ambiental del sitio durante todas las etapas del proyecto. Constituirán **signos de alerta** la acumulación de residuos fuera de las áreas autorizadas; la mezcla de residuos incompatibles; la saturación de los centros de almacenamiento temporal; la presencia de lixiviados o derrames; el almacenamiento directo sobre suelo natural; la pérdida o deterioro de recipientes; la ausencia de registros documentales; la disposición clandestina de residuos; la presencia de fauna oportunista atraída por residuos orgánicos;

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			la dispersión de materiales ligeros por acción del viento; la generación de malos olores; la contaminación visible del suelo o de cuerpos de agua; o cualquier incumplimiento de los procedimientos establecidos en el programa de manejo. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la implementación inmediata de medidas correctivas, incluyendo la limpieza del sitio, la contención de derrames, la remediación de áreas afectadas, la revisión de los procedimientos operativos y el reforzamiento de la capacitación del personal. Los **efectos residuales esperados** serán **mínimos y ambientalmente controlables**, debido a que la totalidad de los residuos generados contará con un sistema integral de manejo conforme a la legislación vigente y a los principios de prevención y valorización. Permanecerá únicamente la generación inevitable de residuos inherente a las actividades de construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento del parque fotovoltaico; sin embargo, al ser manejados mediante procedimientos técnicamente adecuados, su contribución a la contaminación del suelo, agua, aire, biodiversidad y paisaje será poco significativa. En consecuencia, no se prevé la generación de pasivos ambientales derivados del manejo de residuos, manteniéndose la funcionalidad ecológica del sitio y la calidad ambiental del área de influencia durante toda la vida útil del proyecto.
(4/)	**Conjunto de acciones específicas, planificadas y ejecutables que el promovente debe implementar para evitar la generación de impactos ambientales adversos; reducir, controlar o minimizar su magnitud, extensión o duración; restaurar las condiciones ambientales afectadas; o, cuando ello no sea técnica o ambientalmente viable, compensar los impactos negativos residuales mediante la generación de beneficios ambientales equivalentes o superiores.**		
(5/)	**Indicar si la medida es de prevención, mitigación, compensación o restauración. Identificar cada medida mediante la letra inicial correspondiente y un número consecutivo conforme a su orden de aparición, tal como se muestra a continuación: Prevención P1 Mitigación M1 Compensación C1 Restauración R1**		
(6/)	**Indicadores cuantitativos y/o cualitativos que permiten evaluar, verificar y documentar el grado de cumplimiento y la eficacia de las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración implementadas, mediante criterios objetivos, verificables, medibles y reproducibles de carácter ambiental normativo, los cuales posibiliten la evaluación del desempeño de dichas medidas en función de su efectividad y, en caso de no alcanzarse los resultados**		

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	esperados, permitan valorar la necesidad de implementar medidas correctivas, adicionales o complementarias, a fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos y metas inicialmente planteados. Anexar en su caso los métodos de cálculo de los indicadores. -Anexar el soporte técnico y documental de la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales. -Anexar valoración económica del costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. -Es importante realizar el análisis sobre la implementación de estrategias donde se integren las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración, respecto a la integración de los componentes ambientales que resultarán afectados.		

Bibliografía citada

1 IFC, 2012. *Performance Standard 6: Biodiversity conservation and sustainable management of living natural resources* International Finance Corporation. (2012).. World Bank Group.

2 IPCC, 2019. *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

3 FAO, s.f., *Soil carbon sequestration.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Soils Portal. https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/soil-carbon-sequestration/en/

4 Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters, 11*(7), 074016.

5 Choi, C. S., Cagle, A. E., Macknick, J., Bloom, D. E., Caplan, J. S., & Ravi, S. (2020). Effects of revegetation on soil physical and chemical properties in solar photovoltaic infrastructure. *Frontiers in Environmental Science, 8*, 140.

6 Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability, 2*, 848–855.

7 Adeh, E. H., Good, S. P., Calaf, M., & Higgins, C. W. (2018). Solar PV power potential is greatest over croplands. *Scientific Reports, 9*, 11442.

8 Gao, X., Liu, Y., & Zhang, Y. (2023). An observational study on the microclimate and soil thermal regimes under solar photovoltaic arrays. *Solar Energy, 262*, 111812.

9 Száz, D., Fritz, B., Egri, Á., Pereszlényi, Á., Horváth, G., & Kriska, G. (2025). Impacts of agrivoltaic systems on microclimate, water use efficiency and vegetation: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

10 EPA, 2026. *National menu of best management practices (BMPs) for stormwater—Construction* Environmental Protection Agency. (2026).. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater-construction

11 IFC, 2024. *General environmental, health, and safety guidelines*. International Finance Corporation. World Bank Group. https://www.ifc.org/en/insights-reports/general-environmental-health-and-safety-guidelines

12 National Renewable Energy Laboratory. (2024). *PV Stormwater Management Research and Testing (PV-SMaRT): Final technical report* (NREL/TP-6A20-87555). https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/87555.pdf

13 Environmental Protection Agency. (2023). *Construction site runoff control minimum control measure*. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/EPA-Stormwater-Phase-II-Final-Rule-Factsheet-2.6-Construction-Runoff.pdf

14 EPA; 2021. *Erosion and sediment control inspection and maintenance*. Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-erosion-and-sediment-control-inspection-and-maintenance.pdf

15 MPCA, 2026. *Construction stormwater best management practice: Site stabilization*. Minnesota Pollution Control Agency. Minnesota Stormwater Manual. https://stormwater.pca.state.mn.us/construction_stormwater_best_management_practice_site_stabilization

16 IUCN and BC, 2021. Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development*. IUCN and The Biodiversity Consultancy.

[17] APLIC, 2006. *Suggested practices for avian protection on power lines: The state of the art in 2006* Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). Edison Electric Institute, APLIC & California Energy Commission

[18] IFC, 2015. *Environmental, health, and safety guidelines for electric power transmission and distribution*. International Finance Corporation (IFC). World Bank Group

[19] Huso, M. M. P., Dalthorp, D. H., Dail, D., & Madsen, L. (2016). *Mortality monitoring design for utility-scale solar power facilities* (Open-File Report 2016–1087). U.S. Geological Survey.

[20] MACWG, 2016. *Avian-solar science coordination plan.* Multiagency Avian-Solar Collaborative Working Group. (2016).. U.S. Department of Energy.

[21] Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development*. International Union for Conservation of Nature (IUCN) and The Biodiversity Consultancy.

[22] International Finance Corporation (IFC). (2012). *Performance Standard 6: Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources*. Washington, D.C.: IFC.

[23] Liu, Y., Zhang, R.-Q., Huang, Z., Cheng, Z., López-Vicente, M., Ma, X.-R., & Wu, G.-L. (2023). Effects of photovoltaic power station construction on terrestrial ecosystems: A meta-analysis. *Frontiers in Ecology and Evolution, 11*, 1151182.

[24] Wu, C., Liu, H., Wei, L., Yang, Y., Zhao, W., Guo, L., He, Z., Yetemen, O., & Yang, D. (2025). Diverse vegetation responses to solar farm installation are also driven by climate change. *Communications Earth & Environment*.

[25] Natural Resources Conservation Service. (2024). *Conservation considerations for solar farms*. USDA-NRCS.

[26] Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., & Tabor, G. M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en

[27] Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(6), 3261–3270. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023

[28] Cook, J. J., & McCuen, R. H. (2013). Ecological enhancement of solar energy developments. *Renewable Energy, 58*, 25–33.

[29] Hernández, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29*, 766–779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

260721

La presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto Tepetate Solar, se elaboró siguiendo las indicaciones del artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA) y considerando las recomendaciones de la Guía para la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental, descargadas de la liga https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/transparencia/tguia.html., según lo cita el Acuerdo del 1º de abril de 2026 emtido por la Titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Con base en lo anterior, esta MIAR se integra con base en los criterios de simplificación, eficacia, eficiencia y economía procedimental para lo cual se ha procurado que le información que se detalla en los siguientes apartados se clara y concisa.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PROYECTO: Tepetate Solar

El Proyecto consiste en la instalación, operación y mantenimiento de una central de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la radiación solar a través de tecnología fotovoltaica más almacenamiento, la cual convierte la energía solar en energía eléctrica de corriente directa, misma que es transformada a corriente alterna mediante inversores para su posterior interconexión al Sistema Eléctrico Nacional, a través de la infraestructura eléctrica correspondiente.

PFv Tepetate Solar
Anexo técnico # 2

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

El presente capítulo tiene por objeto desarrollar el análisis de vinculación entre las características técnicas, ambientales y territoriales del proyecto **Planta Fotovoltaica Tepetate Solar** y el conjunto de disposiciones jurídicas, reglamentarias, normativas y administrativas que regulan su planeación, construcción, operación, mantenimiento y, en su caso, abandono. Para tal efecto, se examinan de manera sistemática los ordenamientos legales de carácter federal, estatal y municipal, así como los instrumentos de política ambiental, ordenamiento ecológico del territorio, desarrollo urbano, conservación de los recursos naturales y demás disposiciones aplicables, identificando de manera puntual la forma en que el proyecto atiende, cumple o se ajusta a sus objetivos, criterios, lineamientos y restricciones.

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

El análisis que se desarrolla en este capítulo no constituye una simple relación descriptiva de ordenamientos jurídicos vigentes, sino un ejercicio de evaluación técnica y jurídica orientado a demostrar la congruencia del proyecto con el marco regulatorio que le resulta aplicable. En consecuencia, para cada instrumento se identifican las disposiciones directamente vinculadas con la naturaleza del proyecto, se analizan sus alcances específicos y se formulan los argumentos técnicos que permiten acreditar el cumplimiento de las obligaciones, condicionantes, criterios ambientales y disposiciones regulatorias correspondientes.

Esta metodología responde expresamente al enfoque establecido por la Nueva Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental**, emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en mayo de 2026, cuya introducción establece que: "*Se destaca el hecho de que, el presente documento está basado en los principios de simplificación, eficacia, eficiencia y economía procedimental administrativa, que permitan una atención y resolución más efectiva de la tramitología del procedimiento de evaluación de impacto ambiental; lo anterior, se traduce en que la información presentada por el promovente deberá ser clara y concisa, así como previamente analizada por el responsable de su elaboración, que contenga los elementos técnicos basados en estudios específicos, cuyo análisis permita formular los argumentos ponderativos que permitan la resolución de la solicitud de evaluación de impacto ambiental; así como, para facilitar la organización y consulta eficaz de los elementos técnicos y anexos que sustentan la información vertida*" (SEMARNAT, 2026)[1].

En atención a dicho criterio institucional, la presente Manifestación de Impacto Ambiental desarrolla un análisis vinculatorio sustentado en información técnica previamente evaluada, evitando transcripciones extensas de disposiciones legales y privilegiando la exposición de argumentos objetivos que permitan identificar, de manera clara y verificable, la correspondencia existente entre las características del proyecto y las exigencias de cada instrumento jurídico. Con ello se fortalece la solidez técnica del expediente, se facilita su revisión por parte de la autoridad evaluadora y se contribuye a un procedimiento administrativo más eficiente, transparente y sustentado.

Bajo este enfoque, los apartados subsecuentes presentan el análisis de los instrumentos jurídicos en un orden lógico y jerárquico, iniciando con el marco constitucional y legal, continuando con la legislación reglamentaria, las normas oficiales mexicanas, los instrumentos de política ambiental y ordenamiento territorial, así como las disposiciones administrativas específicas que inciden sobre el proyecto. En cada caso se identifican las obligaciones relevantes, se analizan sus implicaciones para el desarrollo de la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar y se expone la justificación técnica que demuestra su observancia, proporcionando a la autoridad ambiental los elementos de juicio necesarios para valorar la viabilidad jurídica y ambiental del proyecto.

Nombre del instrumento jurídico(1/) y disposiciones aplicables al proyecto en materia de evaluación del impacto ambiental	**Congruencia o cumplimiento del proyecto (argumentos jurídicos o técnicos, acciones o actividades de cómo el proyecto se ajustará a los instrumentos.**
(1/): Presentar la vinculación detallada con otros instrumentos jurídicos aplicables a la obra o actividad proyectada de acuerdo con lo indicado en los anexos por sector.	
LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
Artículo 3º,- Para los efectos de esta Ley se entiende por: *…* *Manifestación de impacto ambiental: el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y*	Con el objeto de cumplir con el alcance de esta definición, la misma es asumida en toda su amplitud y la integración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) se concentra en un documento en el cual se sintetizan los diversos estudios de gabinete y de campo realizados, destacando que los estudios de

potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo (Énfasis añadido).	gabinete tienen igual rango de importancia que los de campo ya que, en la mayoría de los casos complementan con información técnica y científica valida (sobre todo cuando esta se encuentra publicada en fuentes válidas), los registros que pudieran derivar de muestreos, verificaciones y observaciones levantadas en el sitio del 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:* *…* *II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica; […]*	El proyecto consta de la construcción, operación y mantenimiento de un parque fotovoltaico cuyos detalles, componentes y alcances se detallan en el capítulo II de esta MIA-R. Por lo que se refiere a la importancia del artículo 28 de la LGEEPA, el proyecto es una infraestructura del sector eléctrico, por lo que, ajustando la iniciativa a la relevancia del precepto, se realiza esta MIA-R para solicitar a la autoridad federal competente, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) adscrita a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la autorización de dicho proyecto en materia de impacto ambiental; con lo anterior se está cumpliendo con el alcance de este artículo.
VII.- Cambios de uso de suelos de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.	Cabe mencionar que, el establecimiento del proyecto pudiera requerir la remoción de vegetación forestal de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en una superficie de 49.7914 ha equivalentes al 23.32 % [**] de la superficie total del AeP (210.3108 ha) por lo que. de ser obtenida la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, se gestionará la autorización correspondiente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), ante la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el Estado de México, Consecuentemente con lo anterior, en la eventualidad de obtener la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, la cual se gestiona con la presente M;IA-R, ésta habrá considerado el impacto ambiental derivado del cambio de uso de suelo del área forestal ubicada al interior del AeP.
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 él 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. […]*	El proyecto cumple esta disposición vinculante al presentar a la consideración de la autoridad federal competente, la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) correspondiente al proyecto y, concebida ésta como "el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría un proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo". Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA-R. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, es el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, con esa orientación y alcances se integra esta Manifestación, lo cual es evidencia del cumplimiento a la disposición que se analiza. En tal virtud, la promovente, somete a evaluación la presente MIA-R que contiene en el Capítulo IV una

	descripción de los posibles efectos en los ecosistemas que podrían ser impactados, teniendo en cuenta el conjunto de elementos que lo conforman y que se exponen en el citado Capítulo IV, así como medidas de prevención, compensación y mitigación para reducir el alcance de los eventuales impactos que se generen con la ejecución del proyecto lo cual se detalla en el Capítulo IV de esta MIA-R.
Artículo 35. *Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá: I.- Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados; II.- Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o III.- Negar la autorización solicitada, cuando: a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables; b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate. La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate.* *La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.*	Es importante afirmar que, si bien la disposición contenida en el artículo 35 de la LGEEPA está dirigida a indicar a la autoridad que conduce el procedimiento de EIA, en términos de los dispuesto por el primer párrafo del artículo 28 de la misma ley, los elementos sustantivos de su trabajo de valoración, la promovente considero trascendente evidenciar en este apartado cómo satisface el proyecto los rubros sustantivos que la autoridad deberá identificar en los capítulos correspondientes de esta MIA-R, particularmente en los Capítulos III y IV. Es oportuno mencionar que el proyecto se ajusta a las formalidades previstas en la LGEEPA desde el momento mismo en que, con apego en el artículo 28 de este ordenamiento se asume sin restricciones que el objetivo medular del proyecto está basado en actividades que están sujetas a obtener la autorización previa en materia de impacto ambiental de parte de la SEMARNAT; las actividades en comento están contempladas en la fracción II del citado precepto. En el mismo contexto, en el análisis que se desarrolla a lo largo de este capítulo se ofrece la evidencia de cómo el proyecto cumple con las disposiciones contenidas en los programas de desarrollo urbano, programas de ordenamiento ecológico del territorio, declaratorias de áreas naturales protegidas, normas oficiales mexicanas y demás dispositivos normativos aplicables. Demostrando a la autoridad, a través de este ejercicio de vinculación, la viabilidad para autorizar la realización del proyecto. Aunado a lo anterior y de acuerdo con el análisis realizado en el Capítulo IV de esta MIA-R, si bien se podrían tener afectaciones a individuos de las especies potenciales que cuentan con algún estatus de protección, éstos no podrían ocasionar que una o más de estas especies sea considerada como amenazada o en peligro de extinción; considerando además que los vertebrados terrestres, reptiles y mamíferos, pudieran ser los grupos más susceptibles a ser afectados durante el desarrollo del proyecto, principalmente durante la etapa constructiva, razón por la cual se plantean una serie de acciones (medidas) tendientes a reducir la intensidad del impacto potencial (Capítulo IV). Finalmente, para dar cumplimiento al inciso c) de la fracción III del artículo que se analiza en este momento, relativo a la veracidad de la información que se proporciona en cada uno de los capítulos que conforman la MIA-R que se somete a consideración de la autoridad, el responsable técnico de la MIA-R suscribe la declaración correspondiente indicada en el primer párrafo del artículo 35-BIS-1 de la LGEEPA, la cual forma parte integral de la MIA-R; aunado a que se incluye la bibliografía que da soporte a las metodologías, técnicas o experiencias que aborden rubros

	relacionados con el tema de que se trate, con la finalidad de ofrecer a la autoridad la evidencia de que lo que se manifiesta en la identificación de los impactos correspondientes se ajusta a una realidad o se justifica con evidencias técnicas o científicas.
Artículo 34, fracción I: …el promovente deberá publicar a su costa, un extracto del proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa de que se trate, dentro del plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la manifestación de impacto ambiental a la secretaría.	Tal y como lo dispone este artículo, el promovente se compromete a publicar un extracto del proyecto en algún periódico del Estado de México, en el lapso comprendido en cinco días posteriores al día del ingreso del proyecto e ingresar a la ventanilla de la autoridad la evidencia correspondiente. Se propone publicar en las ciudades de México o Toluca, Estado de México, ya que en el Municipio de Hueypoxtla y en los municipios aledaños, no se publican periódicos.
Artículo 35 Bis 1.- Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.	La promovente testifica que se ha asegurado del cumplimiento cabal de esta disposición y el consultor que elaboró esta MIA suscribirá el escrito con el cuál constata que está dando cumplimiento a esta previsión, con lo cual el proyecto satisface la vinculación que debe asegurar con esta disposición. Dicho escrito se anexa al expediente que integra la documentación de la MIA-R como parte integrante de la misma.
REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (RLGEEPAMEIA)[2].	
Artículo 3 fracción IX. *Esta fracción define el concepto de impacto ambiental significativo en los siguientes términos:* *IX. 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.*	La definición del concepto se asume como un elemento vinculante con el proyecto, toda vez que cuando la LGEEPA define lo que es una manifestación de impacto ambiental (fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA) alude a: "un documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generará una obra o actividad…"; en tal sentido, en el capítulo V de esta MIA-R se hace un análisis exhaustivo respecto a la identificación y, en su caso, la valoración de los impactos ambientales identificados, tendiente a determinar su significancia con base en los alcances que este mismo instrumento define, esto es, que los impactos identificados: • Resulten de la acción del hombre, • Provoquen alteraciones en los ecosistemas y en sus recursos naturales, o • Provoquen alteraciones en la salud (de las personas), • Obstaculicen la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, • Obstaculicen la continuidad de los procesos naturales.
Artículo 5. *Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.* *K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:* ***I.*** *Construcción de plantas …;* ***II.*** *Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;* ***III.*** *Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y ...* ***IV.*** *Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW* *Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas. (énfasis añadido)*	El proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de un parque fotovoltaico con las características y superficies ya descritas en el capítulo II. En cumplimiento con lo dispuesto en este artículo y atendiendo a que el proyecto forma parte de la industria eléctrica en un sentido amplio, se somete a dictamen previo la presente MIA-R para obtener su aprobación en materia de impacto ambiental, con lo cual se satisface el alcance de la presente disposición. La naturaleza del proyecto, en términos del RLGEEPAMEIA, no se encuentra definida como tal (central fotovoltaica), no obstante, su ejecución requiere la autorización previa de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental, por esa razón se

	estructuró e integró esta MIA-R ya que ese es el procedimiento definido por el Artículo 30 de la LGEEPA.
O) Cambios de uso de suelo *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, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;* *II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y* *III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.*	Por lo que se refiere al alcance del inciso O) del artículo 5º, tal y como se describe en el Capítulo III de esta MIA-R, en los terrenos que pretende ocupar el proyecto se registró la presencia de vegetación forestal en una extensión equivalente al 6.25% de la superficie del terreno para el AeP (214.4712 ha) por lo que, *la solicitud de autorización del proyecto en materia de impacto ambiental que se presenta a esa DGIRA con este documento, no solo se refiere al alcance del proyecto como un elemento de la industria eléctrica sino también al impacto ambiental que podría derivar del cambio de uso de suelo*; con lo cual quedan satisfechos los alcances de los dos rubros del artículo 5º en los que incide el proyecto y con lo cual se evidencia la vinculación de esta gestión con el alcance de ambos preceptos (inciso K e inciso O). En el mismo sentido, una vez obtenida la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, se gestionará la autorización de CUSTF ante la Representación de la SEMARNAT en el Estado de México.
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.* *La información que contenga la Manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias relevantes vinculadas con la realización del proyecto.* *La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.* *La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.*	Conforme al artículo referido, el presente documento conforma la MIA-R a que se refiere el precepto en análisis, en la modalidad que el propio RLGEEPAMEIA define, por lo que su alcance queda cumplido. El contenido de esta MIA-R se obtuvo de la página WEB de la SEMARNAT la "Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional" (2022), con la que elaboró el documento del cual forma parte este capítulo en el que se ofrece la información relativa a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto. En su Capítulo V identifica, describe y evalúa los impactos ambientales que pudiera ocasionar el proyecto, de tal suerte que en el capítulo VI se describen las medidas y los programas de medidas que la empresa compromete ejecutar para evitar, disminuir o corregir tales impactos y, en función de estas acciones, construirá escenarios que aportarán los elementos necesarios para que la autoridad evalúe la pertinencia del proyecto.
Artículo 10. *Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:* ***I.*** *Regional, o Particular.*	Con el objeto de cumplir con la normatividad ambiental aplicable al proyecto, y, en lo relativo al alcance de esta disposición, el proyecto se traduce a una MIA-R, concebida ésta como el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generará el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, será el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto y, en esa orientación se integra la presente MIA-R.
Artículo 11. *Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:*	La modalidad adoptada para presentar esta MIA-R a la consideración de la autoridad fue la modalidad

I. *Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas.* **II.** *Un conjunto de obras y actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento.* **III.** *Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y* *Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.*	regional, en virtud de que así lo tiene establecido el área administrativa competente de la SEMARNAT. El alcance de los cuatro supuestos detallados por el artículo en análisis no ofrece resultados que pudieran refrendar la definición de la modalidad adoptada; en este sentido el proyecto no se ajusta a ninguno de los tipos de proyectos detallados en la fracción primera y mucho menos se prevé que pudiera "alterar" la cuenca hidrológica dentro de la cual pretende establecerse ya que ello supondría que podría desviar, disminuir o modificar el caudal de las corrientes de agua superficiales que cursan en su interior o modificar sus parteaguas o incluso afectar la calidad de sus aguas, nada de lo cual es factible de ocurrir aun operando el proyecto, todo ello se analiza detenidamente en el Capítulo V de esta MIA-R. Por lo que se refiere al alcance del supuesto II, resulta obvia su inaplicabilidad para el proyecto, ya que la iniciativa que se aborda en esta MIA-R corresponde a un parque fotovoltaico y no a un plan o a un programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que es sometido a la consideración de la Secretaría. El alcance del supuesto contenido en la fracción III debe explicarse considerando la redacción de este texto se refiere a que, en la MIA-R que se somete a la dictaminación de la autoridad se considere la inclusión de un conjunto de proyectos de obras y actividades y, en segundo término, que esa iniciativa, como todo proyecto (individual o que forme parte de un conjunto) pretende establecerse en una región ecológica determinada, en este sentido baste considerar que la regionalización ecológica del país definida por disposición de la LGEEPA en su artículo 20, fracción I, es delimitada en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en este sentido este instrumento divide a todo su territorio en 80 regiones ecológicas, que lo cubren en su totalidad, consecuentemente no existen un espacio, por pequeños que sea, del territorio que no forme parte de una región ecológica, en tal sentido este criterio tiene que ir íntimamente asociado a que la iniciativa que se incluye en la MIA-R considere a un conjunto de proyectos de obras y actividades. Al respecto es importante destacar que este alcance de la fracción III del artículo 11 del RLGEEPAMEIA no se refiere a que en el área donde pretenda establecerse el proyecto haya (establecidos o en proceso de establecerse) otros proyectos de la misma naturaleza ya que la disposición reglamentaria es clara y no hace esa distinción, por ello cabe transcribir el principio general del Derecho que estipula que "donde la Ley no distingue un servidor público, no tiene por qué distinguir", consecuentemente el criterio que parece aplicarse para obligar a estos proyectos a someterse a la modalidad ambiental porque pretenden establecerse en áreas con proyectos (establecidos o por establecerse) de la misma naturaleza, no puede concretarse como una disposición derivada del texto reglamentario. Por último y en lo que se refiere lo que se refiere al supuesto IV del artículo 11, como cualquier proyecto de la naturaleza que sea, éste pretende desarrollarse en un sitio en el cual interactuará con los diferentes componentes ambientales regionales y, si bien de esa interactuación se pronostica la

	posibilidad de que ocurran impactos ambientales, acumulativos, sinérgicos o residuales, ese alcance del pronóstico no basta para llevar la MIA-R a una modalidad regional, tiene que satisfacerse el complemento del texto que dispone que esos impactos (en su carácter de significativos) "*pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas*", en tal situación, en el Capítulo V de esta MIA-R se pone en evidencia que esta posibilidad no se prevé pueda ocurrir con la construcción, operación y/o mantenimiento del proyecto. No obstante, lo anterior, el promovente se allana a la disposición de la autoridad y adopta la modalidad regional en la MIA con a la intención de realizar una gestión expedita y que prevea un alcance más detallado de los efectos que pudiera ocasionar en el sistema ambiental regional.
Artículo 13. *La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:* *I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;* *II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;* *III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;* *IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;* *V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y* *Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.*	En total apego a lo dispuesto por este artículo, la presentación a la autoridad de este documento (MIA-R) para su dictamen de procedencia, con la estructura compuesta de ocho apartados (capítulos) definidos en este precepto, para solicitar la autorización del proyecto en materia ambiental, es la mejor evidencia del cumplimiento al alcance del artículo 13 del RLGEEPAMEIA. Esta disposición se adecua además al alcance del Decreto publicado en el DOF el 1º de Abril de 2026. Se destaca que conforme a los alcances del formato de la nueva Guía para elaborar las manifestaciones de impacto ambiental, emitida por la SEMARNAT en el mes de mayo próximo pasado, los contenidos establecidos por el artículo 13 del RLGEEPAMEIA, se integran en los cuatro capítulos que conforman esta MIAR.
Artículo 14.- Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.	Con sustento en esta previsión del artículo 14 del RLGEEPAMEIA, el promovente presenta en esta misma MIA-R la información relativa al proyecto en materia de una infraestructura de la industria eléctrica y de una obra y actividades que pretende establecerse en terrenos que disponen de vegetación forestal, por lo que incluye también la información relativa al cambio de uso de suelo.
Artículo 17.- El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando: ***I.*** *La manifestación de impacto ambiental;* ***II.*** *Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y* *Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondiente.*	El contenido del expediente que se ingresa a la consideración de la autoridad se ingresa mediante los instrumentos indicados en este artículo (artículo 17). Con lo anterior la promovente evidencia la vinculación de su gestión con las disposiciones del RLGEEPAMEIA en este artículo
Artículo 19.- La solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, sus anexos y, en su caso, la información adicional, deberán presentarse en un disquete al que acompañarán cuatro tantos impresos de su contenido. *Excepcionalmente, dentro de los diez días siguientes a la integración del expediente, la Secretaría podrá solicitar al promovente, por una sola vez, la presentación de hasta tres copias adicionales de los estudios de impacto ambiental cuando por alguna causa justificada se requiera. En todo caso, la presentación de las copias adicionales deberá llevarse a cabo dentro de los tres días siguientes a aquel en que se hayan solicitado.*	El contenido del expediente que se ingresa a la consideración de la autoridad se ingresa mediante los instrumentos y en el número de copias indicados en este artículo (artículo 19). De la misma forma y, de ser el caso, la promovente anticipa su voluntad de atender requerimientos eventuales de la autoridad respecto a copias adicionales de la MIA-R de su proyecto.

	Con lo anterior la promovente evidencia la vinculación de su gestión con las disposiciones del RLGEEPAMEIA en este artículo.
Artículo 36.- Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales. *La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley, sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.*	En tal sentido, en este ejercicio se hace uso de procesos eficientes de hermenéutica y de análisis vinculatorio que aseguren la congruencia con las disposiciones de todos los instrumentos jurídicamente vinculantes. Por otra parte, de manera preliminar al desarrollo del análisis vinculatorio de los ordenamientos jurídicos aplicables al proyecto en materia ambiental, se analizan sucintamente aquellos instrumentos de planeación relacionados con el sector en el que se inscribe el proyecto que aborda esta MIA-R.
Artículo 38.- Los expedientes de evaluación de las manifestaciones de impacto ambiental, una vez integrados en los términos del artículo 20 del presente reglamento, estarán a disposición de cualquier persona para su consulta. *El promovente, desde la fecha de la presentación de su solicitud de evaluación en materia de impacto ambiental, podrá solicitar que se mantenga en reserva aquella información que, de hacerse pública, afectaría derechos de propiedad industrial o la confidencialidad de los datos comerciales contenidos en ella, en los términos de las disposiciones legales aplicables. Asimismo, la información reservada permanecerá bajo responsabilidad y custodia de la Secretaría, en los términos de la Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.* *En todo caso, el promovente deberá identificar los derechos de propiedad industrial y los datos comerciales confidenciales en los que sustente su solicitud.*	De acuerdo a lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo en análisis (artículo 38), el promovente solicita a la autoridad mantener en reserva la información que, de hacerse pública, afectaría derechos de propiedad o la confidencialidad de los datos comerciales contenidos en ella, en los términos de las disposiciones legales aplicables, para lo cual anexa al expediente de ingreso de la MIA-R un documento en el cual se ha cancelado la información que la promovente solicita a la DGIRA/SEMARNAT mantener en reserva en los términos de la Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.
Artículo 41.- La Secretaría, dentro de los cinco días siguientes a la presentación de la solicitud, notificará al interesado su determinación de dar o no inicio a la consulta pública. *Cuando la Secretaría decida llevar a cabo una consulta pública, deberá hacerlo conforme a las bases que a continuación se mencionan:* *I. El día siguiente a aquel en que resuelva iniciar la consulta pública, notificará al promovente que deberá publicar, en un término no mayor de cinco días contados a partir de que surta efectos la notificación, un extracto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa donde se pretenda llevar a cabo; de no hacerlo, el plazo que restare para concluir el procedimiento quedará suspendido. La Secretaría podrá, en todo caso, declarar la caducidad en los términos del artículo 60 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.* *El extracto del proyecto de la obra o actividad contendrá, por lo menos, la siguiente información:* ***A)*** *Nombre de la persona física o moral responsable del proyecto;* ***B)*** *Breve descripción de la obra o actividad de que se trate, indicando los elementos que la integran;* ***C)*** *Ubicación del lugar en el que la obra o actividad se pretenda ejecutar, indicando el Estado y Municipio y haciendo referencia a los ecosistemas existentes y su condición al momento de realizar el estudio, y* *d) Indicación de los principales efectos ambientales que puede generar la obra o actividad y las medidas de mitigación y reparación que se proponen;*	Si bien este precepto deriva de la decisión de la autoridad cuando hubiera decidido realizar una consulta pública, la disposición de la fracción I ha sido asumida por la autoridad como una obligación independiente de la consulta pública y ordena a los promoventes realizar dicha publicación, por lo que para efectos del proyecto que se considera en esta MIA-R, el promovente compromete cumplir con la publicación del extracto en el lapso comprendido en los cinco primeros días posteriores al ingreso de la MIA-R a la ventanilla del espacio de contacto ciudadano, con los contenidos indicados en este precepto. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
Artículo 44. *Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:* *I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;*	En el Capítulo IV de esta MIA-R se ofrece a la autoridad la evidencia de que el análisis de los factores ambientales que constituyen el ecosistema se realiza de una manera integral, considerando todos los elementos que lo constituyen y no únicamente los que van a ser objeto de aprovechamiento o afectación.

II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y III. *En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.*	El contenido de esta MIA-R permitirá a la autoridad dictaminar la procedencia del cumplimiento del proyecto respecto del alcance de la fracción I del artículo 44. En el Capítulo IV de la presente MIA-R se ofrecen evidencias de indicadores que demuestran que el ecosistema en donde se pretende establecer el proyecto no reúne los atributos característicos de un ambiente conservado. Alcances de la fracción II: en lo relativo a la consideración de los efectos de las obras y/o las actividades del proyecto, en el o en los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento y/o afectación, en el Capítulo IV de la presente MIA-R se hace la identificación, valoración y el análisis de fragilidad y susceptibilidad de los sub-factores y de los factores de mayor relevancia, constitutivos de los ecosistemas sobre los cuales incidirá el proyecto y no únicamente de aquellos que como el suelo, la vegetación, la fauna y ciertos procesos ecosistémicos, podrán resultar afectados por su establecimiento; esta consideración holística derivó no sólo de la obligación que deviene de la disposición que se analiza, sino de la interrelación que sustenta a la funcionalidad de los ecosistemas y que, deriva en efectos "dominó" cuando un sub-factor del ambiente es afectado de manera irreversible y ello provoca alteraciones de diferente magnitud sobre otros sub-factores interrelacionados; el análisis de las interacciones de los efectos se detalla en el Capítulo V, en el cual, la metodología de identificación de impactos empleada permite determinar el alcance de cada efecto para identificar impactos directos, indirectos o inducidos, lo cual requiere del conocimiento integral del conjunto de factores y sub factores de los ecosistemas en los cuales incidirá el proyecto y, por otro lado, permite prever el surgimiento de impactos no previstos por insuficiencia del proceso; en adición el esfuerzo también alcanza al establecimiento de las medidas de reducción, mitigación o compensación de esos efectos (impactos), las cuales se describen en el Capítulo VI; con esto queda en evidencia la atención y cumplimiento del alcance de éste apartado del artículo 44 del RLGEEPAMEIA por parte del proyecto. Alcances de la fracción II: los recursos naturales que serán "utilizados" de forma tal que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos. En lo referente al complemento de la disposición, esto es respecto a la "capacidad de carga" del ecosistema, asumiendo de manera supletoria la definición que respecto a ese concepto establece la fracción III del artículo 3° de la Ley General de Vida Silvestre. "*Artículo 3o. …* *III. Capacidad de carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico*".

	Del contenido de la disposición transcrita, resulta notable destacar para efecto del proyecto que nos ocupa, se realizaron los estudios específicos para integrar la MIA-R, diagnóstico ambiental relativo a la descripción de los principales componentes del ambiente y su valoración a nivel ecosistémico asociado en criterios de fragilidad ambiental tomando como variables el tipo de cubierta vegetal, y su estado de conservación; esta relación, en el contexto del análisis del SAR delimitado, permitió conocer cuáles son los principales procesos ecológicos que definen la integridad funcional del ecosistema presente, considerando ésta integridad funcional, bajo la siguiente definición conceptual: "*Un ecosistema tiene integridad si conserva suficiente biodiversidad, estructuras y funciones (bióticas y abióticas), para mantener su capacidad de auto organización y complejidad a través del tiempo*". Partiendo de la anterior definición, los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional delimitado, para efecto de la construcción del proyecto, muestra una amplia gama de procesos antrópicos que han ocurrido, y que siguen ocurriendo, producto de la intervención humana, y que continúan modificando la estructura y funcionamiento de los mismos. Por lo tanto, y en este contexto específico, no es posible hablar o determinar sobre la integridad funcional cuando los atributos de los ecosistemas, tanto a nivel de componentes como de procesos, carecen de partes, lo cual, no significa necesariamente que no sigan funcionando o no puedan continuar. Se hace visible que el estado de presión al que están sometidos, supera, por mucho, la capacidad de carga de los mismos, al contar con elementos externos cuya ocupación territorial poco a poco gana terreno sobre las áreas naturales o bien se generan procesos que modifican los valores de conservación de los ensambles y, con ello, la propia estructura de los ecosistemas. Bajo este enfoque y conforme a la información ambiental recopilada, generada y analizada, se está en posibilidad de determinar que el SAR delimitado mantiene un estado de conservación tendiente, aún, a la naturalidad. Las actividades que se desarrollan en el área del proyecto en la condición actual son, de hecho, uno de los elementos que incide en la calidad ambiental del SAR estudiado, toda vez que una gran proporción del terreno ha sido desprovisto de su vegetación nativa, para uso agrícola y de pastoreo, lo cual representa un límite artificial en la continuidad de la vegetación. Bajo este contexto de utilización de recursos existente en el SAR, el proyecto aporta medidas de mitigación, compensación y restauración propuestas en el Capítulo VI.
Artículo 51.- La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. *Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:* ***I.*** *Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.

II. *En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;* ***III.*** *Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y* *Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.*	
Artículo 52.- La Secretaría fijará el monto de los seguros y garantías atendiendo al valor de la reparación de los daños que pudieran ocasionarse por el incumplimiento de las condicionantes impuestas en las autorizaciones. *En todo caso, el promovente podrá otorgar sólo los seguros o garantías que correspondan a la etapa del proyecto que se encuentre realizando.* *Si el promovente dejara de otorgar los seguros y las fianzas requeridas, la Secretaría podrá ordenar la suspensión temporal, parcial o total, de la obra o actividad hasta en tanto no se cumpla con el requerimiento.*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
Artículo 53.- El promovente deberá, en su caso, renovar o actualizar anualmente los montos de los seguros o garantías que haya otorgado. *La Secretaría, dentro de un plazo de diez días, ordenará la cancelación de los seguros o garantías cuando el promovente acredite que ha cumplido con todas las condiciones que les dieron origen y haga la solicitud correspondiente*	El promovente manifiesta su voluntad de acatar lo que, en su momento disponga la autoridad respecto a este precepto y, en su oportunidad atenderá los requerimientos que se le notifiquen. Con lo anterior, la promovente asegura la vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.

PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

De conformidad con el segundo párrafo del artículo 19, el POEGT "vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación", lo cual delimita de manera expresa su ámbito de obligatoriedad al actuar institucional del Estado. Este alcance se confirma en el Decreto mediante el cual se expide el POEGT (DOF, 2012), cuyo artículo segundo establece que dicho instrumento será de observancia obligatoria en el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática.

Asimismo, el artículo tercero del referido Decreto, en concordancia con el artículo 34 del Teglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPAMOE), dispone que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el POEGT en sus programas operativos anuales, proyectos de presupuesto y programas de obra pública, lo que reafirma su carácter obligatorio en el ámbito gubernamental.

En este contexto normativo, el POEGT no constituye un instrumento de regulación directa de las actividades de los particulares, sino un mecanismo de política pública de carácter inductivo, cuya eficacia jurídica respecto de los gobernados se materializa de forma indirecta a través de los actos de autoridad, particularmente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. En consecuencia, si bien no impone obligaciones directas al promovente, sí configura un marco de referencia que debe ser considerado por la autoridad ambiental al emitir la resolución correspondiente.

Adicionalmente, debe considerarse que la escala de elaboración del POEGT (1:2,000,000) implica una resolución espacial de carácter regional y estratégico, lo cual limita su aplicabilidad directa a nivel de sitio o predio, al no permitir la identificación precisa de condiciones específicas del territorio ni la definición de restricciones operativas a escala de proyecto. Por tanto, sus disposiciones deben interpretarse como directrices generales de política ambiental, cuya aplicación requiere ser contextualizada mediante instrumentos de mayor detalle y estudios específicos, como los que integran la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional.

En términos de su estructura territorial, el POEGT establece una regionalización ecológica del país basada en la integración de factores biofísicos como clima, relieve, vegetación y suelos, de la cual derivan las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) como unidades de análisis para la definición de políticas y estrategias. En este sentido, el Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto se inscribe dentro de la Región Ecológica 14.16, en la cual se ubica la Unidad Ambiental Biofísica 121, denominada Depresión de México, caracterizada por una elevada presión antropogénica, procesos de degradación ambiental y un escenario tendencial crítico Para dicha UAB, el POEGT establece una política ambiental orientada al aprovechamiento sustentable, la protección, la restauración y la preservación de los recursos naturales, así como un conjunto de estrategias dirigidas a la mitigación del cambio climático, el fortalecimiento de la seguridad energética, la gestión sustentable del agua y la recuperación de ecosistemas.

En este marco, el proyecto se analiza en términos de su congruencia con dichas directrices, identificándose que su naturaleza y características operativas resultan compatibles con los objetivos estratégicos del POEGT. En particular, el proyecto contribuye al cumplimiento de las estrategias relacionadas con el impulso de tecnologías limpias de generación eléctrica, la diversificación de la matriz energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual es consistente con las políticas de mitigación del cambio climático y de transición energética promovidas en el instrumento.

Asimismo, el proyecto presenta un bajo requerimiento de recursos hídricos en su fase de operación, lo que resulta congruente con las estrategias orientadas a la protección y manejo sustentable de cuencas y acuíferos en una región caracterizada por déficit

hídrico. De igual forma, incorpora medidas de prevención, mitigación y, en su caso, restauración ambiental orientadas a la conservación del suelo, el control de la erosión y la revegetación de áreas intervenidas, en concordancia con las estrategias de protección y restauración de ecosistemas.

Adicionalmente, el desarrollo del proyecto fortalece la infraestructura energética regional y contribuye al desarrollo económico mediante la generación de empleo y la provisión de energía limpia, lo cual se alinea con las estrategias del POEGT orientadas al desarrollo regional y al aprovechamiento sustentable de los recursos.

En virtud de lo anterior, se concluye que, aun cuando el POEGT no establece disposiciones jurídicamente vinculantes de manera directa para el promovente, el proyecto resulta congruente con sus lineamientos estratégicos y contribuye de manera funcional al cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad ambiental definidos para la UAB 121.

Se destaca que, independientemente del carácter inductivo del POEGT, en este apartado de la MIA-R se hace un análisis de la forma en que el proyecto se alinea a las disposiciones y a las estrategias sectoriales definidas por el instrumento, esto es, cómo el proyecto ofrece coincidencias con los lineamientos inductivos del POEGT. Además es conveniente precisar que la definición que presenta la guía[I], en relación al espacio geográfico en el cual pretende establecerse el proyecto, esto es el sistema ambiental regional (SAR), incorpora en dicha definición precisamente el carácter regional del enfoque que debe darse al documento que integre los estudios que sustenten a la MIA-R y, por lo tanto, el esquema de regionalización utilizado para delimitar el SAR (Capítulo IV de esta MIA) fue el que define a la **Región Ecológica 14.16** (RE 14.16) la cual tiene definida la política ambiental de **Aprovechamiento Sustentable, Protección, Restauración y Preservación;** al interior de la cual se ubican solo una unidad ambiental biofísica (UAB), la **Nº 121** denominada Depresión de México. La RE cubre parte del Estado de México, y Morelos, alrededor de la Ciudad de México (figura III.1), La UAB cual cubre una extensión de 14,532 km^2; dentro de la cual se ubica el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el cual pretende insertarse el proyecto.

Dada la naturaleza, las definiciones y los alcances del POEGT antes descritas, sus estrategias y acciones no resultan en disposiciones vinculantes, de cumplimiento obligado a observar de parte de los regulados o gobernados (particulares), se confirma y resulta obvio que su atención y cumplimiento, de acuerdo a lo citado al inicio que dispone en el desarrollo de este sub capítulo y de acuerdo a lo que dispone el RLGEEPAMOE, 2014, *op. Cit*. En este mismo sentido, esos alcances se retoman en el Acuerdo por el cual se expidió el POEGT (2012, *op. Cit.*), por lo que, la aplicación de sus estrategias específicas está estrictamente acotadas a la actuación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y no a los particulares.

En atención al carácter del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) como instrumento de política ambiental de naturaleza estratégica, formulado conforme a lo dispuesto en el artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF, 2014), el presente análisis se realiza bajo un enfoque de **congruencia y compatibilidad**, y no de vinculación directa al promovente.

Lo anterior, en virtud de que el POEGT tiene como ámbito de obligatoriedad las acciones y programas de la Administración Pública Federal, de conformidad con el Decreto de su expedición (DOF, 2012), por lo que su eficacia jurídica respecto de los particulares es de carácter indirecto, a través de los actos de autoridad, particularmente en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental.

Asimismo, debe considerarse que la escala de elaboración del POEGT (1:2,000,000) corresponde a un nivel de análisis regional y estratégico, lo cual limita su aplicación directa a nivel de proyecto o predio, al no permitir la definición de condicionantes específicas de uso del suelo ni la identificación precisa de atributos ambientales a escala local. En consecuencia, sus disposiciones se interpretan como directrices generales de política territorial.

Bajo este marco, el análisis se orienta a identificar la **congruencia material, la compatibilidad funcional y la no contradicción** entre las estrategias aplicables a la Unidad Ambiental Biofísica 121 (UAB 121) y las características del proyecto.

Para efectos metodológicos, las estrategias definidas en el POEGT para la UAB 121 se clasificaron en tres categorías:

1. **Estrategias directamente pertinentes**, aquellas que guardan relación funcional con la naturaleza, operación e impactos del proyecto.
2. **Estrategias indirectamente relacionadas**, aquellas que presentan una vinculación contextual o sectorial, sin implicar una interacción operativa directa.
3. **Estrategias no aplicables**, aquellas cuyo ámbito corresponde a políticas públicas, sectores productivos o dimensiones sociales ajenas a la naturaleza del proyecto, o cuya escala de aplicación excede el ámbito del mismo.

Este enfoque permite evitar interpretaciones extensivas indebidas del POEGT, al tiempo que garantiza un análisis técnico consistente con su carácter estratégico, asegurando que el proyecto no contraviene sus directrices y, en su caso, contribuye al cumplimiento de sus objetivos de sustentabilidad, las determinaciones de las categorías antes relacionadas y sus argumentos técnicos evidencian la congruencia del proyecto con los alcances de las estrategias de la UAB 121.

Este enfoque permite evitar interpretaciones extensivas indebidas del POEGT, al tiempo que garantiza un análisis técnico consistente con su carácter estratégico, asegurando que el proyecto no contraviene sus directrices y, en su caso, contribuye al cumplimiento de sus objetivos de sustentabilidad, las determinaciones de las categorías antes relacionadas y sus argumentos técnicos evidencian la congruencia del proyecto con los alcances de las estrategias de la UAB 121.

[I] Sistema ambiental (regional): espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abióticos, bióticos y socioeconómico **de la región** donde se pretende establecer el proyecto, caracterizado por poseer atributos ambientales propios de la región ecológica dentro de la cual se ubica, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento.

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

Matriz de congruencia del proyecto

UAB 121

Grupo I – Estrategias directamente pertinentes

Estrategia POEGT	Relación con el proyecto	Tipo de relación	Argumento técnico
Tecnologías limpias de generación eléctrica	Generación fotovoltaica	Directa	El proyecto utiliza energía solar, contribuyendo a la transición energética y reducción de emisiones
Mitigación de GEI	Reducción de emisiones	Directa	Sustituye generación fósil, contribuyendo a metas climáticas
Seguridad y confiabilidad energética	Incremento de capacidad instalada	Directa	Aporta generación distribuida limpia y diversificación energética
Diversificación de fuentes de energía	Energía renovable	Directa	Disminuye dependencia de combustibles fósiles
Protección de ecosistemas	Medidas ambientales	Directa	Implementa medidas de mitigación, control de erosión y manejo ambiental
Restauración de suelos	Revegetación y manejo	Directa	Incluye acciones de recuperación en áreas intervenidas
Aprovechamiento sustentable	Uso eficiente del territorio	Directa	Uso no extractivo del recurso solar con baja huella hídrica

Grupo II – Estrategias indirectamente relacionadas

Estrategia POEGT	Relación con el proyecto	Tipo de relación	Argumento técnico
Desarrollo regional	Impacto económico	Indirecta	Generación de empleo e inversión local
Infraestructura	Sistema eléctrico	Indirecta	Fortalece infraestructura energética regional
Gestión del agua	Bajo consumo hídrico	Indirecta	No intensivo en agua, no agrava déficit
Ordenamiento territorial	Inserción regional	Indirecta	Compatible con vocación de aprovechamiento sustentable
Turismo	No afectación	Indirecta	No interfiere con vocaciones turísticas
Industria	Energía para procesos	Indirecta	Puede abastecer demanda industrial limpia

Grupo III – Estrategias no aplicables

Tipo de estrategia	Justificación de no aplicabilidad
Vivienda y pobreza	Corresponden a política social
Salud pública	Fuera del alcance del proyecto
Grupos vulnerables	No relacionado con operación del proyecto
Agricultura/ganadería específica	No hay interacción productiva directa
Minería	Actividad distinta al proyecto
Programas sociales	Competencia gubernamental

Con base en el análisis anterior, se concluye que el proyecto presenta una congruencia material con las estrategias pertinentes definidas para la UAB 121, particularmente en lo relativo a la transición energética, la mitigación del cambio climático y el aprovechamiento sustentable de los recursos. Asimismo, no se identifican contradicciones con las directrices del POEGT, y

aquellas estrategias no aplicables corresponden a ámbitos sectoriales o escalas de política pública ajenos a la naturaleza del proyecto. En consecuencia, el proyecto resulta compatible con los objetivos estratégicos del ordenamiento ecológico a nivel regional.

En conclusión, y sobre la base del alcance descrito en los textos antes transcritos de los alcances de cada una de las estrategias ecológicas de la UAB 121, se confirma el carácter inductivo del POEGT para el gobernado y, consecuentemente su carácter nugatorio para los efectos de este análisis vinculatorio, específicamente para un proyecto promovido por una persona moral. Por lo antes expuesto y desde el enfoque inductivo del POEGT se concluye que, *lato sensu* el presente proyecto es viable, procedente y congruente con las políticas ambientales, de igual forma no se contrapone con las 30 estrategias definidas por el POEGT ni tampoco con cada una de las acciones aplicables para cada estrategia en la UAB 121, tal como ha quedado detallado en el presente apartado.

No obstante, en cada una de las etapas del proyecto, se prevé:

- Implementar acciones, planes y programas de protección y conservación de fauna, poniendo especial énfasis en las especies en protección a nivel nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) o internacional (UICN, CITES; capítulo VI);
- Si bien las áreas donde se prevé instalar el proyecto corresponden principalmente a áreas dedicadas a la agricultura de temporal, por lo que presenta un grado considerable de degradación, se prevé la implementación de un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, considerando las especies susceptibles de ello;
- Asimismo, al finalizar la etapa constructiva, se permitirá la sucesión natural en las áreas donde sea posible y siempre y cuando no interfiera con el funcionamiento óptimo de los componentes del parque solar;
- Una vez que se concluya la vida útil del parque, se desmontarán todas las estructuras que lo conforman y se restituirán las áreas a las condiciones ambientales más cercanas a su vocación inicial (forestal).

En lo referente a otras modalidades del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET), de forma particular, aquellos de carácter regional o local, considerando la definición incluida en la fracción VI del artículo 19 de la LGEEPA, se identificaron los siguientes instrumentos para el área donde se prevé establecer el proyecto.

Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México (POETEMéx).

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEMéx) fue creado en 1999, se actualizó en 2006 y su actualización integral se concretó en 2023; esta último actualización publicada el 11 de mayo de 2023, resulta aplicable a los 125 municipios del Estado de México y fue justificada por el crecimiento demográfico de casi tres millones de habitantes entre 2006 y 2023, el crecimiento económico, el aumento de áreas naturales protegidas federales y estatales, y la necesidad de alinearlo con el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017–2023. En consecuencia, el POETEM constituye un instrumento central para evaluar la congruencia ambiental y territorial de proyectos productivos e infraestructura, al establecer políticas, usos y criterios de regulación ecológica aplicables a las Unidades de Gestión Ambiental correspondientes.

La historia del POETEM muestra un cambio importante: pasó de ser un instrumento de orientación ecológica general a convertirse en una herramienta territorial más robusta para evaluar la compatibilidad de usos del suelo, políticas ambientales, criterios ecológicos y actividades productivas.

Para el proyecto, esto significa que el POETEM no debe citarse como simple antecedente. Debe analizarse como un instrumento territorial vigente que: define políticas ambientales por UGA; identifica usos permitidos y no permitidos; asigna criterios de regulación ecológica y condiciona la congruencia ambiental del proyecto.

Bajo la conceptualización que establece la LGEEPA del concepto de ordenamiento ecológico territorial, se abordó la actualización del POETEM, a través del cual se busca armonizar el desarrollo social y económico con la integridad y estabilidad de los ecosistemas, bajo un plan socialmente concertado, donde se contemple un modelo de uso del suelo que regule y promueva las actividades productivas con un manejo racional de los recursos mediante un instrumento que permita tener una visión integral de las estructuras y procesos que definen la dinámica territorial, a fin de resolver, prevenir y minimizar conflictos ambientales.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto, con lo establecido en el la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), con el fin de establecer si el presente proyecto, es congruente y no se contrapone a los lineamientos y estrategias establecidos por este modelo de ordenamiento.

Para corroborar los alcances preliminares derivados de la consulta al SIGEIA y a otra cartográfía de apoyo, se solicitó el Dictamen Técnico de Ordenamiento Ecológico del proyecto a la Dirección General para el Territorio Sostentible de la Secrretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Gobierno del Estado, Dependencia facultada con fundamento en las disposiciones aplicables y particularmente de las,fracciones I, II, IV y IX del Artículo 7º y del artículo 20Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; del,Titulo Primero, Capítulo III, Artículo 2.8 fracción I, V, VI; Titulo Segundo artículo Capitulo I, Artículo 2.36; Capítulo II, Artículo 2.39, fracción I y II; del Código para la Biodiversidad del Estado de Méxicoy del Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México, Título Primero, Capítulo III, Artículo 4, fracción I. II, y III; Título Segundo, Capítulo I, Artículo 54; Capítulo II, Artículo 55, fracción IX y XI; Capítulo III, Artículo 57; Capítulo VII, Artículo 83, fracción II, inciso a), b), c), d), e) y f); Artículo 86 fracción I y II; Capítulo VIII, Artículo 124, fracción I; dicho DTOE fue emitido con el oficio Nº 2300011000000L/DGTSM/336/2026 fechado el 15 de abril de 2026 (Apéndice II.1) en el cual, dicha autoridad concluye…"El proyecto se localiza dentro de las ***Unidades de Gestión Ambiental 0082, 0083 y la 0113***; … *el instrumento de planeación territorial en materia de Ordenamiento Ecológico que le aplica al predio*, *establece como políticas para cada una de las tres UGAs antes refieriudad uso permitido la infraestructura (If) , siendo indispensable observar los criterios de regulación ecológica como acciones que permitean aminorar el impacto provocado por la ejecución del proyecto…Los criterios por observar indicados por dicha autoridad son If01, If02,*, *If05, If09, If11, If12, If13, If15, If16, If18, If19, If20, If,21 y los criterios de carácter general Ge01, Ge09, Ge18* cuya observancia resulta vinculante con el proyecto.

La asignación de la política de restauración para la UGA 0082 y de Aprovechamiento Sustentable para la UGA 0113, se establece en el POETEM con base en las siguientes definiciones:

La política de **restauración** se define como una política ambiental orientada a la **recuperación de las condiciones ecológicas de áreas que presentan procesos de degradación**, mediante la implementación de acciones que restablezcan la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas.

Por su parte, la política de aprovechamiento Sustentable se define como aquella que permite el uso de los recursos naturales para actividades productivas, **garantizando su conservación, permanencia y capacidad de regeneración**, mediante el control de impactos y el uso racional del territorio.

La superficie que pretende ocupar el proyecto (163.3410 ha) se distribuye en el territorio de las dos UGAs antes citadas; en la UGA 0082 se pretende incidir en 31.1434 ha (1.82% de la superficie total de la UGA) y en la UGA 0113, el proyecto pretende ocupar 191.1221 ha, equivalente al 1.81% de la superficie total de dicha UGA (10'526.1384 ha), la cual cubre una extensión de 10,526.1385 ha.

Incidencia del proyecto en el área de las UGAs 0082 y 0113

UGA	Política ambiental	Superficie de la UGA (ha)	Superficie de incidencia en cada UGA				Superficie de incidencia (ha)
			AeP		DdV LT		
			TA	PI	TA	PI	
0082	Res.	1711.2703	25.4483	0	5.6951	0.0000	31.1434
0083	Aprov. Sust. – Rest.						
0113	Aprov. Sust.	10'526.1385	116.6775	71.9140	2.5306	0.0000	183.3278
T o t a l			142,1258	71.9140	8.2257	0.0000	214.4712
Acotaciones							

Rest.	Restauración
Aprov Sust	Aprovechamiento sustentable
Tipos de vegetación de acuerdo a INEGI	
TA	Vegetación de agricultura de temporal anual.
PI	Vegetación de Pastizal inducido.
Tipos de vegetación determinados como resultado de los muestreos en campo:	

Vinculación del proyecto con la Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM)

I. Análisis de la política ambiental aplicable

La **UGA-0113** presenta una política de **Aprovechamiento sustentable**, la cual permite el desarrollo de actividades productivas siempre que éstas se realicen bajo criterios que garanticen el uso racional de los recursos naturales y la prevención de impactos ambientales significativos. Por su parte, la **UGA-0082** está sujeta a una política de **Restauración**, orientada a la recuperación de condiciones ambientales degradadas, lo que implica un régimen de mayor restricción en términos de intervención territorial, privilegiando acciones que eviten la pérdida adicional de cobertura vegetal y funcionalidad ecosistémica. Por lo que respecta a la **UGA 0083** este tiene asignada una política de aprovechamiento sustentable-restauración.

Desde una interpretación sistemática del POETEM, la concurrencia de ambas políticas en el área del proyecto no constituye una prohibición *per se*, sino que impone un estándar diferenciado de cumplimiento, en el cual las acciones del proyecto deben ajustarse simultáneamente a criterios de **aprovechamiento compatible** y **restauración ambiental**, en función de la porción del predio que incida en cada UGA, conforme al criterio **Ge01**, que establece la aplicación independiente de los lineamientos de cada unidad.

II. Usos de suelo y compatibilidad del proyecto

En las tres UGAs, el uso de suelo **Infraestructura (If)** se encuentra expresamente reconocido como **uso permitido**, lo cual resulta determinante para establecer la viabilidad territorial del proyecto, dado que la instalación y operación de una central fotovoltaica constituye una modalidad de infraestructura energética.

En la **UGA 0083**, se incluye además el uso de suelo permitido para industria ligera ((ILg) e Industria pesada ((IPs) en tanto que en la **UGA-0113**, además de infraestructura, se permiten usos como agricultura, ganadería extensiva, minería y turismo alternativo, excluyéndose usos urbanos, industriales y de conservación estricta. En la **UGA-0082**, igualmente se permite infraestructura junto con actividades agropecuarias y forestales, manteniéndose la exclusión de asentamientos humanos, industria y turismo convencional; situación similar se registra en la **UGA 0083,** con cuatro usos permitidos: agricultura, industria ligera, industria pesada, infraestructura y minería.

En este contexto, la compatibilidad del proyecto con el POETEM no deriva de una interpretación extensiva, sino de una **correspondencia expresa entre el tipo de actividad proyectada y los usos permitidos en ambas unidades**, lo cual robustece la viabilidad jurídica del proyecto desde la perspectiva del ordenamiento ecológico estatal.

III. Criterios de regulación ecológica aplicables

No obstante la compatibilidad en términos de uso de suelo, el POETEM condiciona la ejecución de proyectos de infraestructura al cumplimiento de criterios de regulación ecológica específicos, entre los cuales destacan los criterios del uso de suelo **If (Infraestructura)** y **Ge (Generales)**, aplicables en ambas UGA.

De manera enunciativa más no limitativa, dichos criterios establecen que:

- Las obras deberán incorporar **programas de rescate de flora y fauna**, así como medidas de compensación ambiental (If01).
- Se deberá **evitar la remoción de cobertura vegetal** y, en su caso, implementar compensaciones proporcionales (If02).
- Se prohíbe la afectación a zonas con valor patrimonial o cultural (If05).
- La infraestructura sólo es admisible cuando **no altere la estructura ni la funcionalidad de los ecosistemas** (If09).
- Se deberá implementar **reforestación con especies nativas** y evitar especies exóticas invasoras (If11, If12, If13).
- Los proyectos deberán contar con **programas autorizados de manejo de residuos** y tratamiento total de aguas residuales (If15, If16).
- Se deberán considerar riesgos ambientales específicos, como el **riesgo aviar** y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos (If18, If19).
- Toda obra de infraestructura deberá contar con **autorización previa en materia de impacto ambiental** (If20, If21).
- En caso de que el proyecto se ubique en más de una UGA, la regulación deberá aplicarse de manera diferenciada (Ge01, Ge09).
- La infraestructura energética es considerada **prioritaria para la integración productiva del Estado**, siempre que cumpla con los criterios ecológicos aplicables y cuente con las autorizaciones correspondientes (Ge18).

En el análisis de vinculación de los Criterios criterios de regulación ecológica contenidos en la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), se incluyó a aquellos vinculados con los usos de suelo agrícola, la infraestructura y los criterios generales de uso del suelo, lo cual responde a una lógica preventiva y de robustecimiento jurídico-ambiental del proyecto, más allá del cumplimiento estricto de las disposiciones directamente aplicables (tabla III.3).

En primer término, es necesario reconocer que los proyectos de generación fotovoltaica, si bien no constituyen actividades primarias agrícolas ni infraestructura convencional en sentido estricto, interactúan funcional y territorialmente con ambas categorías. Esta interacción se materializa a través de efectos indirectos y acumulativos, tales como la modificación de patrones de escorrentía, cambios en la cobertura vegetal, fragmentación del paisaje y potenciales restricciones al uso tradicional del suelo. En este contexto, la adopción de criterios asociados al uso agrícola permite anticipar y mitigar impactos sobre la aptitud productiva del suelo, la conservación de su estructura y la continuidad de servicios ecosistémicos clave, alineándose con principios de manejo sustentable del territorio (SEMARNAT, 2012[3]; FAO, 2021[4]).

En segundo término, los criterios relativos a infraestructura adquieren relevancia debido a que el proyecto incorpora elementos inherentes a esta categoría, como caminos de acceso, líneas de transmisión, subestaciones y obras auxiliares. Aunque estos componentes pueden considerarse secundarios respecto al objeto principal del proyecto, su huella territorial y sus impactos asociados —particularmente en términos de fragmentación de hábitats y modificación del uso de suelo— justifican la aplicación extensiva de los criterios de regulación ecológica correspondientes. Esta aproximación permite asegurar la compatibilidad del proyecto con la integración territorial y los instrumentos de planeación vigentes, así como prevenir conflictos normativos derivados de interpretaciones restrictivas (INECC, 2020)[5].

Finalmente, la incorporación de criterios generales de uso del suelo cumple una función articuladora. Estos criterios suelen establecer lineamientos transversales en materia de conservación, restauración, prevención de riesgos y aprovechamiento sustentable, los cuales no siempre están acotados a una actividad específica, pero sí resultan aplicables a cualquier intervención territorial. Su adopción fortalece la coherencia del proyecto con la política ambiental estatal, al tiempo que amplía el espectro de medidas preventivas y de mitigación frente a impactos indirectos, sinérgicos o de largo plazo.

Desde una perspectiva jurídico-estratégica, esta integración ampliada de criterios no debe entenderse como una sobre-regulación innecesaria, sino como un mecanismo de gestión de riesgos regulatorios y de fortalecimiento de la viabilidad ambiental del proyecto. En particular, permite: (i) reducir la probabilidad de observaciones durante el proceso de evaluación de impacto ambiental; (ii) anticipar requerimientos de información adicional por parte de la autoridad; y (iii) demostrar un enfoque precautorio alineado con el principio de desarrollo sustentable consagrado en la legislación ambiental mexicana.

No obstante, conviene matizar que la incorporación indiscriminada de criterios podría generar tensiones interpretativas o cargas operativas innecesarias si no se realiza bajo un análisis técnico-jurídico de pertinencia. Por ello, la selección debe sustentarse en la identificación clara de vínculos causales —directos o indirectos— entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales regulados por cada criterio.

En suma, la integración de criterios de regulación ecológica asociados a usos de suelo agrícola, infraestructura y disposiciones generales constituye una estrategia de debida diligencia ambiental que refuerza la sostenibilidad del proyecto, al incorporar un enfoque sistémico que reconoce la complejidad de las interacciones territoriales y la naturaleza transversal de los impactos ambientales.

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

Cumplimiento vinculante del proyecto ante el alcance de los CRE del POETEMex aplicables a las tres UGA's en las que incide el proyecto Tepetate e indicados por la autoridad competente en su Dictamen Técnico de Ordenamiento Ecológico (Apéndice II.1)

Clave	Descripción
USO DE SUELO: AGRÍCOLA	
Ag01 (1/)	***El uso de plaguicidas, nutrientes vegetales y todos los aspectos fitosanitarios deberán estar regulados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Toxicas (CICLOPLAFEST)***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni el uso de plaguicidas, fertilizantes o insumos fitosanitarios durante sus etapas de preparación, construcción, operación o mantenimiento. No obstante, en congruencia con el alcance del CRE01, se establece como medida preventiva que, en caso de requerirse el control de vegetación o manejo de plagas (por ejemplo, mediante herbicidas selectivos o control biológico), únicamente se emplearán productos autorizados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST), cumpliendo con las disposiciones aplicables en materia de registro, etiquetado, manejo, aplicación y disposición final. Adicionalmente, se priorizarán métodos no químicos (mecánicos o manuales) para el control de vegetación, con el fin de minimizar riesgos ambientales y a la salud, garantizando así el cumplimiento del objetivo regulatorio del criterio.
Ag02 (1/)	***Se deberá evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas derivada del uso inadecuado de agroquímicos o mala disposición final de envases o residuos de los mismos, evitando la escorrentía de plaguicidas y fertilizantes hacia cuerpos de agua superficiales. Además se evitaran procesos de la acumulación de contaminantes agroquímicos en las aguas subterráneas por procesos de lixiviación.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el uso sistemático de agroquímicos; sin embargo, en atención preventiva al criterio Ag02, se establecen medidas para evitar cualquier riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas. En caso de requerirse control de vegetación mediante insumos químicos, se emplearán únicamente productos autorizados y se aplicarán bajo condiciones controladas, evitando su uso en zonas cercanas a escurrimientos, cauces, cuerpos de agua o áreas con alta permeabilidad. Adicionalmente, se prohíbe la disposición inadecuada de envases y residuos asociados, los cuales serán manejados conforme a la normatividad aplicable, incluyendo su almacenamiento temporal seguro y entrega a gestores autorizados o esquemas de manejo como los promovidos por programas oficiales (p. ej., centros de acopio autorizados). Para prevenir procesos de escorrentía y lixiviación, se implementarán medidas como la conservación de cobertura vegetal, el manejo adecuado de pendientes y la instalación de obras de control de escurrimientos (zanjas, cunetas y barreras en curvas de nivel), minimizando el arrastre de posibles contaminantes hacia cuerpos de agua y su infiltración hacia el subsuelo. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, evitando la contaminación hídrica asociada al manejo de agroquímicos, aun cuando su uso en el proyecto es marginal o inexistente.
Ag03 (1/)	***Cuando con fines de enriquecimiento del suelo o cultivo, se incorporen residuos orgánicos al terreno de cultivo, estos no deben representar un riesgo de contaminación al suelo y al producto.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no considera actividades agrícolas ni la incorporación de residuos orgánicos con fines de enriquecimiento del suelo o cultivo. No obstante, en atención al alcance del criterio Ag03 y bajo un enfoque preventivo, se establece que cualquier incorporación de materia orgánica derivada de actividades de mantenimiento (por ejemplo, trituración de residuos vegetales generados por desmonte selectivo o control de vegetación) se realizará garantizando que dichos materiales estén libres de contaminantes, patógenos o sustancias que representen riesgo al suelo. En caso de que se utilicen insumos orgánicos externos (compostas o mejoradores de suelo), estos deberán provenir de fuentes autorizadas y cumplir con la normatividad aplicable en materia de calidad, asegurando su estabilidad, inocuidad y ausencia de metales pesados o compuestos tóxicos. Con ello, se evita la generación de procesos de contaminación del suelo, manteniendo la funcionalidad edáfica del sitio en congruencia con el objetivo ambiental del criterio.
Ag04 (2/)	***En terrenos agrícolas con pendiente mayor al 15%, los cultivos se realizarán mediante terrazas y franjas, siguiendo las curvas de nivel para el control de la erosión.***
Análisis vinculatorio	Aunque el proyecto corresponde a una planta fotovoltaica y no contempla actividades agrícolas productivas, se reconoce la aplicabilidad potencial del criterio Ag04 en virtud de los usos de suelo permitidos en la unidad de gestión ambiental. En este sentido, el proyecto incorpora medidas preventivas equivalentes orientadas al control de la erosión en zonas con pendiente mayor al 15%, homologando el principio técnico del criterio. Específicamente, en las áreas del predio donde se identifiquen pendientes superiores al 15%, se implementarán obras y prácticas de conservación de suelo que replican funcionalmente el efecto de terrazas y franjas en curvas de nivel, tales como:

Clave	Descripción
	• **Nivelación selectiva y conformación de plataformas** para la instalación de estructuras fotovoltaicas, evitando cortes verticales y favoreciendo la estabilidad del terreno. • **Construcción de obras de retención y disipación de escorrentía** (bordos, zanjas de infiltración y cunetas en curvas de nivel), diseñadas conforme a la topografía local. • **Mantenimiento de cobertura vegetal o revegetación con especies nativas** en áreas no ocupadas directamente por infraestructura, para reducir la erosión hídrica. • **Trazado de caminos internos siguiendo curvas de nivel,** minimizando la generación de flujos concentrados. Estas acciones garantizan el control de la erosión hídrica y la conservación del suelo bajo condiciones equivalentes o superiores a las establecidas para sistemas agrícolas en pendiente, cumpliendo así con el objetivo ambiental del CRE Ag04, aun cuando el uso de suelo del proyecto no sea agrícola.
Ag05 (1/)	***Se evitará la quema de esquilmos y de perímetros de predios agrícolas post cosecha***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni la generación de esquilmos; sin embargo, en atención al criterio Ag05 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa del uso del fuego para la eliminación de residuos vegetales derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción y mantenimiento. La biomasa vegetal generada (producto de desmonte selectivo o control de vegetación) será manejada mediante alternativas ambientalmente adecuadas, tales como trituración e incorporación controlada al suelo, acopio para su aprovechamiento, o disposición conforme a la normatividad aplicable, evitando en todo momento prácticas de quema a cielo abierto. Asimismo, se implementarán medidas de supervisión y control para prevenir incendios accidentales, incluyendo la capacitación del personal, la restricción del uso de fuentes de ignición y la vigilancia en zonas con cobertura vegetal susceptible. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al eliminar riesgos de contaminación atmosférica, degradación del suelo y afectación a la biodiversidad asociados a la quema de residuos vegetales.
Ag06 (2/)	***En las áreas preferentemente forestales con pendientes mayores a 30% sujetas a aprovechamiento agropecuario, se deberá restablecer la cobertura vegetal natural con especies nativas.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no implica el aprovechamiento agropecuario ni la transformación de áreas preferentemente forestales; sin embargo, en atención al criterio Ag06 y bajo un enfoque preventivo, se reconoce la importancia de conservar y, en su caso, restablecer la cobertura vegetal en zonas con alta pendiente. En las áreas del predio donde se identifiquen pendientes mayores al 30%, se evitará la remoción de la cobertura vegetal natural, priorizando su conservación como medida de estabilidad del suelo y control de la erosión. En caso de afectaciones puntuales derivadas de las obras del proyecto, se implementarán acciones de restauración ecológica mediante la revegetación con especies nativas, seleccionadas conforme a las condiciones edafoclimáticas del sitio y con criterios de compatibilidad ecológica. Asimismo, se restringirá la instalación de infraestructura en estas zonas, salvo en casos estrictamente necesarios y técnicamente justificados, incorporando medidas adicionales de estabilización y conservación de suelos. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al mantener y, en su caso, restablecer la cobertura vegetal natural en áreas con pendientes pronunciadas, contribuyendo a la conservación de los servicios ecosistémicos y la integridad ambiental del sitio.
Ag07 (1/)	***Entre áreas de diferentes cultivos permanentes o semi-permanentes, o entre diferentes sistemas de producción se deberá disponer una zona con vegetación, establecida mediante la siembra o la regeneración natural.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el establecimiento de cultivos ni sistemas de producción agropecuaria; sin embargo, en atención al criterio Ag07 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se incorporan medidas orientadas a mantener zonas con vegetación que actúen como franjas de transición ecológica dentro del predio. En este sentido, se conservarán y, en su caso, establecerán áreas con cobertura vegetal natural o inducida en los espacios intersticiales del proyecto (entre filas de paneles, perímetros del predio y zonas no ocupadas por infraestructura), favoreciendo la regeneración natural o la siembra de especies nativas. Estas áreas funcionarán como barreras vivas que contribuyen a la conectividad ecológica, la infiltración de agua, la reducción de erosión y la regulación microclimática. Adicionalmente, se evitará la fragmentación total del sitio mediante la delimitación de corredores vegetados continuos, que cumplen una función análoga a las franjas de separación entre sistemas productivos, tal como lo establece el criterio. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo ambiental del CRE Ag07, al mantener zonas con vegetación que favorecen la estabilidad ecológica del sitio, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
Ag08 (2/)	***Las actividades agrícolas deberán desarrollarse sin afectar las zonas sujetas a restauración ecológica***.

Clave	Descripción
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el desarrollo de actividades agrícolas; no obstante, en atención al criterio Ag08 y bajo un enfoque preventivo, se establece que las obras y actividades del proyecto se planificarán y ejecutarán evitando cualquier afectación a áreas que presenten procesos de restauración ecológica o que hayan sido destinadas a este fin dentro del predio o en su zona de influencia. En caso de identificarse zonas con cobertura vegetal en regeneración natural, áreas previamente restauradas o sujetas a programas de rehabilitación, estas serán excluidas de la instalación de infraestructura, delimitadas físicamente y protegidas mediante señalización y medidas de control de acceso. Asimismo, se implementarán acciones de manejo que favorezcan la continuidad de los procesos de recuperación ecológica, evitando su alteración por tránsito de maquinaria, depósito de materiales o modificación de escurrimientos. Con estas disposiciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al asegurar la integridad y permanencia de las áreas en restauración ecológica, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
Ag09 (2/)	***Las actividades agrícolas podrán desarrollarse siempre y cuando no generen modificaciones a los ecosistemas y se encuentren sujetas a estrictas medidas de control.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el desarrollo de actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag09 y bajo un enfoque de congruencia ambiental, se establece que todas las actividades del proyecto se ejecutarán bajo estrictas medidas de control, evitando en todo momento la generación de modificaciones adversas a los ecosistemas presentes en el sitio. Para ello, se implementarán medidas de prevención, mitigación y control ambiental orientadas a conservar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, tales como: delimitación de áreas de trabajo, reducción de remoción de vegetación a lo estrictamente necesario, manejo adecuado de escurrimientos, control de emisiones de polvo y ruido, así como programas de restauración y revegetación con especies nativas en áreas intervenidas. Asimismo, se establecerán mecanismos de supervisión ambiental y seguimiento durante todas las etapas del proyecto, con el fin de asegurar que las condiciones ecológicas del sitio se mantengan dentro de rangos aceptables y evitar procesos de degradación. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al asegurar que las actividades del proyecto no generen modificaciones significativas a los ecosistemas y se desarrollen bajo un esquema de control ambiental estricto, en congruencia con lo establecido para actividades agrícolas.
Ag10 (1/)	***Se implementará el uso de cercas vivas con especies arbóreas nativas***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag10 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se incorporan medidas orientadas al establecimiento de barreras vegetales con especies nativas que cumplan funciones ecológicas similares a las cercas vivas. En este sentido, se promoverá la conservación de la vegetación existente en los linderos del predio y, en su caso, el establecimiento de franjas vegetadas mediante la plantación de especies arbóreas y arbustivas nativas, seleccionadas conforme a las condiciones ecológicas locales. Estas franjas funcionarán como delimitación natural del sitio, contribuyendo a la conectividad ecológica, la reducción de la erosión, la infiltración de agua y la provisión de hábitat para fauna. Asimismo, se priorizará que las áreas perimetrales y zonas no ocupadas por infraestructura mantengan o incrementen su cobertura vegetal, evitando el uso de barreras exclusivamente artificiales cuando sea técnicamente viable incorporar elementos vivos. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al integrar elementos de vegetación nativa que cumplen funciones análogas a las cercas vivas en sistemas agrícolas, fortaleciendo la estructura ecológica del sitio.
Ag11 (1/)	***Se establecerá una franja de 20 metros con vegetación nativa entre las áreas de producción y los cuerpos de agua naturales***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni áreas de producción; sin embargo, en atención al criterio Ag11 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se establece la conservación y, en su caso, el establecimiento de franjas de protección con vegetación nativa en torno a cuerpos de agua naturales presentes dentro del predio o en su zona de influencia. En caso de identificarse cauces, escurrimientos o cuerpos de agua, se respetará una franja mínima de 20 metros medida a partir del límite del cuerpo de agua, dentro de la cual no se permitirá la instalación de infraestructura ni la realización de actividades que impliquen remoción de vegetación. Estas franjas serán mantenidas con cobertura vegetal nativa o restauradas mediante revegetación con especies locales, favoreciendo la estabilidad de las riberas, la filtración de escurrimientos y la protección de la calidad del agua. Adicionalmente, estas zonas funcionarán como áreas de amortiguamiento ecológico, contribuyendo a la conectividad biológica y a la conservación de hábitats asociados a ecosistemas riparios. Con estas medidas se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al proteger los cuerpos de agua mediante la implementación de franjas vegetadas, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
Ag12 (1/)	***Se prohíbe la disposición de residuos provenientes de la actividad agrícola en barrancas y cuerpos de agua***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag12 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa de disponer cualquier tipo de residuo en barrancas, cauces, escurrimientos o cuerpos de agua naturales presentes en el área del proyecto o su zona de influencia.

Clave	Descripción
	Todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados conforme a la normatividad aplicable, mediante su separación, almacenamiento temporal en sitios acondicionados y su posterior entrega a gestores autorizados para su reciclaje, tratamiento o disposición final. Asimismo, se implementarán medidas de supervisión para evitar el depósito accidental o intencional de residuos en zonas de escurrimiento o cuerpos de agua. Adicionalmente, se delimitarán físicamente las áreas sensibles (barrancas, cauces y zonas bajas) y se restringirá el tránsito de maquinaria en sus proximidades, reduciendo el riesgo de arrastre de materiales o residuos por escorrentía. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir la contaminación de cuerpos de agua y la alteración de sistemas naturales de drenaje, aun cuando el proyecto no involucre actividades agrícolas.
Ag13 (1/)	***Las áreas agrícolas de la UGA no podrán ser sujetos a procesos de urbanización.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no constituye un proceso de urbanización, ya que no implica la creación de centros de población, fraccionamientos, infraestructura habitacional ni la introducción de servicios urbanos asociados (vivienda, redes municipales, equipamiento urbano). Su carácter es de infraestructura energética con ocupación puntual y baja densidad constructiva. Asimismo, el proyecto no promueve ni induce cambios en el patrón de asentamientos humanos ni la expansión de la mancha urbana sobre áreas con aptitud agrícola dentro de la UGA. Por el contrario, mantiene amplias superficies con cobertura vegetal y sin urbanización, conservando la vocación del territorio en términos de funcionalidad ecológica. En este sentido, el proyecto es congruente con el criterio Ag13, al no generar procesos de urbanización en áreas agrícolas, ni directa ni indirectamente.
Ag14 (1/)	***El almacenamiento, uso y siembra de semillas de organismos genéticamente modificados requiere contar con autorización previa de las Autoridades Competentes conforme a la relativa Valoración de Posibles Riesgos al Medio Ambiente; así como Valorada su Inocuidad Alimentaria.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni el uso, almacenamiento o siembra de semillas, incluyendo organismos genéticamente modificados (OGM). No obstante, en atención al criterio Ag14 y bajo un enfoque preventivo, se establece que en caso de requerirse actividades de revegetación, restauración o establecimiento de cobertura vegetal, se utilizarán exclusivamente especies nativas no genéticamente modificadas, priorizando material vegetal local y adaptado a las condiciones ecológicas del sitio. En el supuesto excepcional de que se considerara el uso de organismos genéticamente modificados, se deberá contar previamente con las autorizaciones correspondientes emitidas por las autoridades competentes, conforme a la legislación aplicable en materia de bioseguridad, incluyendo la evaluación de riesgos al medio ambiente y la determinación de su inocuidad. Con estas disposiciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir riesgos asociados al uso de OGM y asegurar que cualquier intervención vegetal en el sitio se realice bajo principios de seguridad ambiental y regulación estricta.
Ag15 (1/)	***No se permitirá la expansión de la superficie agrícola en zonas forestales***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la expansión de la superficie agrícola ni el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios; sin embargo, en atención al criterio Ag15 y bajo un enfoque preventivo, se establece que no se promoverá ni inducirá la transformación de zonas forestales a usos agrícolas dentro del predio o su área de influencia. Asimismo, el diseño del proyecto prioriza evitar la afectación de áreas con cobertura forestal, limitando la remoción de vegetación a lo estrictamente necesario y conforme a las autorizaciones correspondientes en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en caso de que aplique. Adicionalmente, se implementarán medidas de conservación y, en su caso, restauración con especies nativas, a fin de mantener la integridad de los ecosistemas forestales presentes. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al evitar la expansión de la frontera agrícola en zonas forestales y contribuir a la conservación de la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos asociados.
Ag16 (2/)	***Las prácticas agrícolas tales como barbecho, surcado y terraceo deberán realizarse en sentido perpendicular a la pendiente***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la realización de prácticas agrícolas como barbecho, surcado o terraceo; sin embargo, en atención al criterio Ag16 y bajo un enfoque de equivalencia técnica, se establece que las obras y actividades que impliquen intervención del suelo se diseñarán y ejecutarán considerando la topografía del terreno, privilegiando su alineación en sentido perpendicular a la pendiente o siguiendo curvas de nivel. En este sentido, el trazo de caminos internos, zanjas, cunetas y demás obras de manejo de escurrimientos se realizará conforme a la configuración natural del terreno, con el objetivo de reducir la velocidad del agua, evitar la formación de flujos concentrados y minimizar procesos de erosión. Asimismo, la instalación de infraestructura se adaptará a las condiciones del sitio, evitando cortes longitudinales que favorezcan el arrastre de suelo. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al aplicar principios de manejo del suelo orientados a la conservación edáfica y al control de la erosión, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.

Clave	Descripción
Ag18 (1/)	***Se evitará la contaminación generada por los desperdicios de las prácticas agrícolas***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla prácticas agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag18 y bajo un enfoque preventivo, se establecen medidas para evitar la generación y dispersión de contaminantes derivados de cualquier tipo de residuo asociado a las actividades del proyecto. En este sentido, todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados conforme a la normatividad vigente, mediante su adecuada separación, almacenamiento temporal en condiciones controladas y disposición final a través de prestadores de servicios autorizados. Se prohíbe expresamente el abandono o dispersión de residuos en el sitio, así como su disposición en áreas no autorizadas. Adicionalmente, se implementarán buenas prácticas de manejo de materiales e insumos, así como programas de supervisión ambiental, con el fin de prevenir la contaminación del suelo, agua y aire. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al evitar la contaminación generada por residuos, en congruencia con lo establecido para actividades agrícolas, aun cuando estas no formen parte del proyecto.
Ag19 (2/)	***Se limitará el incremento de superficie de cultivo sobre terrenos con suelos delgados (< 40 cm de espesor) y/o con pendiente mayor al 30%.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la expansión de superficies de cultivo; sin embargo, en atención al criterio Ag19 y bajo un enfoque preventivo, se establecen medidas para evitar la intervención intensiva en áreas con suelos delgados (< 40 cm de espesor) y/o con pendientes mayores al 30%. En este sentido, durante la etapa de diseño y micro-sitio del proyecto, se priorizará la instalación de infraestructura en zonas con condiciones edáficas y topográficas más favorables, evitando en la medida de lo posible aquellas áreas con suelos someros o pendientes pronunciadas. En caso de que dichas áreas se encuentren dentro del polígono del proyecto, se restringirá su intervención, destinándolas preferentemente a conservación o a mantener su cobertura vegetal natural. Asimismo, se implementarán medidas de protección y conservación de suelo, tales como la mínima remoción de cobertura vegetal, el control de escurrimientos y, en su caso, la revegetación con especies nativas, con el fin de preservar la estabilidad del terreno y evitar procesos de erosión o degradación. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al limitar la intervención en zonas ambientalmente sensibles, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
Ag20 (2/)	***Se prohíbe el uso de cualquier tipo de agroquímico inorgánico en zonas adyacentes a ecosistemas naturales.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla el uso de agroquímicos; sin embargo, en atención al criterio Ag20 y bajo un enfoque preventivo, se establece la prohibición expresa del uso de agroquímicos inorgánicos en zonas adyacentes a ecosistemas naturales dentro del predio o su área de influencia. En caso de requerirse el control de vegetación, se priorizarán métodos mecánicos o manuales, evitando el uso de insumos químicos. De manera excepcional, si se llegara a justificar el uso de algún producto, éste deberá ser de bajo impacto ambiental, autorizado por las instancias competentes y aplicado fuera de zonas cercanas a ecosistemas naturales, respetando franjas de amortiguamiento y condiciones que eviten deriva, escorrentía o infiltración. Asimismo, se conservarán y protegerán las áreas con vegetación natural, delimitándolas y restringiendo cualquier actividad que implique el uso de sustancias potencialmente contaminantes en sus proximidades. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir la afectación de ecosistemas naturales por el uso de agroquímicos, aun cuando el proyecto no contempla actividades agrícolas.
Ag21 (1/)	***En las zonas de uso agrícola que formen o pasen a formar parte de los cinturones verdes de carácter forestal se realizarán prácticas de reforestación únicamente con especies nativas.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla usos agrícolas; sin embargo, en atención al criterio Ag21 y bajo un enfoque preventivo y de congruencia ecológica, se establece que, en caso de identificarse dentro del predio o su área de influencia zonas agrícolas que formen o lleguen a integrarse a cinturones verdes de carácter forestal, las acciones de reforestación, revegetación o restauración asociadas al proyecto se realizarán exclusivamente con especies nativas, acordes con las condiciones ecológicas del sitio y con criterios de compatibilidad con la vegetación potencial local. Esta medida es consistente con la política forestal nacional, que prioriza la restauración de ecosistemas y la diversificación de especies vegetales en las áreas a recuperar. Asimismo, se evitará el empleo de especies exóticas o de ornato en franjas vegetadas, áreas de amortiguamiento y zonas sujetas a restauración, privilegiando material vegetal de procedencia local o regional cuando sea técnicamente viable. Con ello, el proyecto asegura el cumplimiento del objetivo ambiental del criterio, al favorecer la integración paisajística, la recuperación de cobertura vegetal y la conservación de la biodiversidad, aun cuando no implique actividades agrícolas en sentido estricto.
Ag22 (2/)	Aplicar cultivo en franjas: a) de contorno cuando la pendiente es de 2 a 15%, b) de contención en terrenos con pendientes en ambas direcciones y c) perpendicular para terrenos con relieve ondulado.

Clave	Descripción
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla actividades agrícolas ni la implementación de cultivos en franjas; sin embargo, en atención al criterio Ag22 y bajo un enfoque de equivalencia técnica, se adoptan principios de manejo del suelo y del escurrimiento que replican la lógica de dichas prácticas en función de la pendiente y el relieve del terreno. En este sentido, el diseño del proyecto considera la adaptación de la infraestructura a la topografía local, de tal manera que: • En zonas con pendientes entre 2 y 15%, las obras lineales (caminos, zanjas y drenajes) se dispondrán siguiendo curvas de nivel, favoreciendo el control de escurrimientos. • En áreas con pendientes en múltiples direcciones, se implementarán obras de contención y disipación (zanjas de infiltración, bordos y cunetas) que reduzcan la concentración de flujos y la erosión. • En terrenos con relieve ondulado, la disposición de la infraestructura se realizará preferentemente de manera perpendicular a la pendiente dominante, minimizando el arrastre de suelo y la generación de cárcavas. Adicionalmente, se conservará o restablecerá la cobertura vegetal en áreas no ocupadas por infraestructura, reforzando la estabilidad del suelo. Con estas acciones se cumple el objetivo del criterio, al aplicar principios equivalentes al cultivo en franjas para el control de la erosión y el manejo adecuado del escurrimiento, aun cuando el proyecto no implique actividades agrícolas.
Ag23 (1/)	***Se deberá disponer una zona con vegetación establecida mediante la siembra o la regeneración natural entre áreas de diferentes cultivos permanentes o semi-permanentes, o entre diferentes sistemas de producción.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla cultivos permanentes, semi-permanentes ni sistemas de producción agropecuaria; no obstante, en atención al criterio Ag23 y bajo un enfoque de equivalencia funcional, se conservarán y, en su caso, se establecerán zonas con vegetación mediante regeneración natural asistida o siembra de especies nativas en áreas no ocupadas por infraestructura, particularmente en linderos, perímetros, franjas internas y espacios de transición entre componentes del proyecto. Estas franjas vegetadas operarán como barreras vivas y áreas de amortiguamiento, favoreciendo la reducción de la erosión, la infiltración del agua, la conectividad ecológica y la estabilidad del suelo, en congruencia con la función ambiental que el criterio asigna a las separaciones entre sistemas productivos. Asimismo, se evitará que la disposición de obras y actividades elimine por completo estas áreas de transición, privilegiando la conservación de la vegetación existente y su reforzamiento con especies nativas cuando resulte necesario. Con ello, el proyecto satisface el objetivo ambiental del criterio, aun cuando no desarrolle actividades agrícolas en sentido estricto.
USO DE SUELO: INFRAESTRUCTURA	
If01(2/)	***Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de infraestructura deberán incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) y programas de rescate de la fauna, garantizando medidas de compensación y mitigación.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la ejecución de actividades de preparación del sitio, tales como desmonte selectivo, excavaciones y nivelaciones; por lo que, en atención al criterio H01, se implementarán programas específicos de **rescate de germoplasma y rescate de fauna**, como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Previo al inicio de las obras, se llevará a cabo un **programa de rescate de flora**, enfocado en la recolección de germoplasma (semillas, esquejes, estacas, hijuelos u otras estructuras vegetativas) de especies nativas presentes en el sitio, priorizando aquellas con valor ecológico, endémicas o con algún estatus de protección. El material colectado será resguardado y, en su caso, utilizado en actividades de revegetación, restauración o establecimiento de áreas verdes dentro del proyecto o en zonas definidas para compensación ambiental. De manera complementaria, se implementará un **programa de rescate y reubicación de fauna silvestre**, el cual incluirá recorridos previos, ahuyentamiento, captura y liberación controlada en sitios con condiciones ambientales similares y fuera del área de influencia del proyecto, conforme a protocolos técnicos y bajo supervisión de personal especializado. Ambos programas incorporarán medidas de mitigación y compensación, tales como la revegetación con especies nativas, la conservación de hábitats remanentes y el seguimiento de las acciones implementadas, con el objetivo de reducir la pérdida de biodiversidad y mantener la funcionalidad ecológica del sitio. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al integrar medidas específicas para la protección de la flora y fauna durante las actividades de construcción de infraestructura.
If02 (2/)	***La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal. Cuando no sea posible evitarlo, se deberá realizar acciones de compensación proporcionales al impacto ocasionado.***

Clave	Descripción
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica considera, como principio de diseño, la **minimización de la remoción de cobertura vegetal**, limitando las actividades de desmonte a lo estrictamente necesario para la instalación de infraestructura, mediante un esquema de ocupación dispersa y de baja densidad constructiva. En las áreas donde no sea posible evitar la afectación de la cobertura vegetal, se implementarán **medidas de compensación ambiental proporcionales al impacto generado**, consistentes en la revegetación y restauración de áreas intervenidas o degradadas, utilizando especies nativas y priorizando la recuperación de la estructura y funcionalidad ecológica del sitio. Estas acciones podrán incluir la rehabilitación de suelos, establecimiento de franjas vegetadas y fortalecimiento de la cobertura en zonas de conservación dentro del predio o en áreas definidas para compensación. Adicionalmente, se dará seguimiento a las acciones de restauración mediante indicadores de supervivencia y establecimiento de la vegetación, a fin de garantizar su efectividad. Con estas medidas se asegura el cumplimiento del criterio, al evitar en la medida de lo posible la reducción de la cobertura vegetal y, en su caso, compensar los impactos generados de manera proporcional y verificable.
If03 (1/)	***El emplazamiento de infraestructura de vías de comunicación, se realizará sobre el derecho de vía de caminos, con la finalidad de evitar mayor fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zonas agrícolas***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la construcción de vías de comunicación de carácter regional o de nueva apertura; sin embargo, en atención al criterio H03 y bajo un enfoque preventivo, se establece que el acceso al sitio y la movilidad interna se desarrollarán prioritariamente aprovechando **caminos existentes y sus respectivos derechos de vía**, evitando la apertura innecesaria de nuevas vialidades. En caso de requerirse adecuaciones o la construcción de caminos internos, estos se limitarán a lo estrictamente indispensable, procurando su trazo sobre rutas previamente intervenidas o zonas de menor sensibilidad ambiental, con el fin de **minimizar la fragmentación de los ecosistemas** y evitar la afectación adicional a áreas con cobertura vegetal o con potencial agrícola. Asimismo, el diseño de caminos considerará la reducción de su ancho, la adaptación a la topografía y la implementación de medidas de control de escurrimientos, favoreciendo la continuidad de procesos ecológicos y la conectividad del paisaje. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al evitar la generación de nueva fragmentación y el cambio innecesario de uso de suelo, mediante el aprovechamiento de infraestructura existente.
If04 (1)	***La construcción de caminos deberá considerar y permitir la infiltración del agua pluvial al subsuelo, la estabilidad del terreno, así como el drenaje natural.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la construcción y adecuación de caminos internos; por lo que, en atención al criterio H04, su diseño y ejecución incorporarán medidas orientadas a **favorecer la infiltración del agua pluvial, mantener la estabilidad del terreno y respetar el drenaje natural** del sitio. En este sentido, los caminos se diseñarán con materiales y técnicas que permitan la infiltración, evitando en la medida de lo posible superficies completamente impermeables. Asimismo, se integrarán obras de drenaje pluvial, tales como cunetas, alcantarillas, vados y zanjas de infiltración, dimensionadas conforme a las condiciones topográficas e hidrológicas del sitio, con el fin de evitar la concentración de escurrimientos y la generación de procesos erosivos. Adicionalmente, el trazo de los caminos se adaptará a la topografía natural, evitando la interrupción de cauces y escurrimientos existentes, y se implementarán medidas de estabilización de taludes y control de erosión en zonas susceptibles. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que la infraestructura vial interna del proyecto mantenga las condiciones de infiltración, estabilidad y drenaje natural del terreno.
If05 (1)	***Los proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA deberán desarrollarse evitando las zonas identificadas de patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se desarrollará considerando, como criterio de selección y diseño del sitio, la **evitación de zonas con valor patrimonial histórico, arqueológico, paleontológico y cultural**. Para ello, previo al inicio de las obras, se verificará la existencia de registros oficiales y, en su caso, se realizarán recorridos de reconocimiento en campo para identificar posibles elementos de valor patrimonial dentro del área del proyecto. En caso de identificarse algún vestigio o evidencia durante las actividades de preparación del sitio o construcción, se suspenderán de inmediato los trabajos en el área correspondiente y se dará aviso a la autoridad competente, implementando las medidas de protección que ésta determine. Asimismo, el proyecto se apegará a las disposiciones aplicables en materia de protección del patrimonio cultural, evitando en todo momento su alteración, afectación o destrucción. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir impactos sobre elementos patrimoniales y garantizar su protección durante el desarrollo del proyecto.

Clave	Descripción
If06 (2/)	***Cuando la infraestructura lineal interrumpa los corredores biológicos se deberán construir pasos de fauna sobrellevando el trazo vial en una longitud mínima de 100 m por paso o para el caso de sistemas montañosos mediante la incorporación de túneles al diseño del proyecto. Los pasos de fauna deberán ser proporcionales a la longitud de la sección del trazo del proyecto que se encuentre en zonas adyacentes a macizos forestales en una relación no menor al 7.5%.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no corresponde a infraestructura lineal de gran escala; sin embargo, en atención al criterio H06 y bajo un enfoque preventivo, se evaluará la posible **interrupción de corredores biológicos** derivada de la instalación de caminos internos, cercado perimetral y disposición de infraestructura. En caso de identificarse afectación a rutas de desplazamiento de fauna o conectividad ecológica, se incorporarán medidas de diseño para **mantener la permeabilidad del sitio**, tales como la habilitación de pasos de fauna en puntos estratégicos, la elevación parcial de cercos, la incorporación de claros o pasos inferiores en cercamientos, así como la conservación de franjas de vegetación continua que faciliten el tránsito de especies. Cuando las condiciones del sitio lo justifiquen, los pasos de fauna se diseñarán de manera proporcional a la extensión del área intervenida y a la relevancia ecológica de los corredores identificados, considerando criterios técnicos de ubicación, dimensiones y funcionalidad que garanticen su efectividad. Adicionalmente, se priorizará un diseño del proyecto que minimice la fragmentación del hábitat, evitando barreras físicas continuas y manteniendo la conectividad entre parches de vegetación. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del objetivo del criterio, al prevenir o mitigar la interrupción de corredores biológicos, aun cuando el proyecto no corresponda a infraestructura lineal en sentido estricto.
If07 (1/)	***En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos la empresa responsable de la construcción deberá garantizar la continuidad del flujo interrumpido.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la instalación de infraestructura que podría modificar de manera puntual los patrones de escurrimiento superficial; por lo que, en atención al criterio H07, se implementarán medidas para **garantizar la continuidad de los flujos hidrológicos naturales** del sitio. En este sentido, el diseño del proyecto incorporará obras de drenaje adecuadas —tales como alcantarillas, vados, cunetas y pasos hidráulicos— dimensionadas conforme a las características hidrológicas y topográficas del terreno, con el fin de evitar la interrupción, desvío o concentración indebida de escurrimientos. Asimismo, se respetarán los cauces naturales y zonas de escurrimiento, evitando su obstrucción o modificación innecesaria. Adicionalmente, se adoptarán criterios de diseño que favorezcan la infiltración del agua y reduzcan la generación de escurrimientos superficiales concentrados, contribuyendo a mantener el balance hidrológico local. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar la continuidad de los flujos hidrológicos y prevenir afectaciones a la dinámica natural del agua en el sitio.
If08 (1)	***La infraestructura carretera y las nuevas vialidades deberán mitigar los efectos negativos sobre la movilidad de la fauna.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la construcción de infraestructura carretera de carácter regional; sin embargo, en atención al criterio H08 y bajo un enfoque preventivo, se establecerán medidas para **mitigar posibles efectos sobre la movilidad de la fauna** asociados a caminos internos, cercado perimetral y disposición de infraestructura. En este sentido, el diseño del proyecto favorecerá la **permeabilidad del sitio**, mediante la conservación de corredores de vegetación, la limitación de barreras físicas continuas y la incorporación de elementos que permitan el tránsito de fauna, tales como pasos en cercos, elevación parcial de mallas o secciones abiertas en puntos estratégicos. Asimismo, se implementarán medidas complementarias como la **reducción de velocidad de vehículos**, señalización interna, restricción de tránsito nocturno en zonas sensibles y capacitación del personal para evitar perturbaciones a la fauna. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del objetivo del criterio, al minimizar la interferencia del proyecto en la movilidad de la fauna y mantener la conectividad ecológica del sitio, aun cuando no se trate de infraestructura carretera en sentido estricto.
If09 (2/)	***Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se desarrollará bajo el principio de **minimización de impactos ambientales**, asegurando que la instalación y operación de la infraestructura no genere efectos negativos significativos que modifiquen la estructura ni alteren las funciones de los ecosistemas presentes en el sitio. Para ello, el diseño del proyecto prioriza una ocupación de baja densidad, la reducción de la remoción de vegetación a lo estrictamente necesario, la conservación de áreas con cobertura natural y la implementación de medidas de control de erosión, manejo de escurrimientos y protección de hábitats. Asimismo, se integran acciones de restauración y revegetación con especies nativas en áreas intervenidas, así como la conservación de corredores biológicos y zonas de amortiguamiento.

Clave	Descripción
	Adicionalmente, se establecerá un programa de supervisión y seguimiento ambiental que permita verificar que las condiciones ecológicas del sitio se mantengan dentro de rangos aceptables, evitando procesos de degradación y garantizando la funcionalidad de los ecosistemas. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir la alteración significativa de la estructura y funciones de los ecosistemas, en congruencia con los principios de sustentabilidad y prevención que rigen la evaluación de impacto ambiental.
If11 (1/)	***Para la instalación de cualquier proyecto de infraestructura se deberá aplicar un Programa de Reforestación equivalente a la superficie afectada. Las especies utilizadas deberán ser nativas***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la posible afectación de cobertura vegetal derivada de las actividades de preparación del sitio; por lo que, en atención al criterio If11, se implementará **un Programa de Reforestación y/o Revegetación** que compense el impacto ue pudiera derivar de la realización del proyecto. Dicho programa considerará la utilización exclusiva de **especies nativas**, seleccionadas con base en las condiciones ecológicas y edafoclimáticas del sitio, privilegiando aquellas propias de la vegetación local. Las acciones podrán incluir la restauración de áreas intervenidas dentro del predio, el reforzamiento de franjas vegetadas, así como, en su caso, la reforestación en áreas destinadas a compensación ambiental. Asimismo, el programa incorporará criterios técnicos de preparación del terreno, plantación, mantenimiento y seguimiento, incluyendo indicadores de supervivencia y establecimiento de la vegetación, con el fin de garantizar su efectividad y la recuperación de la cobertura vegetal. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al compensar la afectación generada mediante la restauración de superficies equivalentes con vegetación nativa, contribuyendo a la recuperación de la estructura y funcionalidad ecológica del sitio.
If12 (1/)	***Para la vegetación de las áreas verdes asociada a proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA se deberá priorizar el uso de especies nativas.***
Análisis vinculatorio	En las áreas verdes asociadas al desarrollo del proyecto de planta fotovoltaica, (perímetros, zonas de amortiguamiento, franjas vegetadas y espacios no ocupados por infraestructura), priorizará el **uso exclusivo de especies nativas**, en congruencia con el criterio If12. La selección de especies se realizará considerando la vegetación potencial del sitio, las condiciones edafoclimáticas y criterios de adaptación ecológica, privilegiando especies locales que favorezcan la conservación de la biodiversidad, la conectividad ecológica y la estabilidad del suelo. Se evitará el uso de especies exóticas, ornamentales o con potencial invasor. Asimismo, las acciones de establecimiento y mantenimiento de estas áreas verdes se integrarán a los programas de revegetación y restauración del proyecto, contribuyendo a la recuperación de la cobertura vegetal y a la provisión de servicios ecosistémicos, tales como infiltración de agua, control de erosión y hábitat para fauna. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al promover el uso de vegetación nativa en las áreas verdes del proyecto, fortaleciendo la integridad ecológica del sitio.
If13 (1/)	***Para la vegetación de las áreas verdes o libres de proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA se prohíbe el uso de especies exóticas invasores***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica establece que en todas las **áreas verdes, libres y de amortiguamiento** asociadas a su desarrollo se **prohíbirá el uso de especies exóticas invasoras,** en congruencia con el criterio If13. En este sentido, las acciones de revegetación, reforestación y mantenimiento de cobertura vegetal se realizarán exclusivamente con **especies nativas**, seleccionadas con base en su compatibilidad ecológica, adaptación a las condiciones del sitio y ausencia de comportamiento invasivo. Asimismo, se evitará la introducción de especies ornamentales o exóticas que puedan desplazar a la vegetación local o alterar la dinámica de los ecosistemas. Adicionalmente, se implementarán medidas de control y monitoreo para prevenir la introducción y propagación de especies invasoras, incluyendo la revisión de insumos vegetales, supervisión de áreas intervenidas y, en su caso, la erradicación o manejo oportuno de cualquier especie detectada con potencial invasor. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir riesgos a la biodiversidad y mantener la integridad ecológica del sitio mediante el uso exclusivo de vegetación nativa.
If14 (1/)	***Los proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Programa Integral de Manejo del Agua que evalúe la factibilidad del suministro de agua.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica requerirá agua de manera puntual durante la etapa de construcción (principalmente para control de polvo y servicios básicos); sin embargo, durante la etapa de operación **no se contempla el uso de agua para la limpieza de paneles**, ya que ésta se realizará mediante **procesos en seco,** eliminando consumos hídricos asociados a esta actividad. Asimismo, se adoptarán medidas de **uso eficiente y reducción del consumo**, tales como la optimización de riegos para control de polvo, el uso de agua tratada cuando sea viable y la prevención de pérdidas o consumos innecesarios. Adicionalmente, se considerarán acciones para el manejo adecuado de escurrimientos y la promoción de la infiltración de agua pluvial.

Clave	Descripción
	Derivado de la implementación de procesos en seco durante la operación, el proyecto presenta una **demanda hídrica reducida y no permanente**, lo que disminuye significativamente su presión sobre los recursos hídricos locales. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que el uso del agua sea limitado, eficiente y ambientalmente viable, acorde con la disponibilidad del recurso en la región.
If15 (1/)	***Los proyectos de infraestructura que en su operación generen residuos sólidos o peligrosos deberán contar con un Programa de Manejo de Residuos autorizado por la Autoridad Competente.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica, durante sus etapas de construcción, operación y mantenimiento, generará residuos sólidos y, en su caso, residuos de manejo especial o peligrosos; por lo que, en atención al criterio If15, se implementará un **Programa de Manejo de Residuos** conforme a la normatividad aplicable y, cuando corresponda, autorizado por la autoridad competente. Dicho programa contemplará la **identificación, clasificación, separación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final** de los residuos, diferenciando entre residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Asimismo, se establecerán medidas para su manejo seguro, incluyendo el uso de contenedores adecuados, áreas de acopio temporal debidamente señalizadas y la entrega de residuos a empresas autorizadas para su reciclaje, tratamiento o disposición final. En el caso de residuos peligrosos (por ejemplo, aceites usados, materiales contaminados o componentes eléctricos), se garantizará su manejo conforme a la legislación vigente, incluyendo su registro, control y disposición mediante prestadores de servicios autorizados. Adicionalmente, se implementarán acciones de capacitación, supervisión y registro, con el fin de asegurar el cumplimiento del programa y prevenir riesgos de contaminación al suelo, agua y aire. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al establecer un esquema integral y regulado para el manejo de los residuos generados por el proyecto.
If16 (1/)	***Los proyectos de infraestructura promovidos en la UGA que requieran agua para su desarrollo u operación deberán tratar el 100% de sus aguas residuales***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no generará descargas continuas de aguas residuales de proceso durante su operación, dado que no utiliza agua en la limpieza de paneles (procesos en seco). No obstante, en atención al criterio If16, se establece que **el 100% de las aguas residuales generadas** —principalmente de tipo sanitario durante la etapa de construcción y, en menor medida, en operación— serán **captadas y tratadas adecuadamente** antes de su disposición final. Para ello, se implementarán sistemas sanitarios temporales y/o permanentes que garanticen el manejo integral de estas aguas, tales como sanitarios portátiles con servicio autorizado, fosas sépticas o sistemas de tratamiento equivalentes, según corresponda. En todos los casos, el manejo, recolección, transporte, tratamiento y disposición se realizará a través de prestadores de servicios autorizados, evitando descargas directas al suelo, cuerpos de agua o sistemas de drenaje sin tratamiento previo. Adicionalmente, se establecerán medidas de supervisión y control para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas implementados, así como el cumplimiento de la normatividad aplicable en materia de descargas y saneamiento. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que la totalidad de las aguas residuales generadas por el proyecto reciban tratamiento adecuado, evitando riesgos de contaminación al suelo y a los recursos hídricos
If18 (4/)	***Se deberá valorar la resiliencia de la infraestructura a eventos hidrometeorológicos extremos.***
Análisis vinculatorio	En atención al criterio de regulación ecológica If18, relativo a la necesidad de valorar la resiliencia de la infraestructura frente a eventos hidrometeorológicos extremos, el Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar incorpora un enfoque integral de análisis de riesgo, diseño adaptativo y gestión preventiva, sustentado en información oficial y actualizada del contexto territorial del municipio de Hueypoxtla, Estado de México. De conformidad con el **Atlas de Riesgos del Municipio de Hueypoxtla (CENAPRED, 2022)**[6]**,** los fenómenos hidrometeorológicos representan uno de los principales factores de riesgo en el territorio municipal, destacando particularmente la ocurrencia de **lluvias intensas que pueden generar inundaciones pluviales y desbordamientos de cuerpos de agua (jagüeyes, ríos y presas)** . Este documento establece que el monitoreo de dichos fenómenos se realiza prioritariamente mediante pronósticos meteorológicos de corto plazo, debido a la recurrencia de eventos de precipitación significativa en la región. Asimismo, el análisis climatológico indica que el régimen de lluvias presenta concentraciones estacionales relevantes, con valores mensuales superiores a **90–120 mm durante los meses de junio a agosto**, y precipitaciones anuales del orden de **≈480 a 600 mm en estaciones cercanas**, lo cual confirma la existencia de periodos de alta intensidad pluvial con potencial de generar escurrimientos superficiales significativos . Adicionalmente, el Atlas de Riesgos documenta la presencia de **eventos de viento fuerte**, los cuales pueden alcanzar velocidades superiores a **150 km/h**, generando cargas estructurales relevantes sobre edificaciones e infraestructura . Este tipo de fenómeno constituye un factor crítico de diseño para estructuras expuestas, como es el caso de sistemas fotovoltaicos. Bajo este contexto, el proyecto garantiza el cumplimiento del criterio If18 mediante los siguientes elementos estructurales y de planeación:

Clave	Descripción
	1. **Valoración específica del riesgo hidrometeorológico**: Se incorpora el análisis de peligros identificado en el Atlas de Riesgos municipal, particularmente inundaciones pluviales y eventos de viento extremo, como base para la toma de decisiones en el diseño del proyecto, en congruencia con el principio de conocimiento del riesgo establecido en los sistemas de protección civil . 2. **Diseño resiliente de la infraestructura**: La infraestructura del parque fotovoltaico será diseñada considerando: ○ Condiciones de escurrimiento superficial y drenaje natural del terreno, evitando la obstrucción de cauces y la acumulación de agua. ○ Sistemas de desalojo pluvial (cunetas, canales, obras de disipación) que permitan manejar eventos de lluvia intensa sin comprometer la estabilidad del sitio. ○ Estructuras de soporte con capacidad de resistir cargas de viento extremo conforme a normas técnicas aplicables (p. ej., criterios de diseño estructural de CFE). 3. **Selección de sitio y configuración del proyecto**: La disposición de los componentes del proyecto evitará zonas identificadas como susceptibles a inundación o concentración de escurrimientos, conforme a la zonificación de riesgos generada mediante análisis SIG en el Atlas municipal . 4. **Integración de medidas de monitoreo y alerta**: El proyecto considera la integración operativa con los sistemas de monitoreo meteorológico existentes (SMN y Protección Civil municipal), permitiendo la implementación de protocolos de respuesta ante eventos extremos, en concordancia con los esquemas de alerta temprana establecidos para el municipio . 5. **Gestión adaptativa y mantenimiento preventivo**: Durante la etapa de operación se implementarán programas de inspección y mantenimiento orientados a asegurar la funcionalidad de sistemas de drenaje, estabilidad estructural y control de erosión, reduciendo la vulnerabilidad ante eventos extremos recurrentes. En este sentido, el Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar no solo reconoce la presencia de fenómenos hidrometeorológicos relevantes en el municipio de Hueypoxtla, sino **que integra de manera explícita su análisis en el diseño, construcción y operación de la infraestructura**, asegurando su capacidad de adaptación, resistencia y recuperación ante dichos eventos. Por lo anterior, se concluye que el proyecto **satisface plenamente el alcance del criterio If18**, al incorporar un enfoque preventivo, técnicamente fundamentado y territorialmente contextualizado que garantiza la resiliencia de la infraestructura frente a eventos hidrometeorológicos extremos.
If19 (4/)	***El desarrollo de infraestructura requerirá considerar el riesgo aviar, asociado a la operación del proyecto respecto a la avifauna presente en la zona.***
Análisis vinculatorio	Para la línea de transmisión de interconexión se recomienda incorporar criterios de diseño avifauna-seguro, mediante estructuras que garanticen separaciones suficientes entre fases y entre elementos energizados y aterrizados, aislamiento de puentes y equipos asociados, y la instalación de dispositivos anticolisión en cable de guarda y/o conductores en los tramos de mayor riesgo ambiental. Estas medidas deberán reforzarse en cruces de cauces, áreas abiertas, zonas de tránsito potencial de aves y murciélagos, así como en cualquier sector identificado durante los recorridos de campo como ruta de vuelo, alimentación o refugio. Con ello se busca reducir los riesgos de electrocución y colisión asociados a la infraestructura aérea de interconexión.
If20 (1/)	***En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a su validación por las Autoridades Competentes***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica contempla la implementación de un **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre**, en atención al criterio If20, el cual será elaborado conforme a criterios técnicos especializados y **sometido a validación por las autoridades competentes** previo al inicio de las actividades de preparación del sitio. Dicho programa incluirá acciones de identificación de especies, recorridos de prospección, ahuyentamiento, captura, manejo y liberación controlada en sitios con condiciones ambientales adecuadas y fuera del área de influencia del proyecto. Se priorizará la protección de especies con algún estatus de conservación, así como aquellas con baja capacidad de desplazamiento. Asimismo, el programa considerará medidas complementarias de mitigación, tales como la delimitación de áreas sensibles, la programación de actividades para evitar periodos críticos (reproducción, anidación), la capacitación del personal y el monitoreo durante las distintas etapas del proyecto. La ejecución del programa estará a cargo de personal capacitado y se documentará mediante reportes técnicos que evidencien su cumplimiento. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al integrar un esquema formal, validado y verificable para la protección de la fauna silvestre durante el desarrollo del proyecto.
If21 (1/)	***Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura deberán contar con autorización previa de impacto ambiental.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se somete al procedimiento de **evaluación de impacto ambiental** ante la autoridad competente, en cumplimiento de la legislación aplicable, previo al inicio de cualquier obra o actividad relacionada con su instalación. En este sentido, todos los **estudios, medidas, obras y acciones** contemplados para el desarrollo del proyecto se encuentran integrados en la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), la cual será evaluada por la

Clave	Descripción
	autoridad ambiental correspondiente, quien determinará su viabilidad y, en su caso, establecerá las condicionantes que deberán cumplirse durante las distintas etapas del proyecto. Asimismo, el promovente se compromete a **no iniciar actividades de preparación del sitio, construcción u operación** sin contar con la autorización previa en materia de impacto ambiental, así como a cumplir con todas las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean establecidas en la resolución correspondiente. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al asegurar que el proyecto se desarrolle dentro del marco legal aplicable y bajo supervisión de la autoridad ambiental.
CRITERIOS DE APLICACIÓN GENERAL	
Ge01	En proyectos, predios y parcelas situados en dos o más UGAS, la aplicación del POETEM se realizará de forma independiente por las diferentes secciones correspondientes a cada UGA.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica se analizó en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), verificando su localización respecto a las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) aplicables. En este sentido, se identificó que el polígono del proyecto se ubica dentro de dos UGAs la 0082 y la 0113, por lo que, en atención al criterio Ge01, la evaluación de congruencia se realizó **de manera diferenciada e independiente para cada sección del predio correspondiente a cada UGA**. Para cada UGA involucrada, se analizaron de forma específica sus políticas ambientales, criterios de regulación ecológica, usos de suelo y estrategias aplicables, desarrollando la correspondiente vinculación y medidas de cumplimiento de manera individualizada. Este enfoque permitió asegurar que las condiciones, restricciones y lineamientos propios de cada UGA sean atendidos conforme a sus características particulares, evitando generalizaciones o interpretaciones homogéneas del territorio. En consecuencia, el proyecto integra en su diseño y en sus medidas de manejo ambiental los requerimientos específicos de cada UGA, garantizando la correcta aplicación del POETEM en aquellas porciones del predio que correspondan a distintas unidades de gestión. Con lo anterior, se acredita el cumplimiento del criterio Ge01, al aplicar el ordenamiento ecológico de forma independiente y diferenciada en función de las UGAs involucradas en el área del proyecto.
Ge03	***Se determinarán las especies invasoras prioritarias y sus vías de introducción para la definición de medidas para evitar su invasión y establecimiento en los sistemas naturales mexiquenses***.
Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge03, el proyecto de planta fotovoltaica incorporó en su análisis ambiental la **identificación de especies exóticas invasoras prioritarias potencialmente presentes o con riesgo de introducción en el área del proyecto**, así como la evaluación de sus **principales vías de ingreso y dispersión**. Para ello, se realizará la revisión de información técnica y bases de datos oficiales sobre especies invasoras en el Estado de México, complementada con trabajos de muestreo e inventario en campo para el registro y la identificación de especies con comportamiento invasivo o indicios de su presencia. Asimismo, se identificarán como principales vías de introducción potenciales: el movimiento de maquinaria y materiales, el transporte de suelo o vegetación, el uso de insumos vegetales no controlados y la perturbación del sitio derivada de las actividades de construcción. Con base en lo anterior, el proyecto establecerá un conjunto de **medidas preventivas y de control**, entre las que destacan: • Uso exclusivo de **especies nativas** en programas de revegetación y áreas verdes. • **Prohibición del uso de especies exóticas invasoras** en cualquier componente del proyecto. • **Control y monitoreo periódico** para la detección temprana de especies invasoras en áreas intervenidas. • **Limpieza de maquinaria y equipo** previo a su ingreso al sitio, para evitar la introducción de propágulos. • Manejo adecuado de suelos y residuos vegetales para prevenir su dispersión. • Implementación de acciones de **erradicación o control** en caso de detectarse especies invasoras durante la ejecución del proyecto. Con estas acciones se da cumplimiento al criterio Ge03, al identificar las especies invasoras prioritarias y sus vías de introducción, así como al establecer medidas concretas para evitar su invasión y establecimiento en el área del proyecto y su entorno.
Ge04	***El aprovechamiento de agua deberá respetar los límites de disponibilidad definidos por la Autoridad Competente.***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica considera el uso de agua de manera **puntual y no permanente**, principalmente durante la etapa de construcción; mientras que en la etapa de operación no se contempla consumo para limpieza de paneles, al emplearse **procesos en seco**, lo que reduce significativamente la demanda hídrica del proyecto. En atención al criterio Ge04, el aprovechamiento de agua se realizará **en estricto apego a los límites de disponibilidad establecidos por la autoridad competente**, para lo cual se prevé el abastecimiento a partir de fuentes autorizadas, garantizando que los volúmenes requeridos no excedan la disponibilidad del recurso en la región ni afecten a otros usuarios.

Clave	Descripción
	Asimismo, el proyecto incorporará medidas de **uso eficiente del agua**, control de consumos y verificación de la factibilidad del suministro, en congruencia con las disposiciones aplicables en materia de gestión hídrica. En caso de requerirse concesión o permiso, éste será gestionado ante la autoridad correspondiente previo al uso del recurso. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que el aprovechamiento del agua sea limitado, regulado y acorde con la disponibilidad definida por la autoridad competente, evitando presiones adicionales sobre los recursos hídricos locales.
Ge05	***Deberá de vigilarse el aprovechamiento de los manantiales, pozos y cauces en coordinación con la Comisión Nacional del Agua***.
Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge05, se realizó la caracterización hidrológica del área del proyecto, identificándose que **no existen manantiales ni pozos dentro del polígono del proyecto**, y que únicamente se presentan **cauces intermitentes**, los cuales conducen escurrimientos superficiales asociados exclusivamente a eventos de precipitación pluvial. No obstante, bajo un enfoque preventivo, el proyecto establece medidas para **proteger y no alterar la dinámica natural de estos cauces intermitentes,** evitando su obstrucción, desvío o modificación. Asimismo, se implementarán obras de drenaje y manejo de escurrimientos que permitan la continuidad de los flujos superficiales. Adicionalmente, en caso de requerirse alguna intervención que pudiera incidir en el régimen hidrológico local, ésta se realizará en coordinación con la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** y conforme a la normatividad aplicable, garantizando que no se afecte el aprovechamiento ni la integridad de los cuerpos de agua. Con estas acciones se da cumplimiento al criterio, al considerar las condiciones hidrológicas del sitio y establecer medidas para la protección y vigilancia de los escurrimientos presentes, aun cuando no existan aprovechamientos directos de manantiales o pozos en el área del proyecto.
Ge06	***En las barrancas y cañadas, no está permitido urbanizar, rellenar, depositar o verter residuos urbanos, especiales o peligrosos, así como descargar aguas residuales que incumplan con la Normatividad de calidad vigente.***
Análisis vinculatorio	En atención al criterio Ge06, el proyecto de planta fotovoltaica establece la **prohibición expresa de intervenir barrancas y cañadas** mediante actividades de urbanización, relleno o modificación del terreno, así como la restricción total para el depósito o vertimiento de residuos urbanos, de manejo especial o peligrosos en estas zonas. Derivado de la caracterización del sitio, se identifican únicamente **cauces intermitentes asociados a escurrimientos pluviales**, los cuales serán respetados en su trazo natural, evitando su alteración, obstrucción o relleno. En estas áreas se restringirá el tránsito de maquinaria y el acopio de materiales, implementando medidas de delimitación y protección. Asimismo, el proyecto no contempla descargas de aguas residuales sin tratamiento; por el contrario, se garantizará que **el 100% de las aguas residuales generadas sea manejado y tratado conforme a la normatividad vigente**, evitando cualquier descarga directa a barrancas, cañadas o cauces. Adicionalmente, se implementará un **manejo integral de residuos**, asegurando su recolección, almacenamiento temporal y disposición final mediante prestadores autorizados, eliminando el riesgo de disposición inadecuada en zonas sensibles. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al prevenir la alteración de barrancas y cañadas y evitar la contaminación de estos sistemas, garantizando la conservación de su función hidrológica y ecológica.
Ge08	***Los Programas de Ordenamiento Ecológico Local deberán actualizarse y alinearse conforme al presente Instrumento y al Plan Estatal de Desarrollo vigente***.
Análisis vinculatorio	El criterio Ge08 establece una disposición de carácter **institucional y programático**, cuyo ámbito de aplicación corresponde a las **autoridades estatales competentes**, en particular aquellas responsables de la formulación, actualización y alineación de los Programas de Ordenamiento Ecológico Local con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio y el Plan Estatal de Desarrollo vigente. En este sentido, el alcance del criterio no implica una obligación directa para el promovente del proyecto, sino que se orienta a garantizar la coherencia y actualización de los instrumentos de planeación territorial a nivel estatal y municipal. No obstante, el proyecto de planta fotovoltaica reconoce este marco de referencia y se desarrolla en congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico vigentes aplicables al área del proyecto, considerando sus políticas, criterios y lineamientos. Con lo anterior, se acredita que el criterio Ge08 es de aplicación a la autoridad competente y que el proyecto se inserta dentro del marco de planeación territorial vigente, sin contravenir sus disposiciones.
Ge10	***Se prohíbe la ubicación de todo tipo de confinamientos de residuos sólidos (municipales, industriales y peligrosos).***
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla la instalación ni operación de **confinamientos de residuos sólidos**, ya sean de carácter municipal, industrial o peligroso. En este sentido, en atención al criterio Ge10, se establece la **prohibición expresa de disponer, almacenar de manera permanente o confinar residuos dentro del área del proyecto**. Todos los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento serán manejados bajo un esquema de **gestión integral**, que incluye su identificación, separación, almacenamiento

Clave	Descripción
	temporal en condiciones controladas y su posterior entrega a **prestadores de servicios autorizados** para su reciclaje, tratamiento o disposición final en instalaciones debidamente autorizadas. El proyecto únicamente contempla **sitios de acopio temporal**, los cuales no constituyen confinamientos, y estarán diseñados para evitar riesgos de contaminación al suelo, agua o aire. Con estas acciones se garantiza el cumplimiento del criterio, al no promover ni permitir la ubicación de confinamientos de residuos dentro del predio del proyecto, asegurando que todos los residuos sean manejados conforme a la normatividad vigente y fuera del sitio de desarrollo.
Ge12	***Los usos y actividades de proyecto en Áreas Naturales Protegidas, estarán sujetos a lo establecido por los Planes de Manejo correspondientes.***
Análisis vinculatorio	Derivado de la caracterización territorial del proyecto, se determinó que el polígono de la planta fotovoltaica **no se ubica dentro de un Área Natural Protegida (ANP)** ni en zonas sujetas a un decreto de protección específico; por lo que el supuesto directo del criterio Ge13 no resulta aplicable en términos estrictos. No obstante, bajo un enfoque preventivo y de congruencia ambiental, el proyecto incorpora medidas de **mitigación y compensación ambiental proporcionales a los impactos identificados**, tales como la conservación de áreas con cobertura vegetal, la revegetación con especies nativas, el manejo adecuado de escurrimientos, la protección de fauna y la implementación de programas de restauración ecológica. Asimismo, en caso de que durante el desarrollo del proyecto se identifique alguna interacción indirecta con áreas bajo régimen de protección o zonas de valor ambiental, se atenderán las disposiciones aplicables y, en su caso, los instrumentos de manejo correspondientes. Con estas acciones se asegura la congruencia con el objetivo del criterio, al incorporar medidas ambientales acordes al impacto del proyecto, aun cuando no se ubique dentro de un Área Natural Protegida.
Ge13	***Las actividades realizadas en Áreas Naturales Protegidas deberán considerar medidas de mitigación y compensación ambiental acordes al impacto ambiental que generarán. Las medidas de mitigación y compensación ambiental deberán atender a los objetivos del Decreto y criterios de administración establecidos en el Plan de Manejo correspondiente***.
Análisis vinculatorio	Derivado del análisis de localización del proyecto de planta fotovoltaica y de la consulkta al sistema de gestión para la evaluación de impacto amnbiental (SIGEIA), se determinó que el polígono **no se ubica dentro de un Área Natural Protegida (ANP)**, por lo que la aplicación directa del criterio Ge13 no resulta obligatoria en sentido estricto. No obstante, bajo un enfoque preventivo y de congruencia con la política ambiental, el proyecto incorpora medidas de **mitigación y compensación ambiental proporcionales a los impactos identificados,** tales como la conservación de cobertura vegetal, la revegetación con especies nativas, la protección de fauna silvestre, el manejo adecuado de escurrimientos y la restauración de áreas intervenidas. Asimismo, en caso de que durante la ejecución del proyecto se identifique alguna interacción indirecta con áreas bajo régimen de protección o zonas de valor ambiental, se atenderán las disposiciones aplicables y, en su caso, los objetivos de conservación y lineamientos establecidos en los instrumentos de manejo correspondientes. Con estas acciones se asegura la congruencia con el objetivo del criterio, al incorporar medidas ambientales acordes a los impactos del proyecto, aun cuando éste no se desarrolle dentro de un Área Natural Protegida.
Ge14	Se requiere la conformación de Rellenos Sanitarios en cumplimiento de capacidades y especificaciones de Normatividad Vigente.
Análisis vinculatorio	El criterio Ge14 establece una disposición orientada a la **planeación y operación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos**, cuya implementación corresponde a las **autoridades competentes y a los operadores de rellenos sanitarios**, en cumplimiento de la normatividad vigente. En este sentido, el proyecto de planta fotovoltaica **no contempla la construcción ni operación de rellenos sanitarios,** por lo que no le es aplicable de manera directa. No obstante, en congruencia con el objetivo del criterio, el proyecto se compromete a que **todos los residuos sólidos generados** durante sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento sean **canalizados a instalaciones de disposición final autorizadas**, que cumplan con las capacidades y especificaciones establecidas en la normatividad vigente. Asimismo, el proyecto implementará un **Programa de manejo integral de residuos**, que incluye su separación, almacenamiento temporal en condiciones controladas y entrega a prestadores de servicios autorizados, asegurando que su disposición final se realice en rellenos sanitarios que operen conforme a los lineamientos técnicos y ambientales aplicables. Con estas acciones se asegura la congruencia con el criterio, al no promover instalaciones de disposición final dentro del proyecto y garantizar que los residuos generados sean gestionados en sitios que cumplen con la normatividad vigente.
Ge15	***Se requiere contar con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, conforme a Norma, previo a la descarga a cuerpos receptores***.
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica no contempla descargas directas de aguas residuales a cuerpos receptores; sin embargo, en atención al criterio Ge15 y bajo un enfoque preventivo, se establece que **toda el agua residual generada será previamente tratada conforme a la normatividad vigente** antes de cualquier disposición final.

Clave	Descripción
	Durante la etapa de construcción y, en menor medida, en operación, las aguas residuales generadas serán principalmente de tipo sanitario. Para su manejo, se implementarán **sistemas adecuados de tratamiento**, tales como sanitarios portátiles con servicio autorizado, fosas sépticas o sistemas equivalentes, garantizando que no existan descargas sin tratamiento previo al suelo o a cuerpos de agua. En caso de que se requiera una descarga a un cuerpo receptor, ésta se realizará únicamente cumpliendo con los **límites máximos permisibles establecidos en la normatividad aplicable**, y previa obtención de los permisos correspondientes ante la autoridad competente. Adicionalmente, se establecerán mecanismos de supervisión y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, asegurando su correcto funcionamiento y evitando riesgos de contaminación. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio, al garantizar que cualquier agua residual generada por el proyecto sea tratada conforme a norma antes de su disposición, aun cuando no se contemplen descargas directas a cuerpos receptores
Ge16	***Se debe implementar sistema de monitoreo de calidad atmosférica y operar inventario de emisiones***.
Análisis vinculatorio	El criterio Ge16 establece una disposición orientada a la **gestión y control de la calidad del aire a nivel territorial,** cuya implementación integral corresponde principalmente a las autoridades competentes. No obstante, en atención a su alcance y bajo un enfoque preventivo, el proyecto de planta fotovoltaica incorpora medidas orientadas al **control de emisiones y seguimiento de su desempeño ambiental.** Durante la etapa de construcción, se identificarán y estimarán las **fuentes potenciales de emisión atmosférica,** tales como maquinaria, equipo de combustión interna y generación de partículas por movimiento de suelo, integrando un **registro interno de emisiones** que permita su control y reducción. Para ello, se implementarán medidas como el mantenimiento adecuado de maquinaria, la verificación de equipos, el riego controlado para la supresión de polvo y la optimización de actividades constructivas. En la etapa de operación, las emisiones atmosféricas serán mínimas, limitándose principalmente al tránsito ocasional de vehículos de mantenimiento, por lo que no se prevé la generación significativa de contaminantes. Adicionalmente, el proyecto contempla la **supervisión y seguimiento de condiciones de calidad del aire a nivel local,** mediante inspecciones periódicas y control de fuentes emisoras, asegurando que no se generen afectaciones al entorno. Con estas acciones se da cumplimiento al objetivo del criterio, al integrar mecanismos de control y seguimiento de emisiones, en congruencia con los principios de gestión de la calidad atmosférica, aun cuando la implementación de sistemas de monitoreo regional corresponde a la autoridad competente.
Ge17	***La infraestructura de comunicación, así como las vías de comunicación carretera de competencia Estatal y Federal, son prioritarias para la integración territorial, por lo que se pueden establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, dando cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, así como a los Planes de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contando siempre con la previa autorización de Impacto Ambiental y de ser necesario Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.***
Análisis vinculatorio	El criterio Ge17 establece una disposición de carácter **programático y territorial**, orientada a la priorización de infraestructura de comunicación a nivel estatal y federal. Si bien el proyecto de planta fotovoltaica no corresponde a este tipo de infraestructura estratégica, reconoce el principio de que cualquier obra de infraestructura debe desarrollarse en **congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico y de planeación territorial aplicables**. En este sentido, el proyecto se ha evaluado considerando los **criterios específicos de la UGA correspondiente**, así como la compatibilidad con los instrumentos de planeación vigentes. Asimismo, el promovente se compromete a **contar previamente con la autorización en materia de impacto ambiental,** y en su caso, a gestionar las autorizaciones adicionales que resulten aplicables, incluyendo el **cambio de uso de suelo en terrenos forestales**, si éste fuera requerido conforme a la normatividad vigente. Adicionalmente, el proyecto no se contrapone a la integración territorial ni a la infraestructura de comunicación existente, ya que aprovecha caminos actuales y limita la generación de nuevas vialidades, manteniendo la funcionalidad del territorio. Con estas acciones se asegura la congruencia con el criterio Ge17, al garantizar que el desarrollo del proyecto se sujeta a los instrumentos de planeación y a las autorizaciones ambientales correspondientes, aun cuando no se trate de infraestructura de comunicación prioritaria en términos del criterio.
Ge18	***La infraestructura de interconexión energética es prioritaria para la integración productiva del Estado, pudiéndose establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, dando cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, así como a los Planes de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contando siempre con la previa autorización de Impacto Ambiental y de ser necesario Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales***.

Clave	Descripción
Análisis vinculatorio	El proyecto de planta fotovoltaica forma parte de la **infraestructura energética** orientada a la generación y eventual interconexión al sistema eléctrico, por lo que se reconoce su contribución a la **integración productiva y energética del Estado**, en congruencia con el criterio Ge18. En este sentido, el proyecto se desarrolla considerando el cumplimiento de los **criterios específicos de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) correspondiente,** así como la compatibilidad con los instrumentos de planeación territorial vigentes. Asimismo, se verificó que el sitio no se ubica dentro de Áreas Naturales Protegidas; no obstante, en caso de existir interacción con zonas sujetas a regulación específica, se atenderán los lineamientos establecidos en los instrumentos de manejo aplicables. De igual forma, el promovente somete el proyecto al procedimiento de **evaluación de impacto ambiental,** comprometiéndose a no iniciar obras sin contar con la autorización correspondiente. En caso de que el desarrollo del proyecto implique la afectación de terrenos forestales, se gestionará previamente la autorización de **cambio de uso de suelo en terrenos forestales**, conforme a la normatividad aplicable. Adicionalmente, el diseño del proyecto busca minimizar impactos mediante la optimización del uso del suelo, el aprovechamiento de infraestructura existente y la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Con estas acciones se asegura el cumplimiento del criterio Ge18, al integrar el proyecto dentro de la política de desarrollo energético del Estado, garantizando al mismo tiempo el apego a los instrumentos de ordenamiento ecológico y a las autorizaciones ambientales requeridas.
Acotaciones:	
(1/)	Criterio aplicable a los usos de suelo en las UGA 0082 y 0113
(2/)	Criterio aplicable únicamente en la IUGA 0082
(3/)	Criterio aplicable únicamente en la UGA 0113
(4/)	Incluidos por recomendación del DTOE

PLAN DE DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA

De acuerdo con lo establecido en la fracción III del artículo 13 del RLGEEPAMEIA, las MIA-R, que sean sometidas a evaluación de la autoridad ambiental a efecto de obtener la autorización correspondiente, deberán evidenciar el cumplimiento con los alcances de los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.

Asimismo, el primer y segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA disponen que una vez presentada la MIA-R, la autoridad ambiental iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en dicho instrumento, el RLGEEPAMEIA y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días, así mismo deberá verificar que las obras y actividades se sujeten a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los Programas de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico del Territorio, las Declaratorias de Áreas Naturales Protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

En este sentido, es posible determinar que, como parte del Capítulo II de una MIA-R, los interesados deberán realizar la vinculación, cuando menos con los instrumentos que disponen los dos primeros párrafos del citado artículo 35 de la LGEEPA, entre los cuales se destaca el Programa de Desarrollo Urbano (PDU), documento que constituye el instrumento rector de la planeación urbana.

Ahora bien, de acuerdo con la naturaleza jurídica de un PDU, se considera importante analizar y delimitar su alcance legal y espacial en términos de la normatividad que le da vida jurídica, para lo cual se realiza el siguiente análisis.

Al respecto, el inciso a) de la fracción V, del Artículo 115 de la CPEUM, establece lo siguiente:

"Artículo 115. Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes:

…..

V. Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;"

Considerando la información presentada previamente, podemos constatar que los municipios cuentan con la facultad Constitucional de formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal en su territorio, en términos de las leyes federales y estatales.

Por lo que, a continuación, se enfatizan algunos puntos relevantes de lo que establece la Ley General de Asentamientos Humanos al respecto.

Primeramente, en su artículo 1 dispone que esta ley tiene los siguientes objetivos:

I. Establecer la concurrencia de la Federación, de las entidades federativas y de los municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional.

II. Fijar las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

III. Definir los principios para determinar las provisiones, reservas, usos y destinos de áreas y predios que regulen la propiedad en los centros de población.

IV. Determinar las bases para la participación social en materia de asentamientos humanos.

Posteriormente, en la fracción I del artículo 9°, retoma la facultad de los municipios para formular, aprobar y administrar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, de centros de población y los demás que de éstos deriven, así como evaluar y vigilar su cumplimiento, de conformidad con la legislación local.

En la fracción I del artículo 12 establece que, la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población se llevarán a cabo, entre otras, a través de los planes o programas municipales de desarrollo urbano.

Así, se puede observar que la Ley General de Asentamientos Humanos es la normatividad federal que regula la facultad constitucional de los municipios consagrada en el artículo 115 de la CPEUM, para formular, aprobar y administrar la zonificación y los Planes de Desarrollo Urbano Municipal y que, a través de éstos, los municipios podrán planear y regular lo referente a ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población.

Aunado a lo anterior, no se puede pasar por alto lo que dispone el artículo 19 de la Ley en comento y que para mayor claridad se transcribe a continuación:

"ARTICULO 19.- Los planes o programas de desarrollo urbano deberán considerar los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos establecidos en los artículos 23 a 27 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en las normas oficiales mexicanas en materia ecológica."

En este sentido, la Ley General de Asentamientos Humanos establece la obligación para que, durante la formulación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano, se consideren los criterios generales de regulación ecológica que establece la LGEEPA.

Ahora bien, la LGEEPA en su artículo 23, fracción I establece que, para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, los planes o programas de desarrollo urbano deberán tomar en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico del territorio.

Además, la misma LGEEPA en su artículo 20 bis-4, establece que los objetivos de los programas de ordenamiento ecológico locales son determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo y establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población. Para mayor abundamiento a continuación se transcribe el citado artículo:

"ARTÍCULO 20 BIS 4.- Los programas de ordenamiento ecológico local serán expedidos por las autoridades municipales, y en su caso del Distrito Federal, de conformidad con las leyes locales en materia ambiental, y tendrán por objeto:

I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate;

II.- Regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales respectivos, fundamentalmente en la realización de actividades productivas y la localización de asentamientos humanos, y

III.-Establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población, a fin de que sean considerados en los planes o programas de desarrollo urbano correspondientes."

Dentro de lo que dispone el artículo transcrito, se puede destacar que los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales, tienen como finalidad, entre otras, regular los usos de suelo fuera de los centros de población y de establecer criterios de regulación ecológica dentro de los centros de población para que éstos sean tomados en cuenta en la creación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano, ambas cosas en los municipios correspondientes y con la finalidad de proteger el ambiente y para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Lo anterior es así, ya que de todo lo manifestado hasta el momento ha quedado en evidencia que los municipios tienen la facultad de regular los usos de suelo dentro de su territorio, lo cual se materializa mediante la expedición de su correspondiente Plan o Programa de Desarrollo Urbano, sin embargo, tomando en cuenta que en materia ambiental también existen otros instrumentos de planeación ambiental, tal como son los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales, tanto la Ley General de Asentamientos Humanos, como la LGEEPA se armonizan al delimitar claramente el alcance territorial y legal de cada uno.

Lo anterior en ningún momento quiere decir que, la normatividad que regula la creación de los Planes o Programas de Desarrollo Urbano y los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio sea errónea o incompleta, sino más

bien, se pretende resaltar que para poder determinar claramente la aplicación de cada uno de estos Instrumentos es necesario acudir a la normatividad que los regula y no solamente al texto aislado de cada uno de éstos.

De todo lo expuesto hasta ahora, se puede concluir que independientemente de que cada Instrumento delimite su área geográfica de aplicación, en materia ambiental, los Planes o Programas de Desarrollo Urbano deben de regular los usos de suelo en los centros de población[II] de los municipios que los expide, debiendo tomar en cuenta los criterios de regulación ecológica que contienen los programas de ordenamiento ecológico locales (POEL) del propio municipio.

Las disposiciones de la normatividad local en el tema de acuerdo al Dictamen Técnico DTOE DGTS/SMA 336 (apéndice II.1) proporcionan varias consideraciones concretas sobre el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla (PMDUH), tanto respecto de sus alcances vinculantes como del diagnóstico de cumplimiento que formula la autoridad en el Dictamen Técnico. La parte sustantiva está concentrada en las páginas 4 y 5 del apéndice en cita.

El Dictamen parte de una premisa clara: además del ordenamiento ecológico, el proyecto debe revisarse frente a los instrumentos de planeación urbana vigentes. En ese sentido, la autoridad identifica expresamente al Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla, publicado en la *Gaceta del Gobierno* el 21 de junio de 2018, así como su fe de erratas del 12 de febrero de 2020, como el instrumento urbano aplicable al sitio del proyecto.

A partir de ese instrumento, la autoridad señala que el predio se ubica dentro del plano estratégico "E-2 Usos del suelo" en una zona clasificada como Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.). Esa afirmación es jurídicamente relevante porque el Dictamen no trata al PMDU como un antecedente meramente descriptivo, sino como un parámetro normativo vigente de localización y compatibilidad de uso del suelo.

El alcance vinculante que el propio Dictamen atribuye al PMDU puede sintetizarse así:

- El PMDU define la clasificación de uso del suelo aplicable al predio;
- Esa clasificación condiciona la posibilidad de instalar determinados establecimientos e infraestructuras;
- La instalación del proyecto debe sujetarse a las normas de ocupación establecidas en el instrumento;
- La opinión técnica de compatibilidad territorial no sustituye autorizaciones ambientales o urbanas adicionales, sino que se limita a verificar congruencia con los instrumentos vigentes.

Dicho de manera más estricta: para la autoridad estatal, el PMDU sí produce efectos obligatorios sobre el proyecto, en particular en cuanto a clasificación del suelo, admisibilidad del uso y observancia de normas de ocupación.

Alcances materiales del PMDU que cita el Dictamen: el oficio reproduce el contenido sustantivo de la categoría Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.). Según el Dictamen, en esa zona:

- Se permiten establecimientos e inmuebles técnicos y/o edificios aplicables;
- Se permite el comercio de productos especializados de más de 200 m² construidos;
- Se admiten bancos, comercio de materiales para la construcción, comercio y servicios para vehículos y maquinaria, talleres y servicios especializados;
- Se permiten almacenamiento, distribución y abasto de productos,
- Con excepción de sustancias peligrosas de cualquier clase.

Además, el Dictamen precisa que, dentro de la Tabla de Usos de Suelo del PMDU, en el uso general "5.2 Instalaciones en general", los usos específicos comprenden:

- Plantas,
- Estaciones y subestaciones eléctricas,
- Incluyendo paneles solares,
- Así como instalaciones de generación eléctrica por medio de energías renovables.

Ese punto es el núcleo duro del análisis: la autoridad no infiere la compatibilidad de forma analógica o extensiva, sino que afirma que el PMDU identifica expresamente como permitidas instalaciones de generación eléctrica con energías renovables, incluyendo paneles solares, dentro de la clasificación aplicable al predio.

Diagnóstico de cumplimiento emitido por la autoridad en su DTOE: el Dictamen formula un diagnóstico de cumplimiento en dos planos: ordenamiento ecológico y desarrollo urbano. Respecto del PMDU de Hueypoxtla, la conclusión de la autoridad es inequívoca:

[II] "***III. Centros de población:*** *las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos"* (Artículo 2 de la Ley General de Asentamientos Humanos).

el sitio del proyecto se localiza en una zona con clasificación de suelo Industria Mediana No Contaminante, en la que la instalación de plantas eléctricas por medio de energías renovables se permite, quedando el proyecto sujeto a las normas de ocupación establecidas en el instrumento.

Eso significa que, en términos técnicos y jurídicos, la autoridad competente diagnostica lo siguiente:

1. Sí existe correspondencia territorial entre el proyecto y la zonificación urbana aplicable.
2. Sí existe compatibilidad material de uso, porque la categoría I.M.N. admite instalaciones de generación eléctrica renovable.
3. El cumplimiento no es absoluto ni incondicionado, ya que subsiste la obligación de ajustarse a las normas de ocupación del PMDU.

El Dictamen tiene naturaleza de opinión técnica sobre ubicación y compatibilidad con instrumentos de planeación, no de autorización sustantiva final.Síntesis técnico-jurídica utilizable: en términos estrictos, del DTOE DGTS:SMA 335 se desprende que la autoridad competente reconoce al Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla como un instrumento vinculante de planeación urbana vigente, aplicable al predio del proyecto, con efectos obligatorios en materia de clasificación de uso del suelo y normas de ocupación. Conforme a ese instrumento, el predio se ubica en una zona Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.), dentro de la cual el propio PMDU admite instalaciones de generación eléctrica por medio de energías renovables, incluyendo paneles solares. En consecuencia, la autoridad emite un diagnóstico favorable de compatibilidad urbana, aunque condicionado al cumplimiento de las normas de ocupación del PMDU y dejando claro que el Dictamen no constituye autorización en materia de impacto o riesgo ambiental.

Normas de ocupación y compatibilidad territorial del proyecto conforme al PMDU de Hueypoxtla y al POETEM.

En la zonificación Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.), el PMDU establece que los parámetros de ocupación del suelo se determinan bajo el esquema de “DT” (Determinación Técnica), lo cual resulta particularmente relevante para proyectos de infraestructura energética como un parque fotovoltaico, cuyas características no se ajustan a esquemas urbanos convencionales.

En este sentido, los siguientes parámetros quedan sujetos a determinación técnica específica:

- Frente mínimo de lote
- Superficie mínima de lote
- Superficie mínima sin construir
- Superficie máxima de desplante
- Altura máxima
- Intensidad máxima de construcción

Para el caso de un parque fotovoltaico, esta flexibilidad normativa permite que la ocupación del suelo se defina en función de:

- La disposición de los módulos fotovoltaicos (arreglos en serie/paralelo),
- La densidad de paneles por hectárea,
- La orientación y separación entre filas (pitch) para evitar sombreado,
- La integración de infraestructura auxiliar (subestación, inversores, caminos internos, drenaje pluvial),
- y. las condiciones topográficas y ambientales del sitio.

Condicionantes regulatorias aplicables al proyecto: el PMDU establece que la determinación técnica de los parámetros de ocupación deberá sustentarse en el cumplimiento de:

- Normas técnicas en materia de desarrollo urbano y construcción;
- Normatividad ambiental vigente (federal, estatal y municipal);
- Estudio de impacto ambiental, en términos de la legislación aplicable;

En el caso específico de un parque fotovoltaico, estas condicionantes se traducen en la obligación de:

- Demostrar que la ocupación del suelo no genera alteraciones significativas en la funcionalidad del ecosistema;
- Garantizar la gestión adecuada de residuos (incluyendo equipos eléctricos y electrónicos);
- Implementar medidas de control de escorrentías y erosión;
- Asegurar la compatibilidad visual, territorial y ambiental del proyecto;
- y acreditar que la infraestructura eléctrica asociada cumple con criterios de seguridad, resiliencia y eficiencia energética.

Con base en lo anterior y de conformidad con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Hueypoxtla (PMDU), publicado en la Gaceta del Gobierno el 21 de junio de 2018, con Fe de Erratas del 12 de febrero de 2020, el predio

del proyecto se ubica en una zona clasificada como Industria Mediana No Contaminante (I.M.N.), dentro de la cual se reconocen como usos permitidos las instalaciones de generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, incluyendo paneles solares.

Esta clasificación establece una compatibilidad directa de uso de suelo con la naturaleza del proyecto, lo cual constituye el primer umbral de viabilidad urbana.

Naturaleza de las normas de ocupación y su aplicabilidad al proyecto fotovoltaico: el PMDU establece que, para la zonificación I.M.N., los parámetros de ocupación del suelo (frente mínimo, superficie de lote, desplante, altura e intensidad de construcción) se encuentran definidos como "DT" (Determinación Técnica), lo que implica que no existen valores normativos rígidos predeterminados.

Esta condición es particularmente congruente con la naturaleza de los parques fotovoltaicos, cuya ocupación del suelo:

- No responde a esquemas edificatorios convencionales,
- Se caracteriza por una distribución extensiva y no intensiva, y
- Presenta una ocupación física discontinua y de baja densidad estructural.

En términos técnicos, un parque fotovoltaico presenta:

- Bajo porcentaje de superficie impermeabilizada,
- Predominancia de superficie libre o con cobertura vegetal,
- Estructuras elevadas (módulos) que permiten permeabilidad ecológica del suelo,
- Mínima generación de cargas urbanas (tráfico, densidad poblacional, servicios).

En consecuencia, el esquema de Determinación Técnica (DT) permite que la ocupación del predio sea evaluada en función de su configuración real, evitando aplicar criterios urbanos rígidos que resultarían inadecuados para este tipo de infraestructura.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Derivado de la revisión de los Decretos Federales y Estatales de las ANP, se determinó que ninguna ANP de competencia federal o Estatal se ubica a una cercanía que coincida con una superposición del área del proyecto con el territorio de dichos espacios de conservación; Las ANP's de competencia federal con mayor proximidad al sitio del proyecto son los Parques Nacionales El Chico y Tula, (Estado de Hidalgo) cuyos terrenos se ubican a 43.6 km al NE y 27.8 km al E del AeP respectivamente y, el Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) Lago de Texcoco 49.6 km equidistante al sur del AeP (en línea recta).

La ANP estatal más cercana del Estado de México es el Parque Estatal Santuario del Agua Laguna de Zumpango, ubicado a aproximadamente 18.7 km al SW del proyecto (en línea recta).

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Norma Oficial Mexicana	Vinculación
Agua	
NOM-001-SEMARNAT-2021 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.	La construcción, operación y mantenimiento del proyecto, no prevé la descargar de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales o al suelo, inclusive, no prevé realizar descarga alguna a cualquier otro tipo de cuerpo de agua, drenaje o alcantarillado, particularmente porque en sus procesos no se registra la generación y descarga de ningún tipo de agua residual, salvo la de los sanitarios. Al respecto, y en relación con la generación de aguas residuales de los sanitarios, tanto en la etapa de preparación del sitio y construcción como en la etapa de operación y mantenimiento se contratarán los servicios de una empresa externa autorizada y especializada que garantice el manejo adecuado de agua residual y su disposición final en sitios autorizados por la autoridad competente. Durante la etapa de operación y mantenimiento, dado que el proyecto estará ubicado en el medio rural y, por ende no existe el servicio de alcantarillado y drenaje municipal, para el adecuado manejo y destino de aguas residuales, principalmente de lavabos y sanitarios de la oficina y de la caseta de vigilancia se considera la instalación de fosas sépticas acatando la reglamentación aplicable.

NOM-006-CONAGUA2007 Fosas sépticas prefabricadas- especificaciones y métodos de prueba.	Si bien esta norma es aplicable a los fabricantes y proveedores de fosas sépticas, se observarán las especificaciones técnicas previstas en esta norma en los procesos de instalación de fosas sépticas prefabricadas para la disposición de las aguas residuales sanitarias generadas durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.
Observando el área donde se pretende realizar el proyecto, se destaca la falta de drenaje y alcantarillado municipal; aunado a lo anterior, se hace mención que en ningún momento serán utilizadas aguas tratadas ni se realizará tratamiento de aguas. Por las razones expuestas en el presente párrafo, son inoperantes las normas NOM-002-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997. Por otro lado, el agua necesaria para las distintas etapas del proyecto será suministrada por pipas de compañías autorizadas para el suministro de agua; por lo tanto, son inoperantes las normas NOM-003-CONAGUA-1997 y la NOM-004CONAGUA-1996. Las normas antes señaladas, se mencionan por su importancia, sin embargo, no son aplicables al proyecto.	
EMISIÓN DE FUENTES MÓVILES	
NOM-041-SEMARNAT-2015 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Esta norma es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país y, consecuentemente de aquellos que operen en cualquiera de las etapas del proyecto, que usan gasolina como combustible, los cuales deberán gestionar ante los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación Vehicular que, la operación de sus motores se ajusta a los alcances de esta norma y los vehículos operarán en condiciones óptimas a fin de cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de gases establecidos en la norma. Lo anterior, con excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria que pudiera utilizar en los trabajos del proyecto, los cuales se mantendrán sujetos a un programa de mantenimiento preventivo, cuyos avances se reportarán en los informes de cumplimento de términos y condicionantes que se presenten a la autoridad.
NOM-045-SEMARNAT-2017 Protección ambiental.-vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. (08-03-2018).	La presente norma establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Diesel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición. Al ser un instrumento cuyo cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, en cualquiera de las etapas del proyecto en las cuales se utilice este tipos de vehículos, su operación deberá ser validada por los centros de verificación vehicular del Estado y/o en las unidades de verificación y autoridades competentes y los vehículos operarán en condiciones óptimas a fin de cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de gases establecidos en la norma. Tal y como lo dispone este instrumento, se excluirán de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a Diesel, la cual estará sujeta a un programa de mantenimiento preventivo y cada una deberá tener una bitácora en la cual se registren las operaciones correspondientes, copia de la cual se integrará a los informes de cumplimiento de términos y condicionantes que se presenten periódicamente a la autoridad competente.
NOM-167-SEMARNAT-2017 Norma Oficial Mexicana nom-167-SEMARNAT-2017, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala; métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las	Los objetivos de esta NOM son: • Establecer los Límites Máximos Permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural, Diesel o cualquier otro combustible alterno que circulen en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; • Establecer los requisitos mínimos en materia de tecnologías de la información para los Centros de Verificación Vehicular, Unidades de Verificación, gobierno federal a través de las Secretarias de Medio

especificaciones de tecnología de información y hologramas.	Ambiente y Recursos Naturales y de Comunicaciones y Transportes, y gobiernos de las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala, en el ámbito de sus respectivas atribuciones; • Establecer los requisitos mínimos sobre la autenticidad y rastreabilidad de las Constancias de Verificación Vehicular que se emitan en los Centros de Verificación o Unidades de Verificación Vehicular que apliquen la presente Norma Oficial Mexicana. • Establecer el método de prueba a través del Sistema de Diagnóstico a Bordo, especificaciones y procedimiento. • Establecer los Límites Máximos Permisibles de emisión de contaminantes para la detección de un vehículo automotor ostensiblemente contaminante en vialidad para vehículos automotores que utilizan gasolina o Diesel. Su campo de aplicación específica que la NOM-0167 es de observancia obligatoria para: • El propietario o legal poseedor de vehículos automotores que circulen en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala que utilicen gasolina, Diesel, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, incluidos los vehículos que presten cualquier tipo de servicio público, federal o local, así como cualquier tipo de servicio privado regulado por las leyes federales o locales en materia de autotransporte. • Los responsables de los Centros de Verificación Vehicular y, en su caso, Unidades de Verificación autorizados por las autoridades competentes de la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala o, en su caso, por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; y • Las autoridades competentes en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala y las Secretarias de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Comunicaciones y Transportes, en el ámbito de sus respectivas competencias. Se excluyen de la aplicación de la presente norma, motocicletas, vehículos con peso bruto vehicular menor o igual a 400 kilogramos, vehículos híbridos, vehículos eléctricos de rango extendido, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería. La aplicación de esta Norma-0167 se concreta a través del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria emitido por la autoridad estatal competente y del cumplimiento que el promovente del proyecto o las contratistas que trabajen por encargo y disposición, deberán cumplir cabalmente. En los ICTyC, que imponga la SEMARNAT en su resolución aprobando el proyecto en materia de impacto ambiental, se reportará periódicamente el cumplimiento de las especificaciones de este instrumento normativo.
SUELO	
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	En la totalidad del proyecto se implementarán medidas para prevenir la contaminación del suelo, no obstante, en caso de ocurrir un incidente en el que se contamine el suelo con hidrocarburos, se atenderá a lo señalado en la norma que se vincula, así como lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, a fin de llevar a cabo la caracterización y las actividades de remediación que correspondan.
RESIDUOS	
NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	Ambas normas se vinculan de manera conjunta y se acatarán en referencia a los residuos que habrán de generarse durante la etapa de preparación del sitio y construcción y, posteriormente durante la etapa de operación y mantenimiento; de manera preliminar, se implementarán acciones de clasificación de residuos atendiendo a los procedimientos de identificación con base en los listados establecidos en esta NOM, posteriormente y dependiendo de cada tipo de residuos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RPs), se diseñarán acciones y medidas de manejo en el marco de la estrategia que defina el programa de manejo integral de residuos, el cual formará parte de

	esta MIA-R y cuyos lineamientos se agregan como uno de los apéndices del Capítulo VI de la misma.
RUIDO	
NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	Para asegurar el cumplimiento de los alcances de esta norma, todos los vehículos, maquinaria y equipos que se utilicen en cualquiera de las etapas del proyecto se mantendrán en condiciones óptimas para su operación y estarán sujetos a programas de mantenimiento preventivo que aseguren que los niveles de ruido que emitan, no rebases los límites que establece este instrumento.
NOM-081-SEMARNAT-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Esta norma se acata, comprometiendo al proyecto a los límites máximos permisibles de emisión de ruidos, aun cuando por su naturaleza no se contempla la generación de ruidos en fuentes fijas.
FLORA Y FAUNA	
NOM-059-SEMARNAT-2010, última modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de dos mil diecinueve. 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.	Parte fundamental de los diversos estudios realizados (levantamientos de campo) para el proyecto son los levantamientos de caracterización biótica del sitio y el Sistema Ambiental Regional. De estos levantamientos, se obtuvieron los listados tanto de la fauna como de la flora presentes en el AeP, AiP y el SAR, desarrollados en el Capítulo IV de esta MIA-R. Los resultados derivados de los análisis realizados a las 58 especies de la flora y 78 especies de la fauna (agrupadas en 617 individuos), evidencian que para la vegetación solo el 5.1% de las especies registradas se encuentran en algún estatus de riesgo y, para el caso de la fauna la herpetofauna, con 11 especies registradas, 7 tienen estatus de riesgo; de las 52 especies de la avifauna solo el 5.8% de ellas se encuentran en algún estatus de riesgo en esta NOM-059 y para el grupo de los mamíferos, de 15 especies registradas solo3 tienen estatus de riesgo. Los registros antes resumidos confirman que la biodiversidad tanto del SAR como del AeP es un reflejo de la perturbación que ha modificado las condiciones naturales que llegaron a tener varias décadas atrás áreas como consecuencia de su transformación como áreas de cultivo. Sin embargo, el proyecto contempla diversas medidas de mitigación entre las que se encuentran los programas de rescate y reubicación de flora y fauna, dándose especial énfasis a especies enlistadas en la NOM-059, en caso de encontrarse. Con lo antes expuesto se tiene el objetivo de asegurar la protección de los individuos pertenecientes a alguna especie con estatus de riesgo enlistada en esta NOM:
PRESENTAR LA VINCULACIÓN DETALLADA CON OTROS INSTRUMENTOS JURÍDICOS APLICABLES A LA OBRA O ACTIVIDAD PROYECTADA DE ACUERDO A LO INDICADO EN LOS ANEXOS POR SECTOR.	
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	
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 los mismos 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.*	La clasificación que pudiera llegar a hacerse de los residuos que pudieran generarse en el proyecto, durante su construcción o durante su operación y mantenimiento los definirá como peligrosos solo si se ajustan al alcance de esta disposición de la LGPGIR, ello para ajustar el diseño del proyecto a las disposiciones de esta Ley. En el Capítulo II del presente estudio se da mayor detalle de la clasificación de residuos y su cantidad estimada de generación.
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.*	Los residuos sólidos urbanos generados por el proyecto se clasificarán en orgánica e inorgánicos tal y como se menciona en este artículo. Los residuos sólidos urbanos, serán separados desde su generación y enviados al relleno sanitario autorizado más cercano. Los residuos sólidos inorgánicos que no sean sujetos a reciclaje se enviarán a los sitios de disposición final autorizados por el municipio, por medio de una empresa autorizada contratada para su transporte.

	Para la clasificación, manejo, almacenamiento y disposición de los residuos urbanos se cumplirá como establecido en la LGPGIR y su reglamento, así como las NOM y el Programa Estatal y/o Municipal correspondiente. Todo esto queda detallado en el Capítulo IV de esta MIA-R, con lo cual queda en evidencia el cumplimiento de la disposición que se analiza.
Artículo 19. *Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:* *III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades…* *VII. Residuos de la Construcción, mantenimiento y demolición en general.*	Durante las actividades de preparación del sitio y construcción se generarán residuos de manejo especial, principalmente derivados del proceso constructivo del proyecto, por lo cual, en el Capítulo VI de esta MIA-R se propone la implementación de un programa de manejo integral de los residuos, donde será incluido el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
Artículo 28.- Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda: ***I.*** *Los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en los residuos peligrosos a los que hacen referencia las fracciones I a XI del artículo 31 de esta Ley y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes;* ***II.*** *Los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes, y* *Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.*	De ser el caso y, siempre y cuando el volumen de generación de residuos y, en consecuencia, la categoría que corresponda al tipo de generador que derive de las variables antes citadas lo justifique, se formularán los planes de manejo que correspondan y se gestionaran ante las autoridades competentes para su posterior ejecución. A reserva de ampliar el detalle de la siguiente explicación en el apartado correspondiente al artículo 2, fracción III del Reglamento de la LGPGIR, el promovente estima que en el caso de generación de residuos peligrosos alcanzará la categoría de micro-generador, según se detalla en el Capítulo II de esta MIA-R.
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.*	El manejo de residuos se realizará conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, la NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993.
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.*	Dadas las medidas de seguridad que serán adoptadas por la promovente, no se prevé la existencia de derrames de hidrocarburos sobre suelo natural. Sin embargo, en caso de ocurrir, se realizará el procedimiento de limpieza establecido en el artículo 129 del RLGPGIR. Durante la ejecución del proyecto tanto la promovente como el tercero autorizado para su manejo, realizarán el manejo de los residuos peligrosos de manera segura y ambientalmente adecuada considerando los términos previstos en la normatividad aplicable.
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*	El proyecto dispondrá de sus residuos peligrosos por medio de la contratación de empresas prestadoras de servicios para la recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos, para lo cual se deberá de contar con la total certeza de que dichas empresas cuenten con las autorizaciones respectivas por las autoridades competentes.

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.*	
Artículo 44.- Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: **I.** Grandes generadores; **II.** Pequeños generadores, y Microgeneradores.	La promovente asegura que, derivado del alcance de esta disposición y de las relacionadas en los lineamientos reglamentarios, definirá su categoría como generador de residuos peligrosos y se ajustará a las disposiciones que al respecto establece esta LGPGIR. Con ello evidencia y asegura la vinculación con el precepto en análisis.
Artículo 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.*	La identificación, clasificación y manejo de residuos se hará conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento y las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993.
Artículo 48.- Las personas consideradas como microgeneradores 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 microgeneradores 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 su momento y, previo al inicio de la etapa de preparación del sitio y construcción, la promovente gestionará, por si o por conducto de un tercero vinculado a ella, el registro que se cita en este precepto, ajustando en todo momento el manejo de los residuos a lo que se establezca en el plan de manejo que apruebe la autoridad competente. Con lo expuesto evidencia y asegura la vinculación con el precepto en análisis.
Artículo 50.- Se requiere autorización de la Secretaría para: **I.** *La prestación de servicios de manejo de residuos* peligrosos; *…* ***V.*** *El transporte de residuos peligrosos.*	Para ajustar la operación del proyecto en cuanto al manejo de los residuos peligrosos que pudieran generarse durante las diversas etapas de su desarrollo y, particularmente en la fase de preparación del sitio y construcción, la promovente ajustara su gestión a lo dispuesto en la LGPGIR, por cuando a la prestación de los servicios de manejo de los residuos peligrosos que se generen como parte de las obras y actividades del proyecto así como en su transporte a los sitios de confinamiento final. En todo caso la promovente se asegurará que la(s) empresa(s) que se contrate(n) para los ofrecer los servicios de manejo y transporte de los residuos peligrosos, dispongan de la autorización vigente de la SEMARNAT e informará de ello, regularmente a la autoridad en los informes de cumplimiento de términos y de condicionantes que someta a su

	consideración. Con lo expuesto evidencia y asegura la vinculación con el precepto en análisis.
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.*	La identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diferentes obras sujetas a evaluación se llevarán acorde a la normatividad aplicable y atendiendo a dicho artículo.
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 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.*	La promovente asegurará que el almacenamiento de residuos peligrosos que se haga dentro de las instalaciones del proyecto, derivado de la colecta cotidiana de los mismos como resultado de las actividades que los generen, se ajustará a lo dispuesto en este precepto, por lo expuesto exigirá a las contratistas el cumplimiento contractual de esta disposición, particularmente en lo relativo al diseño y operación de su almacén de confinamiento temporal y vigilará por conducto de un supervisor ambiental que no se rebase el lapso máximo de seis meses señalado, lo cual quedará documentado en las hojas de bitácora que se anexarán a los ICTyC que regularmente se presenten a la autoridad. Con lo expuesto anteriormente, la promovente evidencia y asegura la vinculación con el precepto en análisis.
Artículo 65.- Las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos deberán contar con las características necesarias para prevenir y reducir la posible migración de los residuos fuera de las celdas, de conformidad con lo que establezca el Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables. *La distancia mínima de las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos, con respecto de los centros de población iguales o mayores a mil habitantes, de acuerdo al último censo de población, deberá ser no menor a cinco kilómetros y al establecerse su ubicación se requerirá tomar en consideración el ordenamiento ecológico del territorio y los planes de desarrollo urbanos aplicables.*	Al interior del proyecto habrá de instalarse un almacén para el confinamiento temporal de los residuos peligrosos; su diseño se ajustará las medidas que define este precepto. Con lo expuesto anteriormente, la promovente evidencia y asegura la vinculación con el precepto en análisis.
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.	La promovente ceñirá su gestión en materia de residuos de manejo especial y de residuos sólidos urbanos a los alcances de la disposición de este artículo; en tal sentido ajustará su actuación a lo que dispongan sobre este particular las disposiciones jurídicas que establezca el Código para la Biodiversidad del Estado de México y, de existir las Normativas administrativas estatal (lineamientos, normas técnicas, etc.) y, el Reglamento municipal de residuos sólidos urbanos
Artículo 96.- Las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, con el propósito de promover la reducción de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, a fin de proteger la salud y prevenir y controlar la contaminación ambiental producida por su manejo, deberán llevar a cabo las siguientes acciones:	La promovente ceñirá su gestión en materia de residuos de manejo especial y de residuos sólidos urbanos a los alcances de la disposición de este artículo; en tal sentido ajustará su actuación a lo que dispongan sobre este particular el Código para la Biodiversidad del Estado de México y, de existir las Normativas administrativas estatal (lineamientos, normas técnicas, etc.) y, el Reglamento municipal de residuos sólidos urbanos

I. *El control y vigilancia del manejo integral de residuos en el ámbito de su competencia;* ***II.*** *…* ***VI.*** *Elaborar, actualizar y difundir el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial;* ***VIII.*** *Establecer programas para mejorar el desempeño ambiental de las cadenas productivas que intervienen en la segregación, acopio y preparación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para su reciclaje;* *Desarrollar guías y lineamientos para la segregación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos;*	
Artículo 98.- Para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos de manejo especial, las entidades federativas establecerán las obligaciones de los generadores, distinguiendo grandes y pequeños, y las de los prestadores de servicios de residuos de manejo especial, y formularán los criterios y lineamientos para su manejo integral.	La promovente manifiesta su convicción de ajustar su actuación en materia de la gestión integral de los residuos de manejo especial a las disposiciones que establezcan al respecto los lineamientos jurídicos y administrativos de los instrumentos jurídicos, normativos y regulatorios expedidos por el Gobierno del Estado de México. Con lo expuesto anteriormente, la promovente evidencia y asegura la vinculación del proyecto con el precepto en análisis y, más adelante al abordar la vinculación con los instrumentos jurídicos estatales, se ofrecerán las evidencias de vinculación con esos instrumentos.
Artículo 99.- Los municipios, de conformidad con las leyes estatales, llevarán a cabo las acciones necesarias para la prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, considerando: *I. Las obligaciones a las que se sujetarán los generadores de residuos sólidos urbanos;* *II. Los requisitos para la prestación de los servicios para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, y* *III. Los ingresos que deberán obtener por brindar el servicio de su manejo integral.*	La promovente ajustará su actuación en materia de la gestión integral de los residuos de sólidos urbanos a las disposiciones que establezcan al respecto las autoridades del Municipio de Hueypoxtla, Estado de México o, en su defecto del Gobierno de dicha entidad federativa. Con lo expuesto anteriormente, la promovente evidencia y asegura la vinculación del proyecto con el precepto en análisis y, más adelante al abordar la vinculación con los instrumentos jurídicos estatales, se ofrecerán las evidencias de vinculación con esos instrumentos.
LEY DEL SECTOR ELÉCTRICO	
Artículo 4º *IV Cumplir con las disposiciones de impacto social y desarrollo sostenible establecidas en el Capítulo II del Título Octavo de esta Ley*; *Manifestación de impacto social* *Manifestación de Impacto Social del Sector Energético: Documento que, con base en estudios, describe el impacto social significativo y potencial de una obra o actividad en una comunidad, analizando efectos positivos y negativos, y proponiendo estrategias para maximizar beneficios, mitigar afectaciones y garantizar la Sostenibilidad social con enfoque participativo, de género y respeto a los derechos humanos;* *Título Octavo* **Capítulo II**	Toda vez que la Evaluación del Impacto Ambiental es un procedimiento previo a cualquier otra acción que conduzca al establecimiento del proyecto, la promovente iniciará las gestiones que dispone el presente artículo en materia de Impacto Social, una vez que se obtenga la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental.

Del Impacto Social y Desarrollo Sostenible *Artículo 133.- Los Proyectos de Infraestructura de los sectores público y privado en el sector eléctrico deben atender los principios de Sostenibilidad y respeto de los derechos humanos y los recursos naturales de los pueblos y las comunidades indígenas y afromexicanas y todas aquellas asentadas en las regiones en donde se pretendan desarrollar dichos proyectos.*	
***Artículo 134.-** La Secretaría debe informar a los interesados en la ejecución de Proyectos de Infraestructura del sector eléctrico sobre la presencia de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en las áreas en que se llevan a cabo las actividades para la ejecución de los proyectos, con el fin de que se implementen las acciones necesarias para salvaguardar sus derechos.*	En estricto cumplimiento al alcance de este precepto, el promovente realizará la consulta correspondiente a la Secretaría para ratificar la presencia o ausencia de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en las áreas en que se pretenden llevar a cabo las obras y actividades para la ejecución del proyecto y, en su caso, con el objeto de que se implementen las acciones necesarias para salvaguardar sus derechos.
Artículo 136. Manifestación de Impacto Social del Sector Energético *Este artículo dispone, en esencia, que:* *La Empresa Pública del Estado (CFE) y los particulares interesados en desarrollar proyectos del sector eléctrico sujetos a autorización o permiso deberán presentar para autorización de la Secretaría de Energía (SENER) una Manifestación de Impacto Social del Sector Energético (MISSE).* *La manifestación debe contener, entre otros aspectos:* ○ *Identificación y caracterización del área de influencia.* ○ *Identificación de comunidades potencialmente afectadas.* ○ *Predicción y valoración de impactos sociales positivos y negativos.* ○ *Medidas de prevención, mitigación y compensación.* ○ *Plan de Gestión Social.* ○ *Los demás elementos que establezcan las disposiciones administrativas emitidas por la SENER.*	De manera paralela al desarrollo de esta MIAR misma que se gestiona para obtener la autorización del proyecto en materia de Impacto Ambiental, se inició la elaboración de la MANIFESTACIÓN DE IMPACTO SOCIAL, con los trabajos en campo; al respecto el promovente establece el compromiso de desarrollar le gestión de dicha MISSE ante la autoridad competente.

INSTRUMENTOS JURÍDICOS DE COMPETENCIA ESTATAL.

Código para la biodiversidad del Estado de México (CBiodEM)

El sistema jurídico ambiental del Estado de México se configura como un esquema jerárquico, integrado y transversal, cuyo fundamento se encuentra en el marco constitucional federal y local, y cuya operación se articula mediante un conjunto de disposiciones legales, reglamentarias e instrumentos de política ambiental.

En el nivel superior, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce el derecho humano a un medio ambiente sano (artículo 4º), así como la facultad del Estado para regular el aprovechamiento de los recursos naturales y conducir el desarrollo nacional bajo criterios de sustentabilidad (artículos 25, 27 y 73). En congruencia, la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México establece las bases para la protección ambiental en el ámbito estatal, facultando a las autoridades locales para prevenir el deterioro ambiental, regular el uso del territorio y preservar los recursos naturales.

Sobre este fundamento operan las leyes generales de carácter federal, las cuales son obligatorias para las entidades federativas y establecen la distribución de competencias, los principios rectores y los estándares mínimos en materia ambiental. Entre las principales destacan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC).

Centralidad del CBiodEM: en el ámbito estatal, la regulación ambiental presenta una característica distintiva: su codificación en un solo instrumento normativo, el CBiodEM el cual constituye el eje estructural del sistema jurídico ambiental de la entidad.

A diferencia de otros marcos normativos en los que la legislación ambiental se encuentra dispersa en múltiples ordenamientos, el Estado de México adoptó un modelo de integración normativa, mediante el cual se concentran en un solo cuerpo jurídico las disposiciones relativas a:

- Evaluación de impacto ambiental,
- Ordenamiento ecológico del territorio,
- Conservación de la biodiversidad,
- Áreas naturales protegidas,
- Prevención y control de la contaminación,
- y, gestión de residuos de manejo especial.

Origen y función del Código: el CBiodEM surge como respuesta a la necesidad de superar la fragmentación normativa y establecer un sistema coherente que permita:

- La armonización de criterios ambientales,
- La coordinación institucional, y
- La aplicación uniforme de la política ambiental estatal.

Su trascendencia radica en que no solo compila disposiciones, sino que estructura operativamente la política ambiental, al establecer procedimientos administrativos, definir competencias y fijar obligaciones directas para los promoventes de proyectos.

En este sentido, el CBiodEM no constituye únicamente un marco declarativo, sino el instrumento a partir del cual se materializa la regulación ambiental en el Estado de México.

Estructura normativa del CBiodEM: el Código se organiza en diversos libros temáticos, que integran los principales componentes del sistema ambiental estatal.

Instrumentos complementarios del sistema: el sistema jurídico ambiental estatal se complementa con instrumentos de política ambiental, los cuales, aunque no constituyen leyes en sentido formal, poseen carácter vinculante en procesos de evaluación ambiental. Entre ellos destacan:

- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM)
- Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU)
- Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACCEM)

Estos instrumentos orientan el uso del suelo, definen criterios de regulación ecológica y establecen lineamientos para la mitigación y adaptación al cambio climático, por lo que su congruencia resulta indispensable para la viabilidad ambiental de los proyectos.

Integración del sistema y aplicación al proyecto: el sistema jurídico ambiental del Estado de México no opera de manera aislada por niveles normativos, sino como un sistema integrado, en el que el Código para la Biodiversidad articula:

- Las disposiciones de las leyes generales federales,
- Los instrumentos de política ambiental,
- Los reglamentos y normas técnicas,
- y, los actos administrativos emitidos por la autoridad competente.

En este contexto, la evaluación ambiental del Proyecto debe demostrar:

- El cumplimiento de las disposiciones legales aplicables,
- La congruencia con los instrumentos de ordenamiento ecológico y urbano,
- La coherencia con la política climática estatal y nacional,
- y, la viabilidad ambiental del proyecto en términos operativos y territoriales.

Conclusión: el sistema jurídico ambiental del Estado de México se caracteriza por su estructura codificada, integradora y operativa, en la que el CBiodEM constituye el instrumento rector que articula la regulación ambiental estatal.

En consecuencia, el cumplimiento normativo del proyecto no se limita a la observancia de disposiciones aisladas, sino que requiere su integración efectiva al sistema jurídico en su conjunto, garantizando su compatibilidad con los principios, instrumentos y objetivos de la política ambiental del Estado.

Tabla III. 1 Vinculación del proyecto con las disposiciones del CBiodEM

Componente	Disposición del CBEM (síntesis)	Carácter vinculante	Riesgo si no se cumple	Forma de cumplimiento del proyecto
Ordenamiento ecológico	El uso del suelo y las actividades deberán ajustarse a los criterios del ordenamiento ecológico vigente	Obligatorio	Incompatibilidad territorial / rechazo	Acreditar congruencia con POETEM y UGA aplicable; matriz de congruencia
Protección de suelo y recursos naturales	Prevención de erosión, degradación y pérdida de suelo	Obligatorio	Impacto acumulativo / requerimientos	Diseño de drenaje, control de escorrentías, revegetación y manejo de taludes
Conservación de biodiversidad	Evitar afectación significativa a flora y fauna	Obligatorio	Condicionantes adicionales	Programa de rescate de flora/fauna y medidas de manejo de hábitat
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Prohibición de afectar ANP y zonas de influencia	Obligatorio	Restricción o inviabilidad	Demostrar no intersección y análisis de distancia e influencia indirecta
Prevención y control de la contaminación	Evitar emisiones, descargas o contaminantes que afecten el ambiente	Obligatorio	Sanciones administrativas	Control de polvo, ruido, residuos, manejo de aceites y combustibles
Gestión de residuos de manejo especial	Generadores deben manejar adecuadamente RME	Obligatorio	Multas / clausura	Programa de manejo de residuos, contratos con empresas autorizadas
Responsabilidad ambiental	El promovente es responsable por daños ambientales	Obligatorio	Procedimientos administrativos	Implementación de medidas preventivas y correctivas
Uso sustentable de recursos naturales	Aprovechamiento racional de recursos	Obligatorio	Observaciones en evaluación	Optimización de uso de agua, energía y materiales
Protección del agua (ámbito estatal complementario)	Evitar alteración de escurrimientos y cuerpos de agua	Obligatorio	Impactos hidrológicos	Diseño hidráulico, respeto a escurrimientos intermitentes
Riesgo ambiental y medidas de seguridad	Implementar medidas preventivas ante contingencias	Obligatorio	Clausura o suspensión	Plan de contingencias (derrames, incendios, BESS, etc.)
Participación social	Garantizar acceso a información ambiental	Obligatorio (cuando aplica)	Requerimientos adicionales	Transparencia en el proceso de evaluación
Inspección y vigilancia (PROPAEM)	Cumplimiento verificable en campo	Obligatorio	Sanciones	Bitácoras, registros, evidencias documentales

A. Disposiciones del CBiodEM en materia de Residuos de manejo especial (RME's)

En términos del Código para la Biodiversidad del Estado de México, el proyecto Parque Fotovoltaico Tepetate Solar se configura como generador de Residuos de Manejo Especial, por lo que se encuentra sujeto a las disposiciones establecidas en el Libro Quinto del citado ordenamiento, relativas al manejo integral de dichos residuos.

De dichas disposiciones se desprende que el promovente deberá:

1. Identificar y clasificar los residuos generados durante las etapas de preparación, construcción, operación y abandono;
2. Elaborar e implementar un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial, sometido a validación de la autoridad estatal;
3. Garantizar el manejo integral de los residuos, desde su generación hasta su disposición final;
4. Priorizar su valorización, reciclaje o reutilización, sobre su disposición final;
5. Contratar prestadores de servicios autorizados para transporte y disposición;
6. Mantener registros y evidencia documental que acrediten su manejo adecuado;
7. Evitar cualquier forma de disposición inadecuada que contravenga la normativa aplicable.

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

Marco de cumplimiento en materia de Residuos de Manejo Especial: en cumplimiento de lo establecido en el **CBiodEM**, particularmente en su **Libro Cuarto relativo a la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**, el presente proyecto se reconoce como **generador de Residuos de Manejo Especial (RME)**, derivados principalmente de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y eventual desmantelamiento del Parque Fotovoltaico.

Dicho ordenamiento establece obligaciones específicas para los generadores, orientadas a garantizar el **manejo integral de los residuos**, desde su generación hasta su disposición final, bajo principios de prevención, valorización, trazabilidad y responsabilidad extendida del generador. En este sentido, el cumplimiento normativo no se limita a la disposición adecuada de los residuos, sino que implica la implementación de un sistema estructurado que asegure su correcta **identificación, separación, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y disposición final**, mediante prestadores de servicio autorizados.

Con base en lo anterior, se presenta la siguiente **matriz de cumplimiento**, en la cual se identifican las disposiciones aplicables del Código, su alcance vinculante para el proyecto y las acciones específicas que deberán implementarse para dar cumplimiento a cada una de ellas.

Matriz de cumplimiento en cuanto al manejo de los RME's

Disposición aplicable	Alcance vinculante para el proyecto	Residuos asociados al proyecto	Acción para satisfacer el alcance	Evidencia de cumplimiento
Art. 4.26	Los RME son los definidos y subclasificados por la Ley General, e incluyen residuos de procesos industriales y de servicios que no sean RSU ni peligrosos.	Empaques, cartón, madera, flejes, tarimas, escombros, material de excavación, cableado no peligroso, chatarra metálica, vidrio, módulos dañados no peligrosos.	Clasificar desde origen los residuos del proyecto como RME, RSU o peligrosos, evitando mezclar categorías.	Inventario inicial de residuos, catálogo interno de clasificación y bitácora por etapa.
Art. 4.27	El manejo debe atender características físicas, químicas o biológicas del residuo, considerando riesgos como combustibilidad, solubilidad, persistencia, bioacumulación o efectos adversos.	Módulos fotovoltaicos dañados, cableado, empaques plásticos, residuos de obra, metales.	Caracterizar cada flujo de RME y separar cualquier residuo que por composición pueda requerir manejo diferenciado o incluso reclasificación como peligroso.	Fichas técnicas, hojas de seguridad, dictamen de clasificación cuando aplique.
Art. 4.29 y 4.30	La autoridad puede promover planes de manejo para devolución, acopio, aprovechamiento, tratamiento, eliminación o disposición; también pueden establecerse para RME según necesidades del generador.	RME de construcción, embalajes, metales, residuos eléctricos no peligrosos, módulos fuera de especificación.	Elaborar e instrumentar un **Plan de Manejo de RME** específico del proyecto, privilegiando devolución a proveedor, reciclaje, aprovechamiento y disposición final autorizada.	Plan de Manejo, convenios con recicladores/proveedores, contratos con gestores autorizados.
Art. 4.31	Son responsables de formular y ejecutar planes de manejo los grandes generadores y quienes produzcan, importen, distribuyan o comercialicen productos que al desecharse sean residuos sujetos a plan.	Volúmenes relevantes durante preparación y construcción; eventual sustitución de módulos o equipos durante operación.	Definir al promovente y contratistas como responsables operativos; incluir cláusulas de responsabilidad en contratos EPC, O&M y proveedores.	Contratos con obligaciones ambientales, organigrama de responsables y reportes de cumplimiento.
Art. 4.32	Los planes deben presentarse a la Secretaría o autoridad municipal competente; la autoridad tiene 30 días para observaciones; no pueden prever manejo contrario a la normatividad ni operar con empresas no registradas.	Todos los RME sujetos al plan.	Someter el Plan de Manejo a registro/validación ante autoridad competente; usar únicamente empresas registradas/autorizadas.	Acuse de presentación, registro, observaciones atendidas, padrón de prestadores autorizados.

Art. 4.43	El generador mantiene propiedad y responsabilidad del residuo durante todo su ciclo de vida; aun al transferirlo, debe asegurarse de que el gestor no lo maneje ilegalmente, mediante contratos y comprobantes de destino final.	Todos los RME generados por obra, operación y mantenimiento.	Implementar trazabilidad completa: generación, almacenamiento, recolección, transporte, reciclaje, tratamiento y disposición final.	Manifiestos, tickets de báscula, facturas, comprobantes de recepción y disposición final.
Art. 4.44	Todo generador debe participar en programas de reducción, separar residuos, cumplir normas técnicas y almacenar conforme a NOM u ordenamientos estatales.	RSU y RME separados en obra y operación.	Colocar estaciones de separación, contenedores diferenciados, señalética, capacitación y almacenamiento temporal seguro.	Bitácoras, fotografías georreferenciadas, listas de asistencia a capacitación, inspecciones internas.
Art. 4.45	Prohíbe abandonar residuos, quemarlos, crear depósitos clandestinos, depositarlos en sitios no autorizados, mezclarlos con líquidos o con residuos peligrosos.	Escombros, embalajes, plásticos, chatarra, residuos eléctricos, residuos con posible impregnación.	Prohibir quema, abandono, mezcla y disposición informal; establecer supervisión ambiental diaria durante construcción.	Procedimiento de manejo, actas de inspección, reportes de no conformidad y evidencia de corrección.
Art. 4.46	Los generadores de RSU y RME deben obtener autorizaciones, registrarse, establecer planes de manejo para grandes volúmenes, llevar bitácora anual y ocuparse del acopio, almacenamiento, transporte, reciclaje, tratamiento o disposición final mediante servicios registrados.	RME en grandes volúmenes durante construcción y RME periódicos durante O&M.	Registrarse como generador cuando proceda; llevar bitácora; contratar servicios registrados; pagar costos de manejo.	Registro, bitácora, contratos, comprobantes de transporte y disposición.
Art. 4.50	Propietarios, responsables de obra y contratistas son responsables solidarios por diseminación de materiales, escombros y RME; los frentes de obra deben mantenerse limpios y los escombros transportarse en contenedores adecuados.	Escombros, tierra sobrante, restos de cimentación, material de empaque, residuos de obra civil.	Mantener frentes de obra limpios; usar contenedores cerrados o cubiertos; prohibir acumulación en vía pública.	Programa de orden y limpieza, registros fotográficos, bitácoras de retiro, checklist de supervisión.
Art. 4.61 y 4.65	Los generadores deben separar residuos desde la fuente; los RME deben separarse conforme a criterios de clasificación y contratar servicio de recolección y manejo por cuenta propia con aprobación de autoridad competente.	Todos los RME generados en patios de acopio, frentes de obra, almacenes y operación.	Separación en fuente por tipo: madera, cartón, plástico, metal, vidrio, cables, escombro, equipos eléctricos no peligrosos.	Croquis de estaciones, contenedores rotulados, bitácora de entradas/salidas, contratos con recolectores.
Art. 4.70	Para grandes generadores, la recolección puede realizarse por servicios públicos o privados mediante contrato y pago conforme a volumen, características y distancia.	RME de construcción y operación.	Formalizar contratos con prestadores públicos o privados autorizados, con alcance, frecuencia, tipo de residuo y destino.	Contrato, calendario de recolección, comprobantes de pago, manifiestos o constancias de recepción.
Arts. 4.104 a 4.110	El incumplimiento puede generar sanciones, multas, clausura y medidas correctivas.	Cualquier flujo de residuo mal manejado.	Implementar auditorías internas y medidas correctivas inmediatas.	Reportes de auditoría, acciones correctivas, evidencia de cierre de hallazgos.

Arts. 4.111 a 4.114	Existe responsabilidad por daños derivados del manejo de residuos; la exención exige acreditar medidas de prevención.	Todo residuo que pueda causar daño ambiental o sanitario.	Documentar prevención, control, destino autorizado y supervisión de contratistas.	Expediente de trazabilidad, reportes ambientales, pólizas/garantías cuando proceda.

En complemento a lo establecido en la matriz de cumplimiento anterior, en los apéndices del Capítulo IV de esta MIAR se presentan los lineamientos del Programa de Manejo de Residuos de Manejo Especial, el cual formará del Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR) del proyecto.

Dicho programa constituye el instrumento operativo mediante el cual se implementan las medidas, procedimientos y controles necesarios para garantizar el manejo adecuado de los residuos generados durante las distintas etapas del proyecto, asegurando su apego a las disposiciones del Código para la Biodiversidad del Estado de México y demás normativa aplicable en la materia. Asimismo, establece los mecanismos de prevención, separación, almacenamiento, recolección, valorización y disposición final de los residuos de manejo especial, así como los sistemas de registro y seguimiento que permiten acreditar su cumplimiento.

B) Disposiciones del CbiodEM en materia de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

En el marco del Código para la Biodiversidad del Estado de México, particularmente en su Libro Cuarto: Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el proyecto se identifica como generador de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), derivados principalmente de las actividades cotidianas del personal durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Cabe destacar que la mayor generación de RSU se concentrará en las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a la presencia simultánea de más de un centenar de trabajadores en el Área de Estudio del Proyecto (AeP), lo que incrementa la producción de residuos como restos de alimentos, envases, plásticos, papel y otros desechos de tipo doméstico.

El Código establece obligaciones específicas para los generadores de RSU, orientadas a garantizar su separación, manejo adecuado, recolección y disposición final mediante sistemas autorizados, bajo principios de prevención, control sanitario y protección ambiental. Con base en lo anterior, se presenta la siguiente matriz de cumplimiento, en la cual se identifican las disposiciones aplicables, su alcance y las acciones mediante las cuales el proyecto dará cumplimiento a las mismas.

Matriz de cumplimiento manejo de RSU

Artículo / disposición	Alcance normativo	Aplicación al proyecto	¿Cómo se dará cumplimiento?	Evidencia
Art. 4.44	Obligación de separar residuos y participar en programas de reducción	Generación de RSU por personal en obra y operación	Implementación de estaciones de separación en sitio (orgánicos/inorgánicos)	Bitácoras, fotografías, registros
Art. 4.45	Prohibición de abandono, quema o disposición inadecuada	Riesgo de acumulación o manejo inadecuado en frentes de obra	Supervisión ambiental diaria y procedimientos internos	Reportes de inspección
Art. 4.46	Obligación de manejo integral, registro y disposición adecuada	Generación continua de RSU durante construcción	Contratación de servicio de recolección autorizado y bitácora de residuos	Contratos, comprobantes de recolección
Art. 4.50	Responsabilidad en obra sobre manejo de residuos y limpieza	Generación de RSU en frentes de trabajo	Programa de orden y limpieza permanente	Bitácoras y evidencia fotográfica
Art. 4.61	Separación obligatoria desde la fuente	RSU generados por trabajadores	Colocación de contenedores diferenciados y señalizados	Registros y supervisión
Art. 4.65	Manejo conforme a clasificación y disposición autorizada	RSU generados en campamentos y áreas operativas	Recolección periódica y disposición en sitio autorizado	Comprobantes de disposición
Art. 4.70	Recolección mediante servicios públicos o privados autorizados	Necesidad de retiro periódico de RSU	Contrato con prestador autorizado o servicio municipal	Contratos y recibos
Art. 4.104–4.110	Sanciones por incumplimiento	Riesgo de sanción por manejo inadecuado	Cumplimiento integral y auditorías internas	Reportes de cumplimiento

Art. 4.111–4.114	Responsabilidad por daño ambiental	Posible afectación por manejo inadecuado	Implementación de medidas preventivas	Registros ambientales

Síntesis y alcance del cumplimiento

El análisis de las disposiciones del Código para la Biodiversidad del Estado de México en materia de Residuos Sólidos Urbanos permite establecer que el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar deberá implementar un esquema de manejo basado en la separación en la fuente, recolección sistemática, disposición mediante prestadores autorizados y control documental del proceso.

La matriz anterior demuestra que el cumplimiento normativo se sustenta en la implementación de medidas operativas concretas, tales como:

- instalación de infraestructura para la separación de residuos,
- establecimiento de programas de orden y limpieza,
- contratación de servicios de recolección autorizados,
- y mantenimiento de registros que acrediten su correcta gestión.

Es importante reiterar que la etapa de mayor generación de RSU será la de preparación del sitio y construcción, debido a la concentración de personal en el AeP, por lo que las medidas de control deberán reforzarse en esta fase mediante supervisión continua y logística adecuada de recolección.

En este sentido, el proyecto no sólo cumple con las disposiciones aplicables, sino que incorpora un enfoque preventivo que permite minimizar riesgos sanitarios, evitar impactos ambientales y asegurar la adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos, en congruencia con los principios de sustentabilidad y responsabilidad ambiental.

C) Disposiciones del CbiodEM en materia de Protección Civil.

El Código para la Biodiversidad del Estado de México no es una ley de protección civil**,** pero sí contiene disposiciones vinculantes en materia de riesgo ambiental, prevención de contingencias, sustancias y responsabilidad por daños**,** que en la práctica funcionan como puente normativo con Protección Civil**.**

En el marco del Código para la Biodiversidad del Estado de México, el proyecto se encuentra sujeto a diversas disposiciones relacionadas con la prevención de riesgos ambientales, el manejo seguro de materiales, la responsabilidad por daños y la implementación de medidas de seguridad, las cuales guardan una estrecha relación con los principios y obligaciones en materia de Protección Civil.

Si bien el citado ordenamiento no regula de manera directa el sistema estatal de protección civil, sí establece obligaciones vinculantes para los promoventes de proyectos que implican infraestructura, particularmente en lo relativo a:

- Prevención de riesgos ambientales,
- Control de contingencias,
- Manejo seguro de materiales y residuos,
- y, responsabilidad por daños al ambiente o a terceros.

En este sentido, el cumplimiento de dichas disposiciones, detallado en la matriz que se desarrolla a continuación, constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad operativa del proyecto, así como su compatibilidad con los instrumentos de gestión del riesgo.

Cumplimiento de las disposiciones del CbiodEM en materia de protección civil

Disposición	Alcance normativo	Riesgo asociado al proyecto	¿Qué debe hacerse?	Evidencia
Art. 4.27	Clasificación de residuos considerando características de riesgo (combustibilidad, toxicidad, persistencia)	Manejo inadecuado de residuos eléctricos, materiales inflamables o reactivos	Identificar residuos con potencial de riesgo y manejarlos conforme a sus características	Fichas técnicas, clasificación de residuos
Art. 4.43	Responsabilidad del generador durante todo el ciclo de vida del residuo	Riesgo de disposición inadecuada que genere contingencias ambientales	Garantizar trazabilidad y control del manejo de residuos	Manifiestos, contratos con gestores
Art. 4.44	Separación y manejo adecuado de residuos conforme a normas técnicas	Riesgos por mezcla de residuos incompatibles	Implementar sistema de segregación en sitio	Bitácoras, fotografías

Art. 4.45	Prohibición de quema, abandono o disposición ilegal de residuos	Incendios, contaminación, afectaciones a terceros	Establecer controles estrictos y supervisión	Procedimientos internos
Art. 4.50	Responsabilidad solidaria por manejo de materiales y escombros en obra	Accidentes, obstrucciones, dispersión de materiales	Mantener orden y limpieza en frentes de obra	Bitácoras de obra
Art. 4.61–4.65	Separación obligatoria y control en recolección de residuos	Riesgos sanitarios y ambientales	Contratar servicios autorizados y controlar acopio	Contratos, registros
Art. 4.70	Manejo de residuos por prestadores autorizados	Riesgo en transporte y disposición	Formalizar servicios de recolección y disposición	Documentación contractual
Arts. 4.104–4.110	Régimen de sanciones por incumplimiento	Multas, clausura, responsabilidad administrativa	Cumplimiento integral y auditorías internas	Reportes de cumplimiento
Arts. 4.111–4.114	Responsabilidad por daño ambiental	Riesgos derivados de fallas operativas o contingencias	Implementar medidas preventivas y correctivas	Programas de prevención

Del análisis del Código para la Biodiversidad del Estado de México se desprende que el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar se encuentra sujeto a un conjunto de disposiciones orientadas a la prevención de riesgos ambientales y a la protección de la seguridad de las personas y del entorno, las cuales, si bien no constituyen una regulación directa en materia de protección civil, sí establecen obligaciones sustantivas que inciden en la gestión del riesgo.

En este sentido, el cumplimiento de dichas disposiciones exige la implementación de medidas de control, prevención y monitoreo que permitan:

- Evitar la generación de condiciones de riesgo,
- Garantizar el manejo seguro de materiales y residuos,
- Prevenir afectaciones al ambiente y a terceros.

Por lo tanto, el proyecto resulta compatible con este marco normativo, siempre que se integren de manera efectiva mecanismos de gestión del riesgo, los cuales deberán articularse con los instrumentos de protección civil aplicables, asegurando así una operación segura y ambientalmente responsable.

En cumplimiento de las disposiciones aplicables en materia de prevención de riesgos, seguridad operativa y protección al ambiente, y en concordancia con lo establecido en el Código para la Biodiversidad del Estado de México, así como con los principios de la Ley General de Protección Civil, el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Tepetate Solar incorpora un Programa Interno de Protección Civil (PIPC) como parte integral de su Plan de Vigilancia Ambiental (PVA).

El PIPC constituye el instrumento técnico-operativo mediante el cual se establecen las acciones, procedimientos y mecanismos orientados a identificar, prevenir, mitigar y responder ante situaciones de emergencia o contingencia, tanto de origen natural como antrópico, que pudieran presentarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y, en su caso, desmantelamiento del proyecto.

LOCALIDADES CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN O ACTIVIDAD DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LO INDICADO EN LOS ANEXOS POR SECTOR(2/)

(2/): Consultar la última actualización publicada por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas, del Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.
-Presentar en anexo, los documentos de los resultados y acuerdos de la consulta a la comunidad indígena, en los casos aplicables.

Estado: Estado de México
Municipio: Hueypoxtla

Localidad	Población total (2020) (Número)	Habitantes de lengua indígena (1/) (Nº)	Proporción en relación al total (%)
Santa María Ajoloapan	10,563	≈30	0.28

Tlapanaloya (Mpio. De Equixquiac).	7,479	≈14	0.19
San Marcos Jilotzingo / Xilotzingo	9,808	Sin referencias	-
Hueypoxtla	4,767	Sin referencias	-
Apaxco de Ocampo (Mpio de Apaxco)	15,171	≈41	0.27

Con la evidencia disponible, ninguna de las cinco localidades aparece verificablemente como comunidad indígena registrada en el Catálogo Nacional del INPI (INPI, 2026)[7], ; sí registran población hablante de lengua indígena en el Censo 2020/ITER de (INEGI, 2020)[8]. Hay presencia estadística baja de hablantes de lengua indígena, pero no se confirmó registro de estas localidades como comunidades indígenas en el Catálogo Nacional del INPI.

Acotaciones:
(2/): La variable censal correcta es **"Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena"**; INEGI la incluye dentro del bloque de **Etnicidad** de ITER 2020. Para los tres casos con cifra, el número se calculó a partir de la proporción publicada y la población total, por lo que debe tratarse como **aproximación** hasta descargar/consultar directamente el CSV oficial de ITER. INEGI confirma que ITER 2020 contiene población total y variables de etnicidad por localidad (INEGI). PueblosAmerica reporta los porcentajes y población total usando datos procesados de INEGI para Santa María Ajoloapan, Tlapanaloya y Apaxco de Ocampo (mexico.PueblosAmerica.com. 2026)[9].

Riesgos por fenómenos hidrometeorológicos, geológicos y antropogénicos.

El Atlas Municipal de Riesgos de Hueypoxtla 2022 clasifica los agentes perturbadores en dos grandes grupos: los de origen natural —geológicos e hidrometeorológicos— y los de origen antrópico —químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos—. El riesgo se entiende como la posibilidad de que un fenómeno cause daños o pérdidas al interactuar con la exposición y vulnerabilidad de la población, sus bienes, la infraestructura y el entorno. Por tanto, la sola presencia de un peligro no implica necesariamente un riesgo alto: éste aumenta cuando existen personas, construcciones, servicios o actividades vulnerables dentro de la zona susceptible de afectación (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022)[10].

Debe advertirse que el Atlas no presenta para todos los fenómenos una probabilidad numérica o un periodo de retorno. En varios casos, la incidencia se determina cualitativamente a partir de antecedentes municipales, inventarios de instalaciones, registros climatológicos y cartografía de susceptibilidad. Por ello, en el presente resumen se distingue entre: a) la frecuencia o estadística expresamente documentada; b) la probabilidad cualitativa inferida por el propio Atlas; y c) los fenómenos reconocidos en la clasificación general, pero sin ocurrencias municipales registradas.

Fenómenos geológicos: los fenómenos geológicos son aquellos relacionados con la dinámica interna de la Tierra, los movimientos y deformaciones de la corteza y la transformación del relieve. Incluyen sismos, actividad volcánica, inestabilidad y deslizamiento de laderas, caídos o derrumbes, flujos de lodo, hundimientos, subsidencia, fallas, fracturas y agrietamientos (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit*.).

Sismicidad: Un sismo es la liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre, que se propaga mediante ondas sísmicas y produce vibraciones o movimientos del terreno. El Atlas señala que Hueypoxtla se encuentra alejado de las principales zonas de subducción del país, por lo que los sismos de gran magnitud originados en la costa generalmente se perciben con menor intensidad. Sin embargo, también reconoce la ocurrencia de sismos corticales o intraplaca locales, asociados con zonas de debilidad o fallas dentro de la placa continental.

La probabilidad de incidencia puede calificarse como baja a moderada, aunque no nula. Los movimientos locales son poco frecuentes y normalmente de baja magnitud, mientras que los sismos regionales de gran magnitud pueden ser perceptibles en todo el municipio.

Como antecedentes, el Atlas reporta dos eventos el 19 de enero de 2020, al noroeste de Tizayuca, Hidalgo, con magnitudes de aproximadamente 2.4 y 3.8, percibidos principalmente en San Marcos Jilotzingo, barrio de San Antonio. También registra el sismo de magnitud 7.1 del 7 de septiembre de 2021, con epicentro cercano a Acapulco, que fue percibido en Hueypoxtla, pero no produjo daños estructurales ni pérdidas humanas. Las verificaciones posteriores arrojaron saldo blanco (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

Inestabilidad y deslizamientos de laderas: la inestabilidad de laderas se define como la pérdida de la capacidad del terreno para autosustentarse, provocando movimientos, reacomodos o colapsos de suelo y roca. Su ocurrencia depende de factores como pendiente, geología, intemperismo, pérdida de vegetación, excavaciones, sobrecargas, filtraciones y saturación del suelo. Las lluvias intensas y los sismos actúan como detonantes principales.

En Hueypoxtla, la probabilidad es baja en las planicies y moderada en lomeríos, cerros, minas a cielo abierto, cortes de terreno y márgenes de barranca. Las mayores pendientes se concentran en el norte y noreste municipal, donde existen zonas con inclinaciones superiores a 15 %. El Atlas identifica tres asentamientos o áreas asociadas con cavidades y minas a cielo abierto y un registro de deslizamiento tanto en 2020 como en 2021.

Los incidentes recientes fueron de dimensiones menores y estuvieron vinculados con las lluvias de 2021. Se produjeron arrastres de lodo, rocas pequeñas y medianas, obstrucción de vialidades, viviendas y redes de drenaje en San Francisco Zacacalco y Guadalupe Nopala. Aunque no se trató de movimientos de masa de gran escala, agravaron las inundaciones y requirieron labores de limpieza y desazolve (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.).*

Hundimientos y socavones: los hundimientos corresponden al descenso o colapso de la superficie del terreno debido a cavidades naturales o artificiales, compactación de materiales, extracción de agua subterránea, fallas, fracturas, erosión interna o saturación del suelo.

El Atlas considera una probabilidad localizada de baja a moderada, principalmente en Jilotzingo y San Francisco Zacacalco. En Jilotzingo se reconoce un antecedente de hundimiento en una zona escolar próxima a pozos de abastecimiento; en Zacacalco se registró un socavón dentro de una vivienda, de aproximadamente 4 m de diámetro y 1.5 m de profundidad, sin pérdida de bienes ni personas lesionadas. El evento requirió extracción de agua y relleno con roca.

La estadística municipal indica cero cédulas de fallas, fracturas, agrietamientos y hundimientos en 2020 y dos en 2021, lo que confirma que no se trata de un fenómeno generalizado, pero sí de incidencia puntual reciente (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, pp. *Op. Cit.*).

Fallas, fracturas y agrietamientos: las fallas son fracturas de la corteza con desplazamiento relativo entre bloques; las fracturas y agrietamientos son discontinuidades producidas por esfuerzos tectónicos, compactación, contracción, pérdida de volumen o deformación del terreno.

El Atlas reconoce su presencia como factor condicionante de hundimientos y movimientos locales, pero no documenta evidencia de una falla activa que atraviese directamente las principales zonas urbanas y que haya generado daños estructurales relevantes. En consecuencia, la probabilidad de afectación directa se considera baja y localizada, aunque debe vigilarse en sitios con pozos, minas, cavidades, hundimientos previos o cambios abruptos de terreno. En 2021 fueron incorporados dos registros conjuntos de fallas, fracturas, agrietamientos o hundimientos, frente a ninguno en 2020.

Vulcanismo, flujos volcánicos y caída de ceniza: el vulcanismo comprende la emisión de magma, gases, cenizas y materiales fragmentarios desde centros volcánicos. Aunque Hueypoxtla forma parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y presenta rocas volcánicas antiguas, el Atlas no identifica volcanes activos dentro del municipio ni antecedentes recientes de erupciones, flujos de lava o caída significativa de ceniza.

La probabilidad de incidencia directa es muy baja. Los posibles efectos serían indirectos y dependerían de una erupción de volcanes activos alejados, por ejemplo, caída extraordinaria de ceniza transportada por el viento. No se reportan estadísticas municipales de episodios volcánicos.

Flujos de lodo, deslaves y caídos: los flujos de lodo son movimientos rápidos de agua mezclada con suelo, sedimentos y fragmentos de roca; los deslaves y caídos corresponden a desprendimientos o desplazamientos por gravedad en laderas y cortes.

La probabilidad es baja a moderada durante lluvias intensas, principalmente en barrancas, caminos con cortes, zonas mineras y pendientes del norte y noreste. El Atlas documenta un registro de deslizamiento de tierra en 2020 y otro en 2021, además de arrastre de lodos y piedras durante las inundaciones de 2021. No se reportan víctimas ni colapsos masivos.

Fenómenos hidrometeorológicos: los fenómenos hidrometeorológicos son producidos por la acción intensa de los agentes atmosféricos y del ciclo del agua. Comprenden lluvias torrenciales, inundaciones, tormentas eléctricas, granizadas, heladas, vientos fuertes, sequías y temperaturas extremas. El Atlas los identifica como el grupo con mayor capacidad de producir daños recurrentes en Hueypoxtla, especialmente por lluvias e inundaciones (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, pp. 122, *op. Cit.*).

Lluvias intensas, trombas e inundaciones: las inundaciones ocurren cuando el agua rebasa el nivel normal de un cauce o se acumula sobre superficies que habitualmente permanecen secas. El Atlas distingue inundaciones fluviales, causadas por desbordamiento de corrientes y cuerpos de agua, e inundaciones pluviales, producidas cuando la precipitación supera la capacidad de infiltración y drenaje del terreno.

Este fenómeno presenta una probabilidad moderada a alta durante la temporada de lluvias, particularmente en San Francisco Zacacalco, Guadalupe Nopala, San José Batha, Santa María Ajoloapan, Hueypoxtla y Tezontlalpan. La zona de mayor riesgo municipal se localiza al noroeste de San Francisco Zacacalco.

El antecedente más severo corresponde al 7 de septiembre y al 1 de octubre de 2021. El desbordamiento del jagüey "El Chivo", barrancas y cauces intermitentes produjo inundaciones fluviales y pluviales, con afectaciones a viviendas, carreteras, puentes, drenaje, agua potable, energía eléctrica y terrenos de cultivo.

La tabla de afectaciones del Atlas reporta:

En conjunto, las localidades de Guadalupe Nopala, San José Batha y San Francisco Zacacalco sumaron 132 viviendas afectadas. El Atlas también registra en Santa María Ajoloapan cinco viviendas con afectación mayor y diez con afectación menor, con tirantes máximos cercanos a 50 cm. No hubo pérdidas humanas, pero sí pérdidas materiales, agrícolas y daños a servicios básicos. Para 2020 se registraban cero zonas susceptibles formalmente incorporadas, mientras que en 2021 se reconocieron tres, además de dos reportes de eventos hidrometeorológicos en cada uno de esos años (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022,*op. Cit.*).

Granizadas: las granizadas son precipitaciones de partículas de hielo formadas en nubes de fuerte desarrollo vertical. Pueden dañar techumbres ligeras, cultivos, vehículos, infraestructura y vialidades.

La probabilidad municipal es baja a moderada, con mayor incidencia en Jilotzingo y El Carmen. Las estaciones climatológicas muestran medias de 4 a 6 días con granizo por año en esas zonas; San José Batha presenta entre 2 y 4 días, y el resto del municipio entre 0 y 2 días anuales.

El principal antecedente documentado ocurrió en 2019, en la colonia San José de San Marcos Jilotzingo. Se reportaron daños menores en viviendas, acumulación de granizo en ambos carriles de la vialidad hacia San Bartolo Cuautlalpan y riesgo de derrapes. No se registraron víctimas. En comparación con municipios mexiquenses que alcanzan cerca de 20 días de granizo al año, el Atlas clasifica el riesgo general de Hueypoxtla como bajo (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

Tormentas eléctricas: las tormentas eléctricas son perturbaciones atmosféricas acompañadas de descargas eléctricas, lluvia, viento y, ocasionalmente, granizo. Pueden provocar electrocuciones, incendios, daños en equipos eléctricos e interrupción del suministro.

La probabilidad es moderada a relativamente alta a escala regional, pero media-baja respecto del promedio nacional. Las estaciones de Nopala y Jilotzingo registran respectivamente 17.7 y 15.2 días con tormenta eléctrica al año; otras estaciones regionales presentan entre 1 y 12 días. El promedio nacional citado por el Atlas es de aproximadamente 30 días anuales.

Las localidades centrales y occidentales presentan mayor frecuencia, mientras que Tianguistongo, Tezontlalpan, La Gloria y El Carmen se ubican en rangos menores. El Atlas no documenta muertes ni daños municipales graves por rayos, por lo que la estadística corresponde a frecuencia climatológica, no a siniestros (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, pp. *Op. Cit.*).

Heladas y temperaturas bajas: las heladas ocurren cuando la temperatura del aire o de la superficie desciende hasta valores capaces de congelar el agua y dañar cultivos, tuberías, ganado o la salud de la población. Las comunidades con mayor altitud, como Tianguistongo y Tezontlalpan, presentan mayor exposición.

La probabilidad es moderada durante la estación invernal, principalmente en zonas altas, agrícolas y rurales. El Atlas utiliza estaciones climatológicas cuyas temperaturas mínimas normales oscilan aproximadamente entre 5.8 y 9.8 °C; sin embargo, no ofrece un conteo municipal consolidado de días de helada ni reporta episodios con pérdidas humanas. En consecuencia, se reconoce un peligro estacional, sobre todo para cultivos y población vulnerable, pero sin evidencia de desastres recientes de gran magnitud.

Vientos fuertes: los vientos fuertes son desplazamientos de masas de aire con velocidades capaces de derribar árboles, postes, anuncios, techumbres o líneas eléctricas.

La probabilidad se considera baja a moderada y estacional, generalmente asociada con tormentas convectivas y frentes fríos. El Atlas reconoce este riesgo mediante el monitoreo de postes y anuncios espectaculares y reporta una acción municipal específica relacionada con vientos fuertes durante 2021-2022. No proporciona velocidades máximas, periodos de retorno ni una estadística histórica de daños, por lo que no puede atribuirse una frecuencia cuantitativa precisa.

Sequía: la sequía es una deficiencia prolongada de precipitación que reduce la disponibilidad de agua para consumo humano, agricultura, ganadería y ecosistemas.

Hueypoxtla presenta una probabilidad moderada, debido a su precipitación media anual relativamente limitada, del orden de 440 a 608 mm según las estaciones regionales, a la elevada evaporación y a la importancia de la actividad agrícola. No obstante, el Atlas no documenta declaratorias municipales específicas de desastre por sequía ni cuantifica años consecutivos de afectación. Por ello, debe interpretarse como un riesgo gradual y recurrente, más que como un evento súbito.

Ondas de calor y temperaturas extremas: las ondas de calor son periodos de temperaturas anormalmente altas respecto de las condiciones habituales de una región. Pueden causar deshidratación, golpe de calor, mayor demanda de agua y energía y favorecer incendios.

La probabilidad es moderada, particularmente entre primavera e inicio del verano. Las estaciones consideradas por el Atlas registran temperaturas máximas normales cercanas a 23.5-25.4 °C y entre 6 y 87 días clasificados climatológicamente como “onda de calor”, dependiendo de la estación. No se reportan defunciones ni emergencias municipales graves por calor. A escala nacional, el Atlas clasifica temperaturas de 26 a 29.9 °C como peligro bajo, de 30 a 33.9 °C como medio, de 34 a 39.9 °C como alto y superiores a 40 °C como muy alto.

Nevadas: las nevadas son precipitaciones de cristales de hielo que se acumulan sobre el suelo. Aunque forman parte de la clasificación general, el Atlas no reporta nevadas recientes ni afectaciones significativas en Hueypoxtla.

Su probabilidad es muy baja, dadas las condiciones climáticas municipales y la ausencia de antecedentes documentados.

Fenómenos químico-tecnológicos: los fenómenos químico-tecnológicos derivan de la reacción, liberación, combustión o manejo inadecuado de sustancias químicas y fuentes de energía. Comprenden incendios, explosiones, fugas de gas o combustibles, derrames, emisiones tóxicas y radiaciones. Su riesgo está asociado con instalaciones industriales, comerciales, gaseras, estaciones de servicio, transporte de materiales peligrosos, viviendas y actividades agropecuarias (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, pp. *Op. Cit.*).

Incendios urbanos y domésticos: los incendios urbanos comprenden fuegos en viviendas, comercios, industrias, almacenes, vehículos o infraestructura. Pueden originarse por instalaciones eléctricas defectuosas, fugas de gas, manejo de combustibles, fuentes de calor o errores humanos.

La probabilidad es moderada, porque existen antecedentes de incendios y explosiones domésticas vinculados con Gas LP. El Atlas señala que algunos eventos han provocado pérdida de viviendas y bienes materiales, aunque no ofrece una serie estadística completa de incendios domiciliarios. Registra 28 establecimientos de actividad comercial, cinco industrias, tres estaciones de servicio y seis gaseras o estaciones de carburación, todos ellos considerados puntos de atención preventiva.

Incendios forestales y de pastizal. Son incendios que se propagan sobre vegetación natural, pastizales, matorrales o superficies agrícolas. Su ocurrencia aumenta durante la temporada seca, por acumulación de material combustible, quemas agropecuarias y acciones humanas.

La probabilidad es moderada a alta en temporada seca, debido a que una proporción importante del municipio está cubierta por agricultura, pastizal y matorral. El inventario municipal reportó 19 incendios forestales en 2020 y ninguno en 2021. Esta cifra debe interpretarse con cautela, porque puede reflejar cambios en el registro o en las condiciones anuales, pero demuestra que el fenómeno sí tiene incidencia municipal.

Fugas, incendios y explosiones de Gas LP: las fugas de Gas LP pueden formar nubes inflamables, provocar intoxicaciones, incendios o explosiones. El riesgo se presenta en viviendas, cilindros, tanques estacionarios, vehículos distribuidores, gaseras y estaciones de carburación. La probabilidad es moderada, debido a antecedentes de accidentes viales con vehículos que transportaban Gas LP y accidentes dentro de domicilios. El Atlas identifica seis gaseras o estaciones de carburación tanto en 2020 como en 2021. No se presenta un número total de fugas o explosiones, pero se reconoce que algunos eventos domésticos han alcanzado magnitud suficiente para dejar familias sin vivienda ni bienes.

Estaciones de servicio y combustibles líquidos: el Atlas registra tres gasolineras, localizadas en Santa María Ajoloapan, Hueypoxtla y San Marcos Jilotzingo. En ellas pueden ocurrir incendios, explosiones, fugas y contaminación del suelo o drenaje. La probabilidad de un accidente mayor se considera baja, porque hasta 2022 no se tenía registro de un evento perturbador que hubiese puesto en riesgo a la comunidad. Sin embargo, el peligro potencial es relevante por las cantidades de combustible almacenado, por lo que se realizan verificaciones y capacitación en extintores, evacuación, primeros auxilios y control de conatos.

Industrias y establecimientos comerciales: las industrias y comercios pueden manejar gas, combustibles, solventes, sustancias corrosivas o materiales inflamables. El Atlas registra cinco industrias y 28 establecimientos de actividad comercial en 2020 y 2021. La probabilidad de incidentes es **baja a moderada**, dependiendo de la actividad, las sustancias utilizadas y el cumplimiento de las medidas de seguridad. El documento no registra accidentes industriales mayores, emisiones tóxicas extensas ni explosiones con afectación colectiva.

Pirotecnia y polvorines: La pirotecnia implica riesgo de explosión, incendio, quemaduras y proyección de fragmentos, particularmente durante fiestas patronales y celebraciones cívicas.

El inventario formal registra cero polvorines en 2020 y 2021. No obstante, el Atlas reconoce el uso de pirotecnia en festividades, por lo que la probabilidad de incidentes menores es baja a moderada durante celebraciones, aunque no se documentan explosiones de talleres o depósitos autorizados.

Radiaciones y derrames tóxicos: Las radiaciones y los derrames de sustancias peligrosas forman parte de la clasificación general, pero el Atlas no identifica instalaciones nucleares, fuentes radiológicas de alto riesgo ni antecedentes de emergencias radiológicas en Hueypoxtla. La probabilidad es muy baja para radiaciones y baja para derrames mayores. La posibilidad de derrames menores se relaciona principalmente con transporte carretero, gasolineras, industrias y actividades comerciales.

Fenómenos sanitario-ecológicos: los fenómenos sanitario-ecológicos son originados por agentes biológicos, patógenos o contaminantes que afectan la salud humana, la fauna, la flora, los cultivos o la calidad del aire, agua, suelo y alimentos. Incluyen epidemias, plagas, contaminación ambiental y exposición a fauna nociva o ponzoñosa.

Contaminación del suelo y residuos sólidos: la contaminación del suelo ocurre por acumulación o disposición inadecuada de residuos, agroquímicos, hidrocarburos, sustancias industriales, escombros o materiales mineros. La probabilidad es moderada a alta y de carácter crónico, debido al predominio de la agricultura, uso de agroquímicos, erosión, tiraderos clandestinos y actividades mineras. El Atlas señala: 55.54 % de superficie agrícola; uso indiscriminado de agroquímicos; 841 ha de superficie erosionada; generación de aproximadamente 13 a 15 toneladas diarias de residuos sólidos; disposición principal en el relleno sanitario Wast Reyes o Minas de Tezontle y tres minas formalmente registradas en Santa María Ajoloapan, con superficies de 11.945, 63.514 y 35.394 ha; el documento reconoce que podrían existir más de seis explotaciones en esa localidad. El riesgo no se expresa como número de accidentes, sino como una presión ambiental permanente.

Contaminación del agua: Comprende la alteración de la calidad de corrientes, jagüeyes, presas y acuíferos por descargas domésticas, drenaje, agroquímicos, residuos y aguas de fosas de oxidación. La probabilidad es moderada a alta en puntos específicos, particularmente cerca de descargas, fosas de oxidación y cauces que atraviesan zonas urbanas. El Atlas asigna riesgo muy alto a las fosas de oxidación, medio a los jagüeyes y muy bajo a algunas presas intermitentes; también considera radios de influencia de 500 m alrededor de jagüeyes por olores y molestias. Se reportan 19 registros asociados con contaminación por descargas.

Contaminación del aire: la contaminación del aire puede provenir de incendios, quema de residuos y pastizales, polvo de caminos y minas, emisiones vehiculares, actividades industriales y combustión doméstica. La probabilidad es moderada y localizada, particularmente en temporadas de incendios, zonas mineras, vialidades y lugares donde se realizan quemas. El Atlas no proporciona mediciones de partículas, gases o excedencias de normas de calidad del aire, por lo que no existe una estadística municipal cuantitativa de episodios.

Plagas y fauna nociva: las plagas son proliferaciones de organismos que afectan cultivos, animales, alimentos o salud humana. El Atlas reconoce la posibilidad de mosquitos, moscas y roedores como vectores o reservorios de enfermedades, aunque no documenta brotes municipales de dengue, zika, chikungunya o paludismo. La probabilidad es baja a moderada, con incremento potencial en temporada de lluvias, sitios con agua estancada, residuos, drenajes o cultivos. No se presenta un conteo de brotes o hectáreas afectadas.

Animales ponzoñosos: el riesgo corresponde a mordeduras o picaduras de serpientes, alacranes, arañas, avispas y otros organismos capaces de inocular veneno. La probabilidad es moderada en áreas rurales y periurbanas, porque aproximadamente 55 % del territorio se destina a agricultura y amplias superficies corresponden a pastizal y matorral. El Atlas destaca la presencia potencial de víboras de cascabel en cultivos, potreros y viviendas cercanas a vegetación natural. No aporta un número anual de mordeduras o defunciones, por lo que la incidencia se reconoce por condiciones ecológicas, no mediante estadística epidemiológica.

Lluvia ácida: La lluvia ácida es precipitación con mayor acidez debido a contaminantes atmosféricos, principalmente óxidos de azufre y nitrógeno. Aunque aparece en la clasificación sanitaria-ecológica general, el Atlas no presenta mediciones, antecedentes ni fuentes industriales suficientes para identificarla como un problema municipal. La probabilidad documentada es muy baja o no determinada.

Fenómenos socio-organizativos: los fenómenos socio-organizativos se originan por errores humanos, accidentes, acciones premeditadas o concentraciones y movimientos masivos de población. Incluyen festividades, eventos multitudinarios, accidentes carreteros, sabotaje, terrorismo, vandalismo e interrupción de servicios básicos o infraestructura estratégica (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

Concentraciones masivas y festividades: las concentraciones masivas son reuniones de numerosas personas en espacios públicos o privados, donde un incendio, estampida, sismo, falla estructural, pirotecnia o deficiencia de evacuación puede provocar múltiples víctimas. La probabilidad es alta y recurrente, porque las once comunidades realizan fiestas patronales, celebraciones religiosas y actos cívicos. El Atlas registra 33 festividades en 2020 y 34 en 2021.

Por localidad, Jilotzingo y Santa María Ajoloapan encabezan el inventario con cinco festividades anuales cada una. La fecha de mayor complejidad operativa es el 15 y 16 de septiembre, porque se realizan eventos simultáneos en las once localidades. También existen coincidencias durante Semana Santa, 29 de junio, 20 y 22 de noviembre y 12 de diciembre (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

Accidentes carreteros y de tránsito: los accidentes de tránsito son colisiones, atropellamientos, volcaduras, salidas de camino o incidentes relacionados con transporte de personas y materiales. El riesgo aumenta por velocidad, fallas mecánicas, errores humanos, malas condiciones de caminos, lluvia, granizo, neblina y circulación de vehículos pesados o de sustancias peligrosas. La probabilidad es moderada a alta, debido a la red de carreteras locales y regionales, la conexión con la autopista Arco Norte y el tránsito entre Hueypoxtla, Zumpango, Tizayuca, Apaxco y otros municipios. El Atlas menciona accidentes viales que involucraron vehículos de Gas LP, pero no aporta una cifra anual consolidada de choques, lesionados o fallecidos.

Accidentes aéreos y ferroviarios: forman parte de la clasificación general socio-organizativa. Sin embargo, el Atlas no documenta aeropuertos, tráfico aéreo de relevancia, vías ferroviarias activas con alta exposición ni antecedentes municipales de accidentes aéreos o ferroviarios. La probabilidad es muy baja o no significativa según la información disponible.

Interrupción de servicios básicos e infraestructura estratégica: comprende fallas prolongadas de agua potable, electricidad, drenaje, comunicaciones, vialidades, salud o seguridad. La probabilidad es moderada, principalmente como consecuencia secundaria de lluvias e inundaciones. Durante los eventos de septiembre y octubre de 2021 se registraron afectaciones en redes de agua potable, drenaje y energía eléctrica, además de cortes y daños en caminos y puentes. El Atlas inventaría 29 elementos de infraestructura básica y servicios vitales tanto en 2020 como en 2021, así como diez centros de respuesta inmediata y auxilio.

Sabotaje, terrorismo, vandalismo e inconformidad social: estos fenómenos comprenden acciones deliberadas para dañar personas, instalaciones, servicios o bienes públicos y privados. Aunque forman parte de la clasificación oficial, el Atlas no identifica antecedentes de terrorismo o sabotaje en Hueypoxtla. La probabilidad se considera muy baja para terrorismo y sabotaje. Respecto de delitos o vandalismo, la tabla reporta tres registros en 2020 y cero en 2021, pero no detalla su naturaleza ni los vincula necesariamente con emergencias de protección civil.

Valoración integrada de la incidencia municipal: el análisis conjunto muestra que los fenómenos con mayor incidencia comprobada en Hueypoxtla son:

1. Lluvias intensas e inundaciones, por su recurrencia estacional y los daños de 2021 en viviendas, cultivos, caminos y servicios.
2. Incendios forestales y de pastizal, particularmente durante la temporada seca, con 19 reportes en 2020.
3. Epidemias, principalmente COVID-19, que produjo 444 casos confirmados y 84 defunciones en la estadística incorporada al Atlas.
4. Concentraciones masivas, con 34 festividades registradas en 2021.
5. Sismos, de baja frecuencia e intensidad local, pero perceptibles y con capacidad potencial de afectar edificaciones vulnerables.
6. Contaminación de suelo y agua, como riesgo crónico relacionado con agroquímicos, residuos, drenajes, fosas de oxidación y minería.
7. Fugas, incendios y explosiones de Gas LP, con antecedentes domésticos y viales, aunque sin una estadística municipal consolidada.

En contraste, el Atlas no reporta incidencia municipal significativa de erupciones volcánicas, nevadas, radiaciones, accidentes aéreos o ferroviarios, terrorismo, sabotaje o lluvia ácida. Estos fenómenos se incluyen por formar parte de la clasificación general de protección civil, pero su probabilidad local se considera muy baja o no determinada.

Interacción entre los fenómenos perturbadores y el proyecto de la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar

El establecimiento de la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar no modificaría, por sí mismo, la probabilidad regional de ocurrencia de fenómenos naturales como sismos, heladas, tormentas eléctricas, granizadas o lluvias extraordinarias. Sin embargo, sí incorporaría nuevos elementos expuestos —módulos fotovoltaicos, estructuras de soporte, inversores, centros de transformación, subestaciones eléctricas, sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, caminos, cercado y líneas eléctricas— y, por consiguiente, podría aumentar el valor de las pérdidas potenciales ante la manifestación de dichos fenómenos. Desde esta perspectiva, el riesgo no depende exclusivamente del peligro existente, sino de su interacción con la exposición y la vulnerabilidad de las personas, bienes, infraestructura y procesos productivos que se incorporan al territorio.

La relación es bidireccional. Por una parte, la construcción y operación del proyecto pueden modificar localmente ciertas condiciones que intervienen en la generación o intensificación del riesgo, principalmente el escurrimiento superficial, la erosión, la disponibilidad de materiales combustibles, el tránsito vehicular y la presencia de instalaciones eléctricas y sustancias peligrosas. Por otra, los fenómenos perturbadores identificados en el Atlas pueden afectar la integridad física, funcional y ambiental de la planta, interrumpir la generación de electricidad y, en escenarios extremos, producir eventos encadenados. El propio Atlas reconoce que una calamidad inicial puede desencadenar otras; por ejemplo, un sismo puede provocar daños en instalaciones eléctricas y éstos originar un incendio, mientras que una inundación puede interrumpir servicios, procesos productivos y vías de comunicación.

Fenómenos geológicos

Los riesgos geológicos comprenden sismos, inestabilidad de laderas, deslizamientos, caída de materiales, hundimientos, subsidencia, fracturas y agrietamientos. En términos generales, la implantación de la planta fotovoltaica no incrementaría la sismicidad regional ni activaría procesos tectónicos. No obstante, la ejecución de cortes, rellenos, zanjas, caminos internos, plataformas y cimentaciones podría modificar la estabilidad local del terreno cuando estas obras se efectúen sobre suelos susceptibles, pendientes, rellenos no controlados o zonas con cavidades. La concentración de escurrimientos en taludes o excavaciones y las filtraciones provenientes de drenajes deficientemente diseñados podrían favorecer erosión interna, asentamientos diferenciales o inestabilidad puntual.

Este aspecto no debe minimizarse, pues el Atlas registra en el municipio tres asentamientos relacionados con cavidades o minas a cielo abierto, un deslizamiento de tierra tanto en 2020 como en 2021 y dos registros de fallas, fracturas, agrietamientos o hundimientos durante 2021. Aunque dichos antecedentes no demuestran que el predio del proyecto esté afectado, sí justifican la realización de estudios geotécnicos y recorridos de verificación específicos.

Un sismo podría ocasionar desplazamiento o deformación de las estructuras de soporte de los módulos, pérdida de verticalidad, daños en cimentaciones, agrietamiento de edificios operativos, desplazamiento de transformadores, ruptura de conexiones eléctricas, caída de equipos y afectaciones en la subestación y en la línea de interconexión. En el sistema de almacenamiento mediante baterías, una deformación severa, impacto mecánico o falla de conexiones podría incrementar la posibilidad de cortocircuito, sobrecalentamiento o incendio.

Los deslizamientos, flujos de lodo y caída de rocas podrían obstruir caminos, dañar el cercado, cubrir módulos, interrumpir canalizaciones eléctricas o aislar temporalmente sectores de la planta. El Atlas señala que en Hueypoxtla ya se han efectuado acciones de limpieza de vialidades por flujos de lodo y rocas asociados con inundaciones, lo cual demuestra la posibilidad de encadenamiento entre fenómenos hidrometeorológicos y geológicos.

La construcción del proyecto puede, por tanto, incrementar el riesgo geológico principalmente cuando las obras se ubiquen sin considerar la capacidad portante, la expansividad o colapsabilidad de los suelos, la presencia de rellenos o cavidades y la estabilidad de taludes. La medida esencial no es únicamente diseñar para cargas estáticas, sino asegurar que el estudio geotécnico abarque la totalidad de las áreas con equipos críticos y no solamente los edificios principales.

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos representan la interacción más relevante entre el proyecto y el territorio, particularmente por la ocurrencia de lluvias extraordinarias, inundaciones, granizadas, tormentas eléctricas, vientos fuertes, heladas, sequías y ondas de calor. El Atlas reconoce tres zonas susceptibles de inundación en 2021 y registra eventos que ocasionaron daños en viviendas, calles, puentes, vialidades y servicios de agua potable, energía eléctrica y drenaje (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

El proyecto podría incrementar localmente el riesgo de inundación o erosión cuando la preparación del terreno elimine vegetación, compacte el suelo o modifique microrelieves, cauces temporales y trayectorias naturales de escurrimiento. Los caminos, plataformas, cimentaciones, zanjas compactadas y áreas impermeables asociadas con subestaciones y edificios pueden reducir la infiltración y aumentar la velocidad y concentración del flujo superficial. Aunque los módulos fotovoltaicos no constituyen una superficie completamente impermeable —porque el agua escurre entre filas y sobre el suelo—, sí producen una redistribución espacial de la precipitación: el agua se concentra en los bordes inferiores de los paneles y puede generar surcos erosivos si no existe cobertura vegetal o disipación adecuada.

El riesgo también puede trasladarse fuera del predio. Si el sistema de drenaje descarga caudales concentrados hacia terrenos agrícolas, caminos o comunidades, el proyecto podría agravar encharcamientos, erosión o inundaciones aguas abajo. Por ello, no basta con demostrar que los equipos no se inundarán; es indispensable comprobar que la planta no incrementará los gastos máximos de descarga ni desviará los escurrimientos hacia receptores vulnerables. El diseño debe conservar, en la medida técnicamente posible, los patrones naturales de drenaje, utilizar obras de control distribuidas y evitar la solución simplista de concentrar toda el agua en pocos puntos.

Las inundaciones pueden afectar directamente los centros de transformación, inversores, tableros, canalizaciones, subestaciones, BESS, edificios de control y caminos. La entrada de agua a equipos energizados puede provocar cortocircuitos, fallas de aislamiento, corrosión, pérdida de comunicación, disparo de protecciones y suspensión de la

generación. La socavación de postes y cimentaciones puede comprometer la estabilidad de las estructuras; asimismo, el arrastre de sedimentos y residuos puede obstruir alcantarillas, cunetas y pasos hidráulicos. En un escenario severo, el aislamiento de caminos podría dificultar el acceso de brigadas de emergencia.

Los vientos fuertes pueden generar cargas dinámicas sobre módulos y seguidores, desprender paneles mal fijados, deformar estructuras, dañar cableado y levantar materiales almacenados durante la construcción. El riesgo aumenta si existen elementos sueltos, láminas, embalajes, residuos o componentes sin asegurar. La combinación de viento, polvo y sequedad puede reducir la producción eléctrica por acumulación de partículas y aumentar la susceptibilidad a incendios de pastizal.

Las granizadas pueden producir microfisuras en las celdas, rotura del vidrio frontal, daños en seguidores e instrumentos meteorológicos. Aun cuando el módulo no muestre fractura visible, las microfisuras pueden reducir el desempeño y generar puntos calientes. Las tormentas eléctricas representan riesgo para módulos, inversores, sistemas de comunicación, transformadores y subestaciones mediante impactos directos o sobretensiones inducidas. Por ello, el proyecto debe contar con un sistema coordinado de protección contra descargas atmosféricas, puesta a tierra y protección contra sobretensiones.

Las heladas y bajas temperaturas pueden afectar mecanismos móviles, comunicaciones, lubricantes y materiales; las ondas cálidas, en cambio, reducen la eficiencia de los módulos y pueden aumentar la temperatura de inversores, transformadores y baterías. En el BESS, una ventilación o climatización insuficiente eleva el riesgo de degradación acelerada y falla térmica. La sequía prolongada incrementa la presencia de vegetación seca, polvo y material combustible, además de limitar la disponibilidad de agua para atender incendios, aun cuando la limpieza ordinaria de módulos se realice en seco.

Fenómenos químico-tecnológicos

La construcción y operación de la planta sí incorporarían nuevas fuentes de peligro químico-tecnológico. A diferencia de los sismos o las lluvias, cuyo peligro no es generado por el proyecto, los incendios, explosiones, derrames, descargas eléctricas y liberaciones de sustancias pueden originarse en las propias instalaciones. El Atlas define estos fenómenos como los derivados de la acción violenta de sustancias o energía, e incluye incendios, explosiones, fugas y derrames; además, registra en el municipio estaciones de servicio, gaseras, industrias y antecedentes de accidentes relacionados con Gas LP.

En la etapa de construcción, las principales fuentes de riesgo serían el almacenamiento y manejo de diésel, gasolina, aceites, lubricantes, pinturas, solventes, gases para soldadura y otros productos utilizados por maquinaria y vehículos. Una fuga podría contaminar el suelo, alcanzar drenajes naturales o infiltrarse al subsuelo. Las actividades de corte, soldadura, esmerilado y conexión eléctrica pueden iniciar incendios cuando coinciden con vegetación seca, residuos combustibles o condiciones de viento.

Durante la operación, los riesgos principales se relacionan con arcos eléctricos, cortocircuitos, conexiones defectuosas, sobrecalentamiento de conductores, fallas de aislamiento, transformadores y el sistema de almacenamiento de energía. Un incendio en vegetación podría alcanzar módulos, cableado, inversores, centros de transformación o el BESS; inversamente, una falla eléctrica dentro de la planta podría iniciar un incendio que se propagara hacia pastizales y predios contiguos.

El BESS requiere atención especial porque una celda dañada, sobrecargada o sometida a temperaturas excesivas puede experimentar fuga térmica y transmitir calor a celdas adyacentes. Dependiendo de la tecnología de las baterías, pueden liberarse gases inflamables, corrosivos o tóxicos, generarse reignición y requerirse técnicas especializadas de combate. Por ello, la sola instalación de extintores convencionales no constituye una respuesta suficiente. El sistema debe incorporar detección temprana, compartimentación, ventilación, supresión o enfriamiento conforme con la tecnología seleccionada, distancias de seguridad y coordinación previa con Protección Civil y bomberos.

El proyecto puede incrementar el riesgo químico-tecnológico para su entorno si los equipos críticos se ubican próximos a caminos públicos, viviendas, vegetación combustible o áreas de tránsito frecuente, o si no se controlan adecuadamente los residuos peligrosos. En sentido inverso, incendios externos, accidentes carreteros con combustibles o fugas en instalaciones próximas pueden alcanzar el predio, obligar al paro de la planta o impedir su acceso. El Atlas señala que las vialidades de Hueypoxtla comunican con redes regionales y con la autopista Arco Norte, por lo que existe tránsito local y regional con posibilidad de accidentes terrestres y transporte de materiales peligrosos (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

Fenómenos sanitario-ecológicos

Los riesgos sanitario-ecológicos comprenden epidemias, plagas y contaminación del aire, agua, suelo y alimentos. El proyecto podría aumentar este tipo de riesgos cuando la construcción genere polvo, residuos, aguas sanitarias, derrames, encharcamientos o sitios de acumulación de basura. La presencia temporal de trabajadores también aumenta la generación de residuos sólidos y aguas residuales, así como la demanda de servicios sanitarios y de atención médica.

La remoción de vegetación, el tránsito de maquinaria y la exposición de suelo pueden aumentar las partículas suspendidas, con efectos sobre trabajadores, poblaciones cercanas, cultivos y vegetación. Si los residuos se almacenan sin control, pueden atraer fauna nociva, facilitar la proliferación de vectores y propiciar incendios. Los encharcamientos en excavaciones, cunetas o recipientes pueden convertirse en criaderos de mosquitos; por ello, el drenaje interno debe evitar tanto inundaciones como acumulaciones permanentes de agua.

El manejo inadecuado de aceites, combustibles, electrolitos, materiales de mantenimiento o residuos de equipos eléctricos podría contaminar suelo y agua. Este riesgo adquiere relevancia porque el Atlas identifica condiciones preexistentes de contaminación asociadas con agroquímicos, erosión, residuos sólidos y actividades mineras; registra 841 ha erosionadas y una generación municipal estimada de 13 a 15 toneladas diarias de residuos. El proyecto no debe analizarse como si se instalara en un medio sin presiones previas: cualquier derrame o disposición incorrecta se sumaría a procesos de deterioro existentes.

En cuanto a epidemias, la planta no generaría por sí misma agentes patógenos, pero la concentración temporal de trabajadores y su movilidad pueden facilitar la transmisión de enfermedades respiratorias, gastrointestinales o vectoriales. El antecedente de COVID-19 demuestra que los eventos sanitarios pueden afectar simultáneamente la disponibilidad de personal, el transporte, el suministro de materiales y la continuidad de las actividades productivas; el Atlas reporta 444 casos confirmados y 84 defunciones en la estadística incorporada al documento.

Los fenómenos sanitario-ecológicos pueden afectar la planta mediante ausentismo, restricciones de acceso, suspensión de trabajos, reducción de cuadrillas de mantenimiento, interrupciones en las cadenas de suministro y limitaciones para responder a emergencias. La contaminación atmosférica, el polvo agrícola y el humo de incendios pueden ensuciar los módulos, reducir la irradiancia efectiva y aumentar las necesidades de limpieza. Las plagas, roedores o fauna silvestre pueden dañar cableado, ingresar a gabinetes o generar riesgos para el personal si no se implementan medidas de exclusión compatibles con la protección de la biodiversidad.

Fenómenos socio-organizativos

Los fenómenos socio-organizativos abarcan accidentes terrestres, concentraciones masivas, interrupción de servicios básicos, vandalismo, sabotaje y otros eventos asociados con actividades humanas. La construcción de la planta incrementaría temporalmente el tránsito de vehículos pesados, plataformas, grúas, camiones con materiales y transporte de personal. Este aumento puede elevar la probabilidad de accidentes viales, deterioro de caminos, obstrucción temporal de accesos y conflictos con usuarios locales, especialmente en vialidades estrechas o durante horarios de mayor circulación.

El riesgo se incrementaría si los convoyes del proyecto coincidieran con fiestas patronales, peregrinaciones, tianguis, actos cívicos o desplazamientos escolares. El Atlas registra 33 festividades en 2020 y 34 en 2021, además de numerosos centros culturales, recreativos, educativos, templos y mercados que funcionan como sitios de concentración de población (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*). También señala un promedio aproximado de 93 apoyos anuales de Protección Civil y Seguridad Pública en eventos masivos durante los últimos cinco años, lo que confirma que las concentraciones de población son recurrentes en el municipio (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

La presencia del proyecto puede aumentar la exposición socio-organizativa por la incorporación de infraestructura estratégica y equipos de valor económico. Esto puede atraer intrusiones, robo de conductores, vandalismo o actos de sabotaje. El cercado y la vigilancia reducen esos riesgos, pero también deben evitar la afectación de caminos vecinales, rutas de acceso a parcelas, recorridos ganaderos y trayectorias utilizadas por servicios de emergencia.

Los fenómenos socio-organizativos pueden afectar la planta mediante bloqueos carreteros, manifestaciones, conflictos por el uso del territorio, accidentes en accesos, vandalismo, robo de cableado, daños deliberados o interrupción de telecomunicaciones y servicios. Una emergencia municipal de gran magnitud puede requerir la reasignación de ambulancias, bomberos y personal de Protección Civil, reduciendo temporalmente la capacidad de respuesta disponible para el proyecto.

Las inundaciones ya registradas en Hueypoxtla han afectado agua potable, energía eléctrica, drenaje, vialidades y puentes, lo que demuestra que un fenómeno natural puede convertirse en un riesgo socio-organizativo al interrumpir infraestructura estratégica. Para la planta, la pérdida de accesos, telecomunicaciones o suministro auxiliar puede impedir la atención oportuna de una falla que inicialmente era menor y facilitar su escalamiento.

Riesgos encadenados y efectos acumulativos

La condición más crítica no necesariamente corresponde a la ocurrencia aislada de un solo fenómeno, sino a su combinación. Entre los escenarios de encadenamiento que deben considerarse se encuentran:

- lluvia extraordinaria, erosión y socavación de cimentaciones, seguida de daño en cableado o equipos eléctricos;
- sismo, desplazamiento de equipos, cortocircuito e incendio;

- onda de calor, vegetación seca, falla eléctrica y propagación de incendio;
- tormenta eléctrica, sobretensión, daño de inversores o transformadores y suspensión de la generación;
- incendio forestal, afectación de líneas eléctricas, humo y bloqueo de caminos;
- inundación de accesos, imposibilidad de ingreso de brigadas y agravamiento de una emergencia en el BESS;
- accidente vial con sustancias peligrosas en una vía de acceso y restricción temporal de la operación;
- epidemia o evento masivo, disminución de personal disponible y retraso en la atención de contingencias.

El Atlas denomina a estas secuencias riesgos de encadenamiento y reconoce que pueden agravar los daños, las pérdidas y el tiempo de recuperación.

Valoración general

La incorporación de la Planta Fotovoltaica Tepetate Solar no debe interpretarse automáticamente como un incremento del peligro natural en Hueypoxtla. El incremento potencial se produce principalmente en tres componentes: **mayor exposición**, por la introducción de infraestructura energética; **mayor vulnerabilidad**, si el diseño no considera las condiciones del terreno y los antecedentes municipales; y **generación de nuevos peligros antrópicos**, especialmente eléctricos, de incendio, almacenamiento de energía, tránsito y manejo de sustancias.

En sentido contrario, los fenómenos perturbadores pueden producir daños físicos, interrupciones operativas, pérdidas económicas y efectos ambientales sobre la planta. La magnitud real de esta interacción dependerá de la localización exacta de cada componente, las cotas de desplante, el diseño hidráulico, los resultados geotécnicos, las especificaciones estructurales, la tecnología del BESS, las distancias de seguridad, los sistemas de protección eléctrica y la capacidad de respuesta ante emergencias.

Por ello, la conclusión técnicamente defendible no consiste en afirmar que todos los riesgos serán bajos por tratarse de una instalación fotovoltaica, sino en demostrar, mediante estudios específicos, que el proyecto no bloqueará cauces, no incrementará los escurrimientos hacia terceros, no ocupará terrenos inestables, no propagará incendios y mantendrá condiciones seguras ante fallas eléctricas y térmicas. La gestión debe integrar medidas de prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias y recuperación, conforme con el enfoque de gestión integral reconocido por el propio Atlas (Ayuntamiento de Hueypoxtla, 2022, *op. Cit.*).

ANEXO TÉCNICO # 2
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO II

BIBLIOGRAFÍA CITADA

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2026). *Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental*. Gobierno de México.

[2] D.O.F. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto ambiental. Modificaciones al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto ambiental (DOF. 30. mayo 2000). Diario Oficial de la Federación, 31 de octubre de 2014.

[3] SEMARNAT. (2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

[4] FAO. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[5] INECC. (2020). *Evaluación ambiental estratégica: fundamentos y aplicaciones en México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

[6] CENAPRED. 2022. Atlas Municipal de Riesgos, municipio de Hueypoxtla, Estado de México. Gobierno del Estado de México/Gobierno Municipal/CENAPRED.

[7] INPI, 2026.. *Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas*. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. (2026). INPI.

[8] INEGI, 2020. *Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por localidad ITER*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). INEGI.

[9] PueblosAmerica. (2026). *Datos demográficos por localidad con base en Censos de Población y Vivienda de INEGI*.

[10] Ayuntamiento de Hueypoxtla. (2022). *Atlas Municipal de Riesgos Hueypoxtla 2022*. Coordinación Municipal de Protección Civil y Gestión Integral del Riesgo, Gobierno del Estado de México

La presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIAR) del proyecto Tepetate Solar, se elaboró siguiendo las indicaciones del artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA), considerando además las recomendaciones de la Guía para la presentación y entrega de las MIA's, (*https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/transparencia/tguia.html)*, según lo cita el Acuerdo del 1º de abril de 2026 emitido por la Titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Con base en lo anterior, esta MIAR se integra con base en los criterios de simplificación, eficacia, eficiencia y economía procedimental para lo cual se ha procurado que le información que se detalla en los siguientes apartados se clara y concisa.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PROYECTO: Tepetate Solar

El Proyecto consiste en la instalación, operación y mantenimiento de una central de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la radiación solar a través de tecnología fotovoltaica más almacenamiento, la cual convierte la energía solar en energía eléctrica de corriente directa, misma que es transformada a corriente alterna mediante inversores para su posterior interconexión al Sistema Eléctrico Nacional, a través de la infraestructura eléctrica correspondiente.

Anexo técnico # 3
MIA-R
PFv Tepetate Solar

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

La delimitación de la Región Ecológica (REcol) para el presente proyecto se desarrolló conforme a lo establecido en el artículo 3º, fracción XXXI, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como a los criterios técnicos previstos en la nueva *Guía para la Presentación y Entrega de la Manifestación de Impacto Ambiental* emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), particularmente en lo correspondiente al Capítulo II relativo a la delimitación, descripción, caracterización y diagnóstico de la región ecológica donde se pretende desarrollar el proyecto.

En este sentido, la delimitación de la REcol no se abordó exclusivamente como una referencia cartográfica de gran escala derivada del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, POEGT, 2012. (DOF, 2012)[1], sino como una unidad territorial funcional y ambientalmente coherente, definida con base en la interacción real de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos vinculados al área donde incidirán las obras y actividades de Tepetate Solar.

Si bien el artículo 20 de la LGEEPA establece que el POEGT tiene entre sus objetivos determinar la regionalización ecológica del territorio nacional, misma que fue materializada por SEMARNAT mediante la delimitación de 80 Regiones Ecológicas de escala nacional al publicar en el año 2012 ese instrumento, dichas unidades responden a objetivos de planeación territorial estratégica y de ordenamiento ecológico de carácter macrorregional. En consecuencia, su escala espacial, que en numerosos casos supera una superficie de más de un millón de hectáreas, no necesariamente corresponde a la escala ecológica y funcional requerida para evaluar de manera técnica y objetiva los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales asociados.

Por ello, para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la delimitación de la REcol se realizó mediante un enfoque multiescalar y ecosistémico, considerando como referencia jerárquica superior la regionalización establecida en el POEGT, pero integrando simultáneamente criterios de mayor resolución territorial y funcional, tales como los usos de suelo y la vegetación, el comportamiento hidrológico del área, y las ecorregiones terrestres presentes y el contexto hidrogeológico en el área de influencia del proyecto.

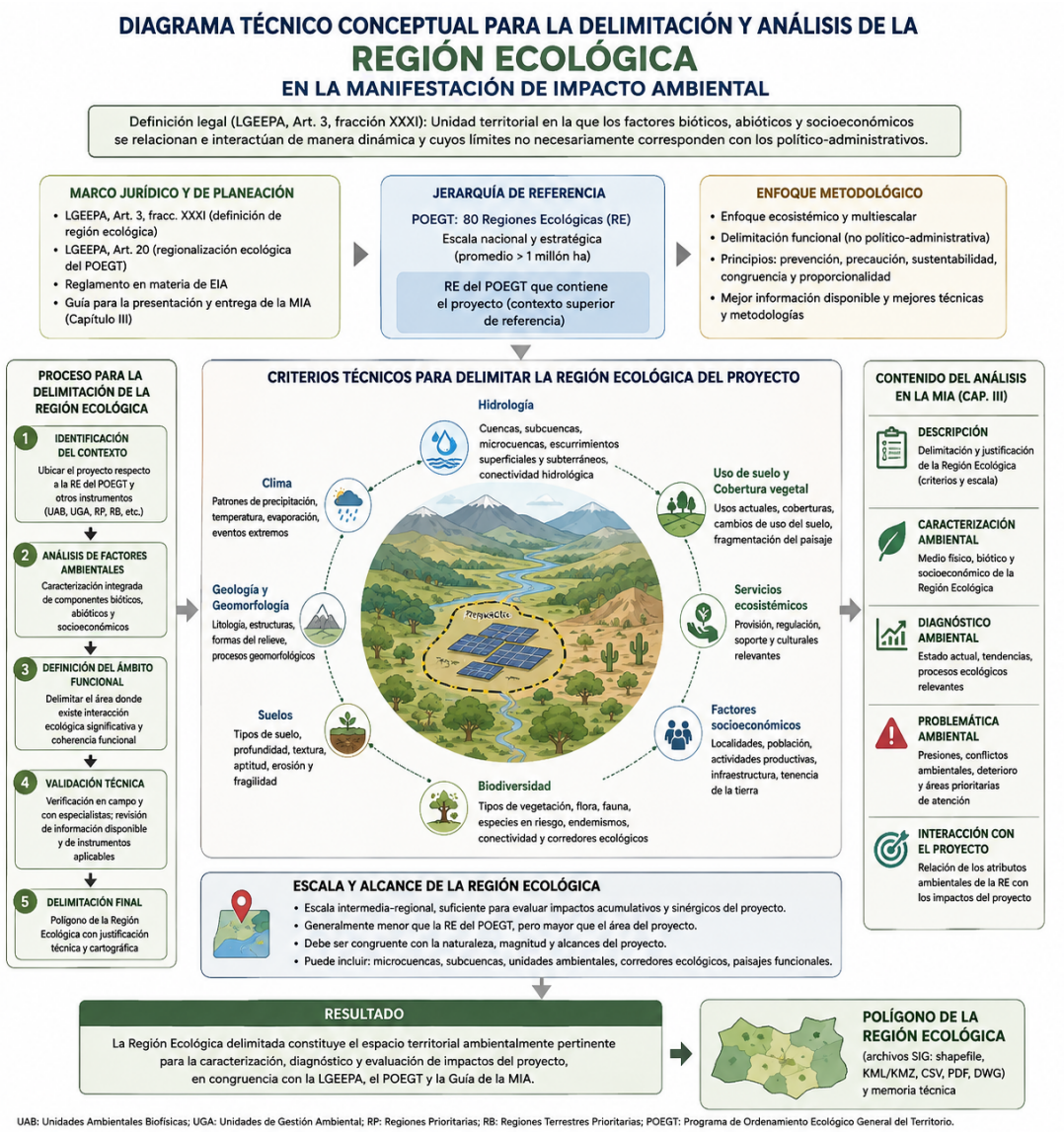
Dicho enfoque resulta congruente con la propia Guía de SEMARNAT, la cual expresamente establece que la delimitación de la REcol podrá sustentarse, entre otros elementos, en Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), Unidades de Gestión Ambiental (UGA), hidrografía, geomorfología, microcuencas, corredores biológicos y regiones prioritarias, evitando el uso de límites político-administrativos como criterio principal de delimitación.

Bajo esta perspectiva metodológica, la REcol, , delimitada para el proyecto Tepetate Solar constituye el espacio territorial ambientalmente pertinente para identificar y analizar las condiciones actuales del sistema ambiental regional, incluyendo sus procesos ecológicos relevantes, grado de conservación, tendencias de

transformación del paisaje, presiones antrópicas existentes y problemática ambiental acumulada, así como para evaluar la interacción de los impactos derivados del proyecto con la dinámica ambiental preexistente (Figura 1).

En consecuencia, el presente capítulo integra la caracterización y diagnóstico ambiental de dicha REcol, considerando la estructura y funcionalidad de sus ecosistemas, la composición y estado de conservación de la biodiversidad, la dinámica hidrológica y geomorfológica, los usos actuales del territorio y las condiciones socioeconómicas regionales, con el propósito de establecer una línea base ambiental robusta que permita sustentar técnicamente la evaluación de impactos ambientales y la definición de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración correspondientes.

Figura 1



La consideración en el estudio del ambiente del espacio geográfico donde se pretende establecer un proyecto, denominado REcol en el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es técnicamente esencial porque proporciona el marco contextual sobre el cual se identifican, valoran y gestionan los posibles impactos ambientales derivados del proyecto. A continuación, se describen las razones técnicas y metodológicas que sustentan esta importancia, con respaldo en la normativa mexicana y la literatura especializada.

Bajo este enfoque, la delimitación de la REcol se desarrolló para alcanzar un equilibrio técnico: ser lo suficientemente amplia para evaluar impactos regionales, acumulativos, sinérgicos y residuales, pero lo suficientemente acotada para permitir una caracterización ambiental rigurosa y verificable. Por tanto, la superficie de dicha REcol debe responder a la escala real de interacción entre el proyecto y los componentes ambientales del territorio, y no únicamente a límites administrativos, prediales o de conveniencia cartográfica:

Un aspecto central es que dentro de la REcol pueden identificarse la presencia de uno o más ecosistemas, los cuales no deben analizarse como unidades aisladas, sino como componentes interdependientes de un sistema mayor. Esta condición es sustantiva en una MIAR, ya que los efectos que incidan sobre factores ambientales como vegetación, fauna, suelo, agua, relieve o conectividad del paisaje pueden propagarse al interior de cada ecosistema y también entre los ecosistemas presentes en la REcol. Así, una alteración localizada —por ejemplo, la remoción de vegetación, la compactación del suelo, la modificación del escurrimiento superficial o la fragmentación del hábitat— puede inducir efectos secundarios sobre la fauna, la infiltración, la erosión, la conectividad biológica y la funcionalidad ecológica regional.

Por ello, el análisis de la REcol se traduce en una línea base ambiental regional, orientada a describir el estado actual del sistema, sus tendencias de deterioro o conservación, sus restricciones ambientales, sus potencialidades de aprovechamiento y su capacidad de resiliencia frente a perturbaciones. Esta línea base es indispensable para valorar la magnitud, extensión, duración y reversibilidad de los impactos ambientales del proyecto, así como para diseñar medidas de prevención, mitigación, restauración o compensación acordes con la dinámica ecológica regional.

Asimismo, la delimitación y caracterización de la REcol es congruentes con la Región Ecológica y la Unidad Ambiental Biofísica correspondientes del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), instrumento obligatorio para la Administración Pública Federal que establece bases de política ambiental y criterios de regionalización ecológica del país.

En consecuencia, para el proyecto Tepetate Solar, la delimitación de la REcol debe entenderse como un ejercicio técnico-ambiental de integración territorial, cuyo propósito es identificar un espacio continuo, funcional y justificable para evaluar la interacción entre el proyecto, los ecosistemas presentes y los procesos ambientales regionales, evitando tanto una delimitación insuficiente que subestime impactos,

como una delimitación excesiva que haga impracticable el análisis ambiental requerido por la MIAR.

Elementos utilizados para la delimitación de la región o regiones ecológicas de acuerdo con las características y alcances del proyecto: Se utilizaron cuatro cartas temáticas en formato shapefile, cada una aportando una dimensión diferente del sistema ecológico. A continuación, se describe cada capa, su origen, escala y campos clave.

Tabla 1 Capas temáticas utilizadas en delimitación de REcol

Capa Temática	Fuente / Organismo	Escala / Resolución	Formato
Uso de Suelo y vegetación	INEGI	1:250,000	.shp poligonal
Red hidrográfica (hidrología)	INEGI	1:50,000	.shp lineal y puntual
Ecorregiones Terrestres	CONABIO	1: 1,000,000	.shp poligonal
Hidrogeología	CONABIO	1: 4,000,000	.shp poligonal

Descripción de cada capa

Uso de Suelo y Vegetación Serie VII: la carta de uso de suelo representa la cobertura y utilización actual del territorio según clasificaciones armonizadas. Esta capa fue utilizada como criterio principal de exclusión de superficies altamente modificadas.

Hidrología: la capa hidrológica incluye la red de drenaje superficial (ríos, arroyos, canales), cuerpos lagunares y la delimitación de subcuencas hidrográficas. En este caso se utilizaron las capas de la Subcuenca RH26Dq.

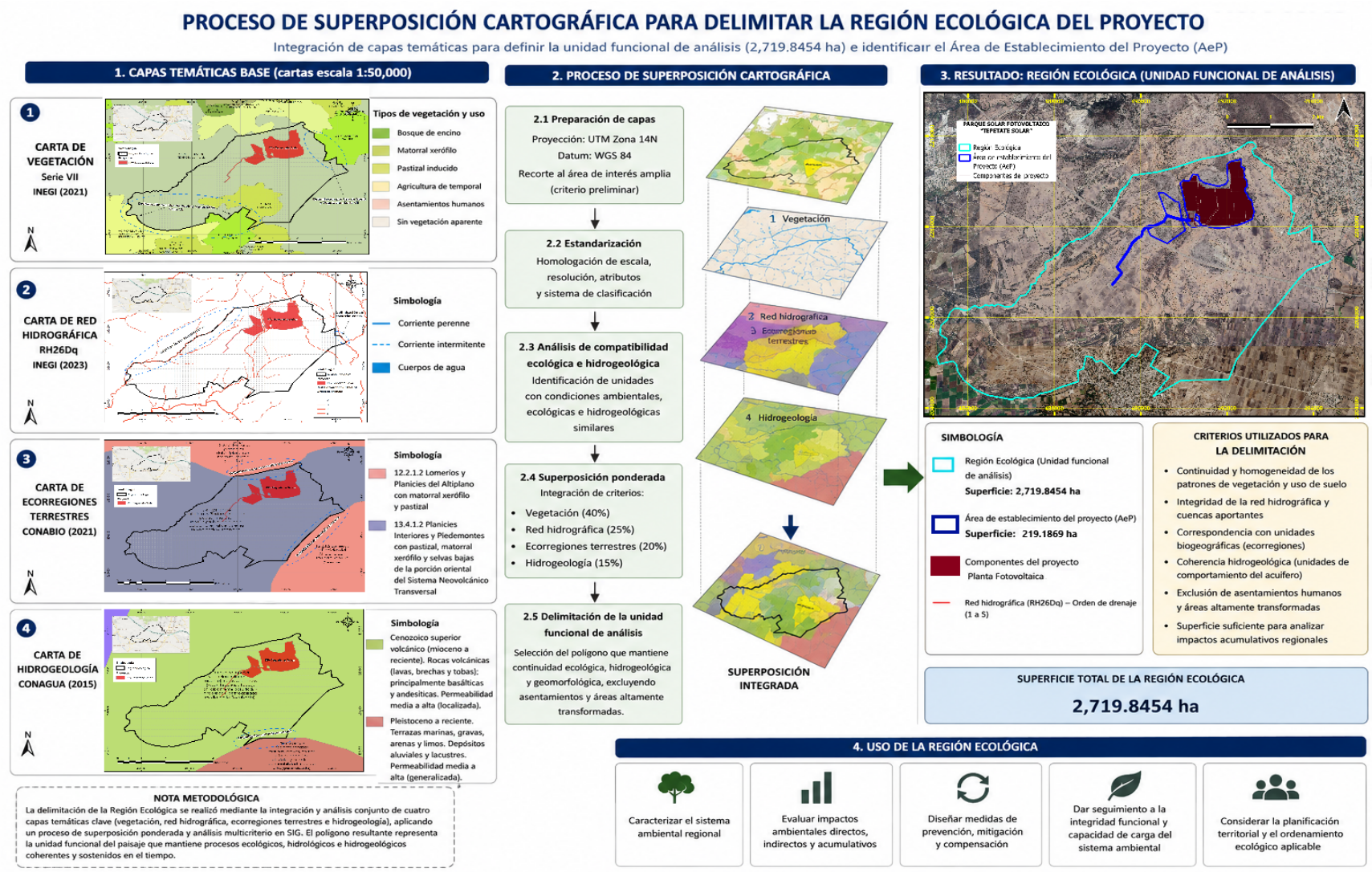
Ecorregiones Terrestres: las ecorregiones representan grandes unidades biogeográficas con fauna, flora, clima y suelos relativamente homogéneos.

Hidrogeología: la carta hidrogeológica clasifica el subsuelo según sus propiedades de almacenamiento y transmisión de agua subterránea.

Conclusiones: la región ecológica definida mediante la superposición y análisis multicriterio de las cuatro cartas temáticas en formato shapefile constituye una unidad espacialmente coherente que integra totalidad de la cobertura vegetal natural (uso de suelo); La coherencia funcional del sistema hídrico superficial (hidrología); La homogeneidad biogeográfica y la presencia de biomas de alto valor de conservación (ecorregiones terrestres) y El soporte hidrológico subterráneo y la presencia de zonas de recarga activas (hidrogeología).

La metodología empleada es sistemática, transparente y reproducible en cualquier entorno SIG estándar. El esquema de zonificación proporciona una base sólida para la implementación de instrumentos de gestión ambiental, planificación del uso del territorio y monitoreo de la integridad ecológica (Figura 2).

Figura 2


PROCESO DE SUPERPOSICIÓN CARTOGRÁFICA PARA DELIMITAR LA REGIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO
Integración de capas temáticas para definir la unidad funcional de análisis (2,719.8454 ha) e identificar el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)
1. CAPAS TEMÁTICAS BASE (cartas escala 1:50,000)
1
CARTA DE VEGETACIÓN
Serie VII
INEGI (2021)
Tipos de vegetación y uso
Bosque de encino
Matorral xerófilo
Pastizal inducido
Agricultura de temporal
Asentamientos humanos
Sin vegetación aparente
2
CARTA DE RED HIDROGRÁFICA
RH26Dq
INEGI (2023)
Simbología
Corriente perenne
Corriente intermitente
Cuerpos de agua
3
CARTA DE ECORREGIONES TERRESTRES
CONABIO (2021)
Simbología
12.2.1.2 Lomeríos y Planicies del Altiplano con matorral xerófilo y pastizal
13.4.1.2 Planicies Interiores y Piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal
4
CARTA DE HIDROGEOLOGÍA
CONAGUA (2015)
Simbología
Cenozoico superior volcánico (mioceno a reciente). Rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas); principalmente basálticas y andesíticas. Permeabilidad media a alta (localizada).
Pleistoceno a reciente. Terrazas marinas, gravas, arenas y limos. Depósitos aluviales y lacustres. Permeabilidad media a alta (generalizada).
NOTA METODOLÓGICA
La delimitación de la Región Ecológica se realizó mediante la integración y análisis conjunto de cuatro capas temáticas clave (vegetación, red hidrográfica, ecorregiones terrestres e hidrogeología), aplicando un proceso de superposición ponderada y análisis multicriterio en SIG. El polígono resultante representa la unidad funcional del paisaje que mantiene procesos ecológicos, hidrológicos e hidrogeológicos coherentes y sostenidos en el tiempo.
2. PROCESO DE SUPERPOSICIÓN CARTOGRÁFICA
2.1 Preparación de capas
Proyección: UTM Zona 14N
Datum: WGS 84
Recorte al área de interés amplia (criterio preliminar)
2.2 Estandarización
Homologación de escala, resolución, atributos y sistema de clasificación
2.3 Análisis de compatibilidad ecológica e hidrogeológica
Identificación de unidades con condiciones ambientales, ecológicas e hidrogeológicas similares
2.4 Superposición ponderada
Integración de criterios:
Vegetación (40%)
Red hidrográfica (25%)
Ecorregiones terrestres (20%)
Hidrogeología (15%)
2.5 Delimitación de la unidad funcional de análisis
Selección del polígono que mantiene continuidad ecológica, hidrogeológica y geomorfológica, excluyendo asentamientos y áreas altamente transformadas.
1 Vegetación
2 Red hidrográfica
3 Ecorregiones terrestres
4 Hidrogeología
SUPERPOSICIÓN INTEGRADA
3. RESULTADO: REGIÓN ECOLÓGICA (UNIDAD FUNCIONAL DE ANÁLISIS)
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO "TEPETATE SOLAR"
Región Ecológica
Área de establecimiento del Proyecto (AeP)
Componentes de proyecto
SIMBOLOGÍA
Región Ecológica (Unidad funcional de análisis)
Superficie: 2,719.8454 ha
Área de establecimiento del proyecto (AeP)
Superficie: 219.1869 ha
Componentes del proyecto
Planta Fotovoltaica
Red hidrográfica (RH26Dq) – Orden de drenaje (1 a 5)
CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN
Continuidad y homogeneidad de los patrones de vegetación y uso de suelo
Integridad de la red hidrográfica y cuencas aportantes
Correspondencia con unidades biogeográficas (ecorregiones)
Coherencia hidrogeológica (unidades de comportamiento del acuífero)
Exclusión de asentamientos humanos y áreas altamente transformadas
Superficie suficiente para analizar impactos acumulativos regionales
SUPERFICIE TOTAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA
2,719.8454 ha
4. USO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA
Caracterizar el sistema ambiental regional
Evaluar impactos ambientales directos, indirectos y acumulativos
Diseñar medidas de prevención, mitigación y compensación
Dar seguimiento a la integridad funcional y capacidad de carga del sistema ambiental
Considerar la planificación territorial y el ordenamiento ecológico aplicable

Criterios metodológicos para la delimitación de la Región Ecológica (REcol)

La delimitación de la Región Ecológica (REcol) constituye uno de los elementos metodológicos fundamentales de la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIAR), ya que define la unidad espacial dentro de la cual se caracterizan las condiciones ambientales regionales, se identifican los procesos ecológicos predominantes, se evalúan los impactos ambientales del proyecto y se analizan sus efectos acumulativos, sinérgicos y residuales.

De conformidad con la Nueva Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental Modalidad Regional emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2025), la delimitación de la REcol debe responder a criterios de funcionalidad ambiental y no a límites político-administrativos. En consecuencia, la región de análisis fue definida considerando los procesos naturales que estructuran y condicionan el funcionamiento del territorio, de manera que el sistema ambiental regional represente una unidad ecológicamente coherente respecto del proyecto.

Bajo este enfoque, la delimitación de la REcol para el proyecto Tepetate Solar se realizó mediante un procedimiento de análisis espacial en Sistema de Información Geográfica (SIG), basado en la integración y superposición de cuatro capas temáticas principales que representan los factores biofísicos que ejercen mayor influencia sobre la organización del paisaje regional, complementadas por el marco de referencia establecido por la regionalización ecológica nacional del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

I. Procedimiento metodológico

El procedimiento aplicado comprendió las siguientes etapas:

I. Definición del marco regional de referencia

Como punto de partida se identificó la posición del proyecto dentro de la regionalización ecológica nacional establecida por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (SEMARNAT, 2012). El proyecto se localiza dentro de la Región Ecológica 14:16 y específicamente en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 121 "Depresión de México", cuya descripción proporciona el contexto ecológico regional, las tendencias de transformación del territorio y las condiciones generales de conservación y deterioro ambiental que caracterizan esta porción del Altiplano Central.

Esta regionalización constituye el marco de referencia ambiental dentro del cual posteriormente se delimitó la REcol específica para la presente MIAR.

II. Integración de las capas temáticas

Posteriormente se integraron en un Sistema de Información Geográfica las cuatro capas cartográficas consideradas determinantes para reconocer la continuidad funcional del territorio:

- Uso del suelo y vegetación (Serie VII, INEGI).
- Red hidrográfica superficial (RH26Dq).

- Ecorregiones terrestres de México.
- Hidrogeología regional.

Cada una de estas capas representa procesos ecológicos distintos y complementarios.

La cartografía de uso del suelo permitió identificar la distribución espacial de la matriz agropecuaria, los remanentes de vegetación natural, las zonas de transición y los patrones generales de ocupación del territorio.

La red hidrográfica permitió reconocer la organización natural de los escurrimientos superficiales y los límites funcionales asociados al drenaje del paisaje.

La cartografía de ecorregiones terrestres aportó el contexto biogeográfico dentro del cual se desarrollan las comunidades vegetales y faunísticas, identificando las transiciones regionales entre unidades ecológicas.

Finalmente, la hidrogeología permitió incorporar la continuidad del medio físico relacionada con la naturaleza de los materiales geológicos, la permeabilidad y los procesos regionales de infiltración y circulación del agua subterránea.

III. Superposición cartográfica

Las cuatro capas fueron analizadas conjuntamente mediante técnicas de superposición espacial (overlay) en ambiente SIG.

El procedimiento consistió en identificar las zonas donde coincidían cambios significativos entre las distintas variables ambientales, permitiendo reconocer los límites naturales del funcionamiento territorial.

Este análisis evitó utilizar límites municipales, ejidales o administrativos, privilegiando únicamente aquellos cambios espaciales que representan modificaciones reales en la estructura y funcionamiento del sistema ambiental.

Como resultado de esta integración cartográfica se obtuvo un polígono continuo que representa la unidad territorial donde convergen los principales procesos ecológicos asociados al proyecto.

IV. Verificación e interpretación de campo

La delimitación obtenida mediante el análisis cartográfico fue posteriormente verificada mediante recorridos de campo realizados durante los trabajos de caracterización ambiental.

Las observaciones directas permitieron corroborar la continuidad de la matriz agropecuaria predominante, la distribución de los parches de vegetación natural y secundaria, el comportamiento de los cauces temporales, la presencia de corredores ecológicos, los patrones de fragmentación del paisaje y las principales barreras físicas existentes.

Asimismo, el análisis de fotografías aéreas obtenidas mediante dron permitió interpretar la estructura del mosaico paisajístico y corroborar la correspondencia entre los límites cartográficos y las condiciones observadas en sitio.

Esta etapa permitió ajustar puntualmente el límite de la REcol, asegurando que representara una unidad funcional coherente desde el punto de vista ecológico.

V. Justificación de la delimitación

Como resultado del procedimiento descrito se delimitó una Región Ecológica con una superficie de **2,719.8454 ha**, dentro de la cual se localiza el área de establecimiento del proyecto (Figura 3).

La delimitación obtenida representa una unidad territorial suficientemente amplia para incorporar los procesos físicos, biológicos y ecológicos que pueden influir sobre el comportamiento ambiental del proyecto, pero al mismo tiempo conserva un grado adecuado de homogeneidad ambiental que permite interpretar el funcionamiento regional como un sistema integrado.

En esta región quedan representados los principales componentes del paisaje previamente descritos en este capítulo, incluyendo la matriz agropecuaria dominante, los parches de vegetación natural y secundaria, los corredores ecológicos, las zonas de transición, los nodos naturales aislados, las barreras derivadas de infraestructura y la configuración general del mosaico paisajístico, cuya interacción determina la funcionalidad ecológica regional.

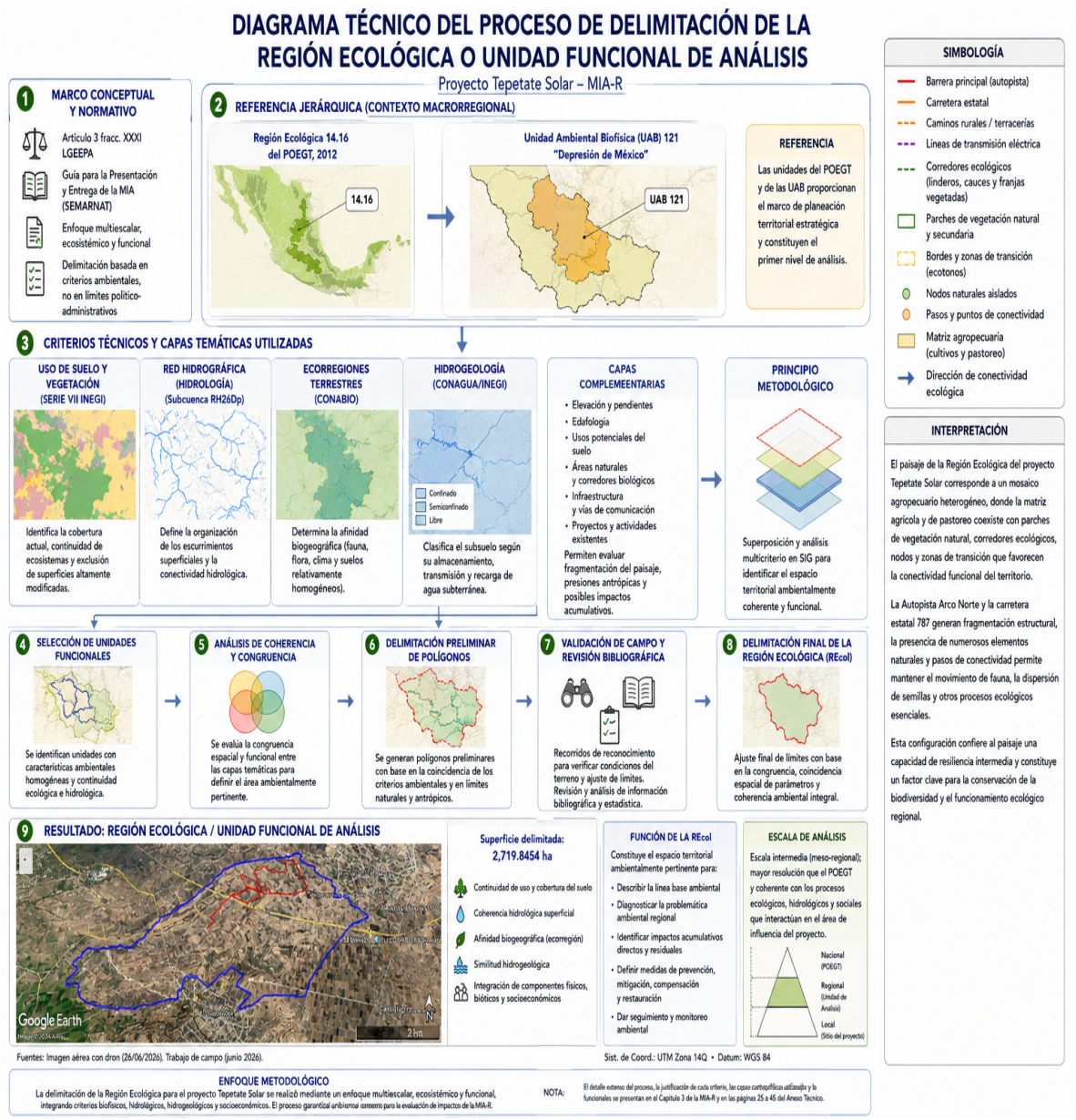
Desde esta perspectiva, la REcol no constituye únicamente un área geográfica de estudio, sino la unidad funcional de análisis sobre la cual se fundamenta la evaluación ambiental del proyecto.

Su delimitación permite caracterizar adecuadamente el estado actual del sistema ambiental, identificar las tendencias regionales de transformación, analizar la interacción entre los distintos componentes del paisaje y evaluar los efectos ambientales potenciales del proyecto dentro de un contexto espacial ecológicamente coherente.

Finalmente, este procedimiento metodológico resulta congruente con los principios establecidos en el artículo 44 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, al definir una región de análisis basada en la estructura y funcionamiento del ecosistema y no únicamente en los recursos susceptibles de aprovechamiento o afectación directa, permitiendo que la evaluación considere la integridad funcional y la capacidad de respuesta del sistema ambiental regional en el largo plazo.

Superficie de la región ecológica: la delimitación de la Región Ecológica 14.16 del POEGT en la cual se ubica una única Unidad Ambiental Biofísica (UAB 121), fue delimitada en una superficie de 14’321.74 km^2 (1’432,174 ha) del territorio de los Estado de México y Morelos, alrededor de la Ciudad de México; dentro de ese espacio geográfico, desarrollando el proceso descrito en los párrafos precedentes se acotó una superficie correspondiente a la REcol de esta MIAR (POEGT, 20212, *op. Cit.)*.

Figura 3



La representación gráfica de cada uno de las capas temáticas utilizadas se presenta a continuación:

Figura 4 Usos de suelo y vegetación

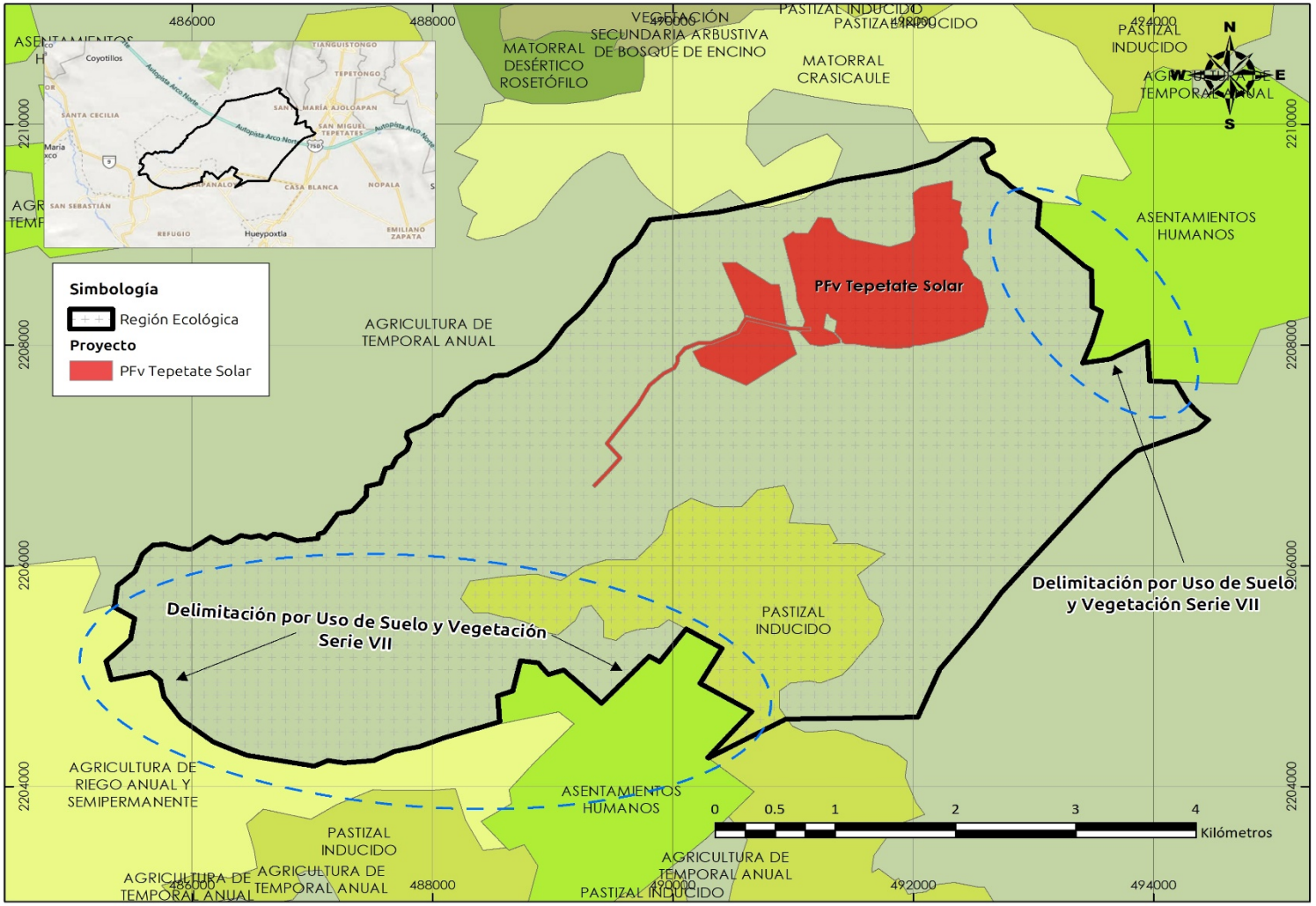


Figura 5 Red hidrográfica (hidrología superficial)

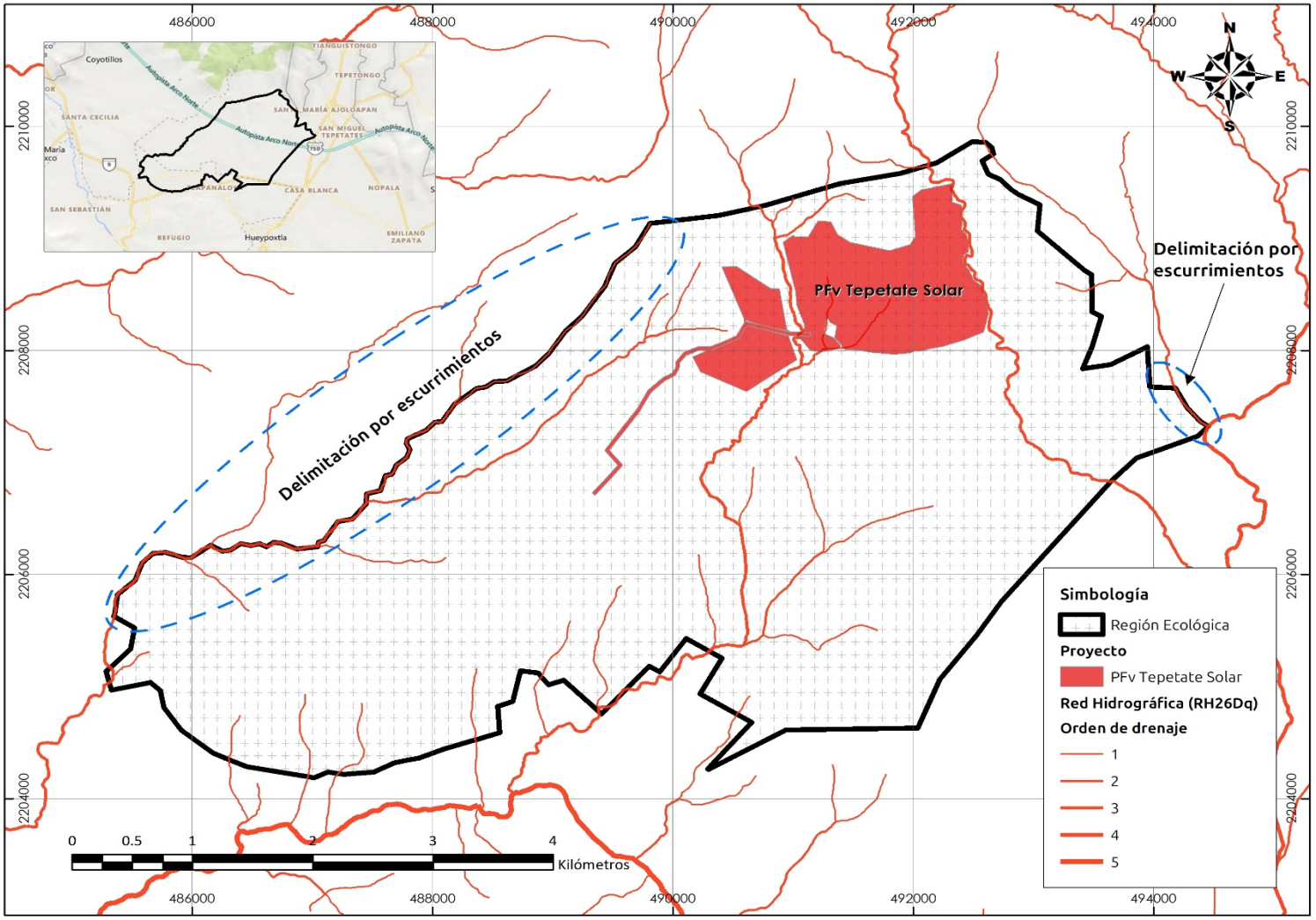


Figura 6 ecorregiones terrestres

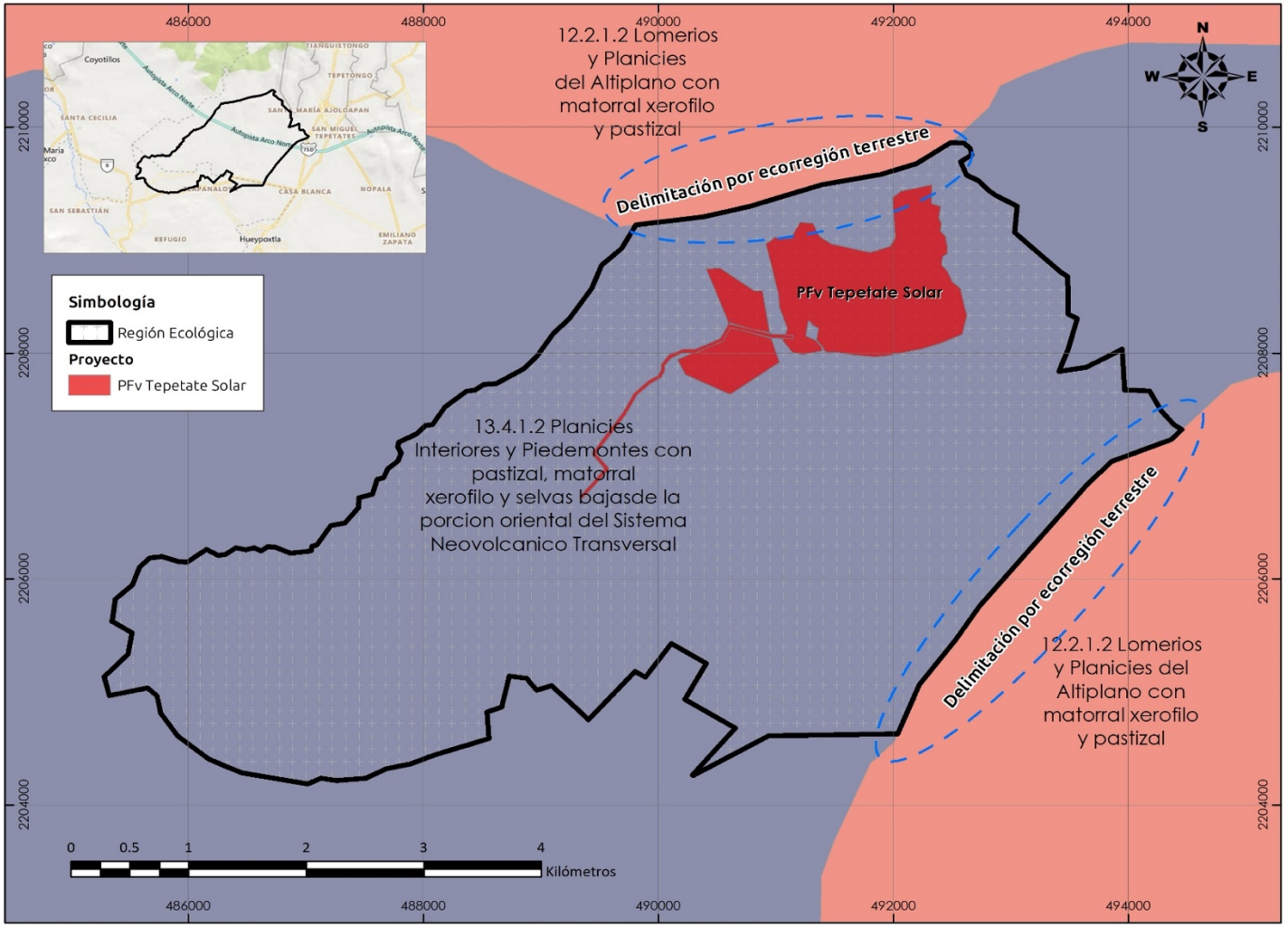


Figura 7 hidrogeología

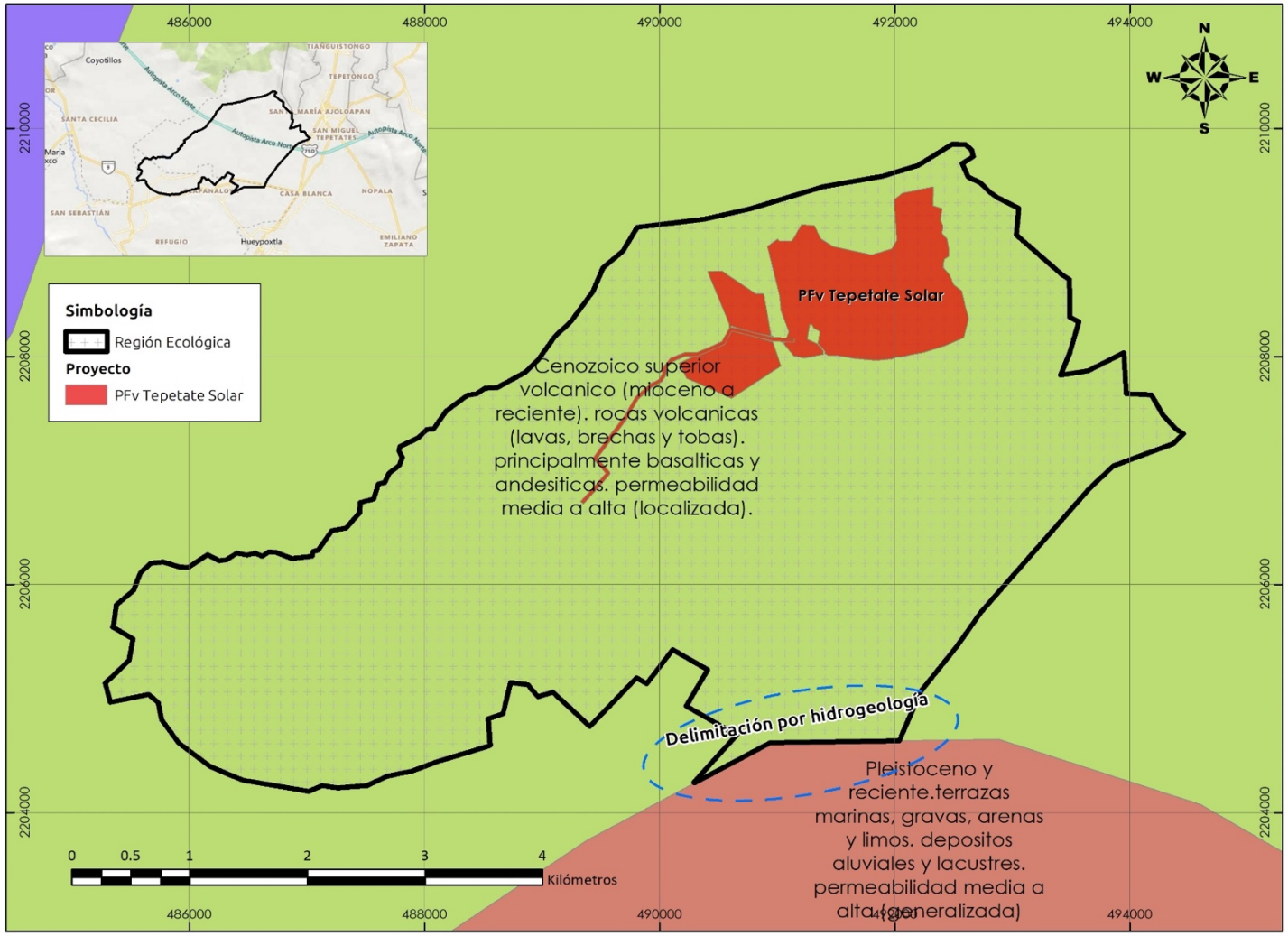
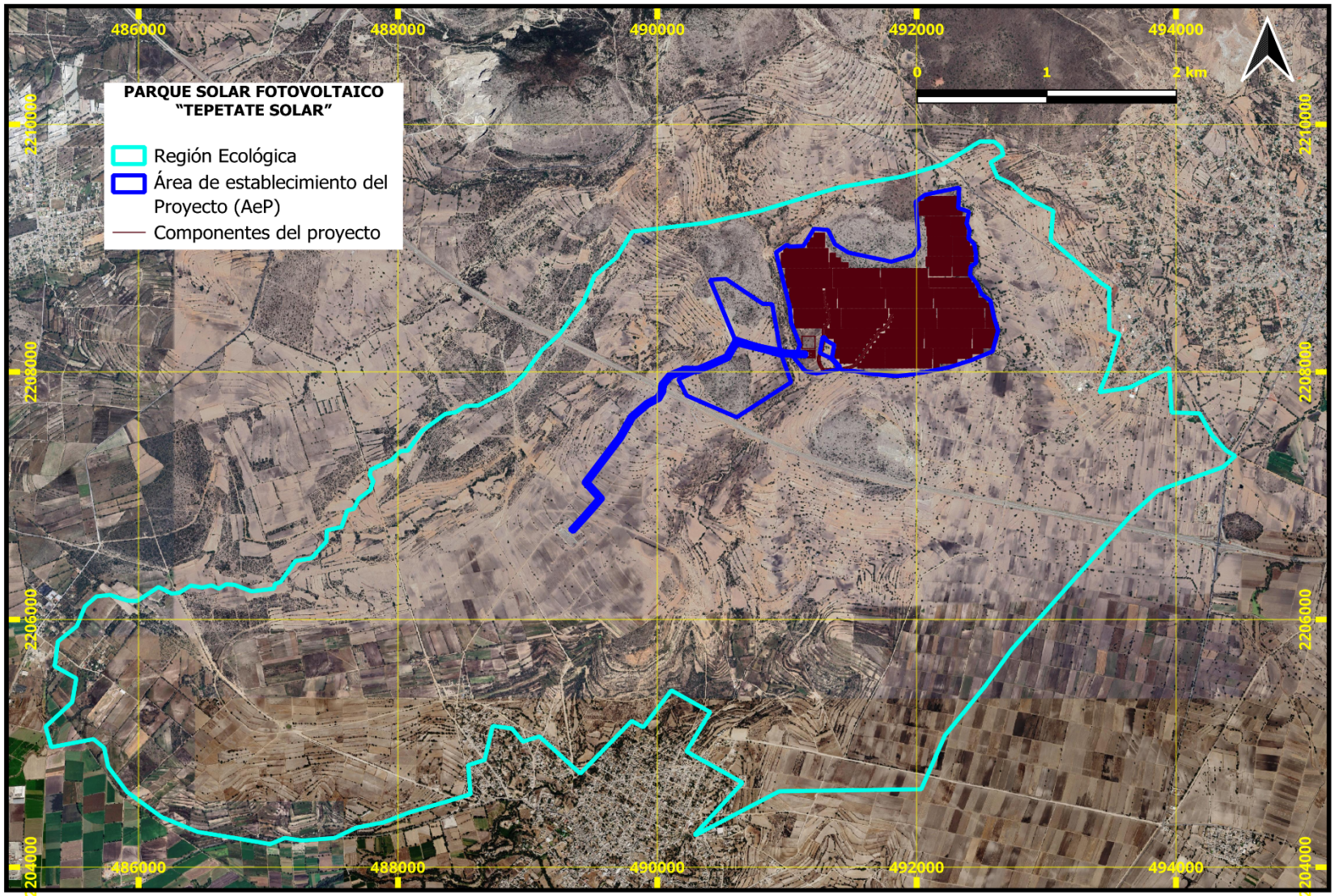


Figura 8 polígono de la unidad funcional de análisis de la MIAR (Región Ecológica)



Análisis de los componentes ambientales al interior de la REcol para esta MIAR: el municipio de Hueypoxtla se localiza en la porción noreste del Estado de México, dentro de la región de Zumpango, en una zona de transición entre la Cuenca del Valle de México y el Valle del Mezquital. Limita con los municipios de Apaxco, Tequixquiac y Zumpango, así como con el estado de Hidalgo. Su posición geográfica lo ubica en un corredor estratégico de conexión regional, reforzado por la presencia de la autopista Arco Norte.

Desde el punto de vista fisiográfico, el municipio presenta un relieve dominado por lomeríos y elevaciones asociadas al Eje Neovolcánico, con altitudes que oscilan entre aproximadamente 2,200 y 3,000 m s.n.m., destacando la Sierra de Tezontlalpa y elevaciones como el cerro Picacho. Estas condiciones determinan patrones de escurrimiento superficial de tipo intermitente y una hidrografía dominada por el río Salado de Hueypoxtla, el cual constituye el principal eje de drenaje del municipio.

En cuanto a la estructura de asentamientos humanos, el municipio está conformado por una red de localidades rurales y semiurbanas, entre las que destacan la cabecera municipal de Hueypoxtla, Santa María Ajoloapan, San Francisco Zacacalco y Emiliano Zapata, que concentran la mayor población y actividad económica.

La red de comunicaciones está estructurada principalmente por la autopista Arco Norte y caminos secundarios que conectan las localidades entre sí y con municipios vecinos. Esta configuración territorial condiciona tanto la accesibilidad del área del proyecto como la distribución espacial de posibles impactos ambientales.

En el espacio antes descrito se ubica la mayor proporciona de la superficie de la Región ecológica (REcol), su caracterización permite realizar una descripción general de las condiciones ambientales de la región, así como la identificación de las características abióticas, bióticas y sociales del área geográfica en donde influirá y se pretende establecer el proyecto.

En el aspecto económico, la base productiva está constituida principalmente por actividades agropecuarias y forestales. La agricultura de temporal es la más representativa, con cultivos como maíz, cebada, frijol, avena y forrajes, destinados tanto al autoconsumo como al mercado regional. La ganadería bovina, ovina y caprina también tiene un papel importante, complementándose con la avicultura y la porcicultura a menor escala. En los últimos años, algunas comunidades han diversificado su economía mediante el comercio local, la prestación de servicios, pequeñas manufacturas y el aprovechamiento de remesas enviadas por migrantes. Asimismo, la ubicación del municipio le permite establecer vínculos comerciales con estados vecinos como Hidalgo y Ciudad de México.

En cuanto a la infraestructura de comunicación, la REcol para esta MIA esta cruzada por numerosas vías destacando entre ellas la autopista Arco Norte (M40D), que constituye la principal vía de conexión regional y facilita la integración del territorio con otros centros urbanos y corredores logísticos. Asimismo, existe una red de caminos secundarios y rurales que articulan las distintas localidades del municipio,

destacando las conexiones hacia Santa María Ajoloapan, San Francisco Zacacalco y la cabecera municipal de Hueypoxtla.

En conjunto, estos elementos configuran un territorio con características mixtas rurales y de conectividad regional, en el cual la disposición del relieve y la infraestructura vial desempeñan un papel determinante en la accesibilidad, el uso del suelo y la distribución espacial de las actividades humanas.

Desde el punto de vista histórico - cultural, Hueypoxtla presenta una identidad asociada a su origen prehispánico, su función histórica como zona de intercambio y producción de cal, y su arquitectura religiosa y civil de época colonial y poscolonial. El topónimo se reconoce como de origen náhuatl y suele interpretarse como “lugar de grandes mercaderes”; la región fue habitada por grupos tolteca-chichimecas, otomíes y nahuas, lo que explica su carácter cultural mixto.

Los resultados que derivaron del proceso que permitió delimitar la REcol para esta MIAR identificaron la incidencia dinámica sobre diversos factores del ambiente (suei, flora, fauna, etc., que pueden ser afectados por el proyecto y, en menor medida, aquellos que puedan incidir en éste, propiciando consecuentemente efectos que conforman el estatus actual del ambiente con un escenario distinto y más perturbado que el que predominaba cuando se concluyó el diagnóstico que sustentó los alcances del POEGT.

Conceptualmente y para efectos de la EIA, se entiende que el ambiente es la parte del entorno que interactúa con el proyecto al ser fuente de recursos (naturales, energéticos, de mano de obra, etc.), de tal manera que el ambiente es un sistema formado por elementos y procesos cuyos estudios se simplifican, si se agrupan en paquetes que, a su vez, correspondan a subsistemas, como lo son:

i. **Medio físico o subsistemas físicos**: constituido por las transformaciones del ambiente natural, tal y como se encuentra en la actualidad (esto es en el “tiempo cero” T_0 o línea base).

ii. **Factores bióticos y abióticos**: la funcionalidad de los ecosistemas derivado de la interacción de la topografía, climas, geología, suelo, hidrología, vegetación y fauna en relación con la estructura del ambiente.

iii. **Paisaje**: las interacciones que se producen con el resto de los factores ambientales.

Derivado del análisis de la información de la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, serie VI (2022)[2], el espacio de la REcol para esta MIAR tiene un importante deterioro en sus características ambientales, ya que, del total de la superficie, sólo el 20.28% tiene características forestales, en tanto el 59.68% han sufrido una modificación destacable, sobre todo para uso agrícola y urbano. El 20.04% corresponde a cuerpos de agua, pastizal inducido y áreas sin vegetación.

Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad de la REcol de esta MIAR.

De acuerdo con un estudio realizado por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), el cual monitoreó los cambios de cobertura del suelo en América del Norte en un periodo del 2010 al 2015, se colige que el área de la Región Ecológica del

POEGT se caracteriza por un declive de su calidad ambiental, específicamente en el espacio de la REcol para este proyecto que se ve influenciada por el desarrollo de la ZMVM, en el cual el 82.59 % de su cobertura tiene un uso de suelo que no es forestal (ocupado por asentamientos urbanos, agricultura de temporal e industria principalmente), lo cual funge como un indicador del impacto y el deterioro de los ecosistemas presentes en dicho espacio geográfico y en su entorno.

Por tanto, en el marco de lo establecido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, la elaboración de una caracterización mínima suficiente de los elementos constitutivos del ambiente no solo es una obligación normativa, sino una herramienta técnica esencial para asegurar la viabilidad ambiental del proyecto, proteger los servicios ecosistémicos locales y contribuir al ordenamiento ecológico del territorio.

Subsistema abiótico: la caracterización del medio abiótico de la REcol para esta MIAR constituye un componente fundamental en la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad regional (MIAR) del proyecto Tepetate Solar, ya que permitirá comprender las condiciones físicas y funcionales del territorio sobre el cual se pretende desarrollar el proyecto. El análisis de elementos como la geología, geomorfología, suelos, hidrología, clima, calidad del aire y dinámica atmosférica proporcionará la base técnica para identificar la capacidad de soporte ambiental de la región, reconocer sus procesos naturales dominantes y determinar los factores de vulnerabilidad o fragilidad ambiental que podrían ser modificados por las actividades del proyecto. Asimismo, esta caracterización permite establecer la línea base ambiental indispensable para la identificación, valoración y jerarquización de los impactos ambientales, así como para el diseño de medidas de prevención, mitigación y compensación orientadas a mantener la estabilidad ecológica regional y reducir riesgos ambientales acumulativos y sinérgicos. En proyectos fotovoltaicos de gran extensión territorial, como Tepetate Solar, el estudio del medio abiótico adquiere especial relevancia debido a la interacción permanente entre las obras civiles, la modificación superficial del terreno y los procesos hidrológicos, edáficos y atmosféricos que estructuran el funcionamiento ambiental de la Región Ecológica

Climatología: el análisis de los datos vectoriales de la carta de unidades climatológicas del INEGI, que clasifica los tipos de climas en el territorio nacional acorde a la clasificación de Köppen modificada por García A. E. (2004)[3], en la REcol, predomina clima templado subhúmedo con temperatura media anual de 12ºC (tabla 2).

Para recopilar registros meteorológicos necesarios y con ello evidenciar los criterios climatológicos que caracterizan el espacio geográfico de la REcol y, consecuentemente del AeP, se consultaron las normales climatológicos de la red de estaciones climatológicas, del servicio meteorológico nacional (SMN), las estaciones más cercanas a la REcol y al proyecto son la 15028 El Tajo – Túnel Viejo y la estación 15028 Nopala, ésta última ubicada en el municipio de Hueypoxtla, ambas con periodos de registro de 29 años (1981 al 2010). A partir del análisis de

los datos, es posible inferir que la temperatura media anual es de 15.3°C, por lo que se trata de una zona templada.

Tabla 2 Tipo de climas en la REcol para esta MIAR

Tipo de clima	Clave	Descripción	Tipo de vegetación
Templado subhúmedo	**C(w0)(w)**	Clima templado, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frio oscila entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más cálido menos a los 22°C, precipitación anual de 200 a 1,800 mm, y del mes más seco 0 a 40 mm, con lluvias en verano del 5% al 10.2% anual.	Chaparral

Fuente: Guía para la interpretación de cartografía climatológica, INEGI, 2005[4]

La temporada de calor (abril a septiembre), tiene en el mes de mayo el registro de la mayor sensación térmica 28.4°C y de octubre a marzo, el de las temperaturas más frías, siendo el mes de enero con la sensación térmica mínima durante el año 1.0°C. En cuanto a la precipitación media anual en el espacio geográfico de acuerdo con los datos de esta estación meteorológica es de 646.8 mm, el periodo de las lluvias es en verano de junio a septiembre, siendo el mes de julio en el que más llueve (tabla 3).

Tabla 3 Normales climatológicas estación meteorológica 15028 (1981 – 2010)

Clave de la estación meteorológica: 15028
Estación meteorológica: El Tajo - Túnel Viejo
Altitud: 2,229 msnm
Periodo: 1981-2010

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T. Máxima normal	22.6	23.9	26.7	28.2	28.4	26.1	24.3	24.3	23.9	23.6	23.2	22.4	**24.8**
T. Media normal	11.8	12.8	15.1	17.1	18.3	17.8	16.9	16.9	16.5	15.2	13.4	12.2	**15.3**
T. Mínima mensual	1.0	1.6	3.5	5.9	8.3	9.6	9.5	9.4	9.2	6.8	3.7	2.0	**5.9**
Precipitación	9.5	9.1	15.3	24.1	50.0	104.1	134.4	122.3	99.6	57.9	13.1	7.4	**646.8**

Fuente: Normales climatológicas por Estado, Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2020[5])

Estación climatológica 15274 "NOPALA"

Municipio**:** Hueypoxtla, Estado de México
Latitud: 19.937778° N
Longitud**:** 99.011944° O

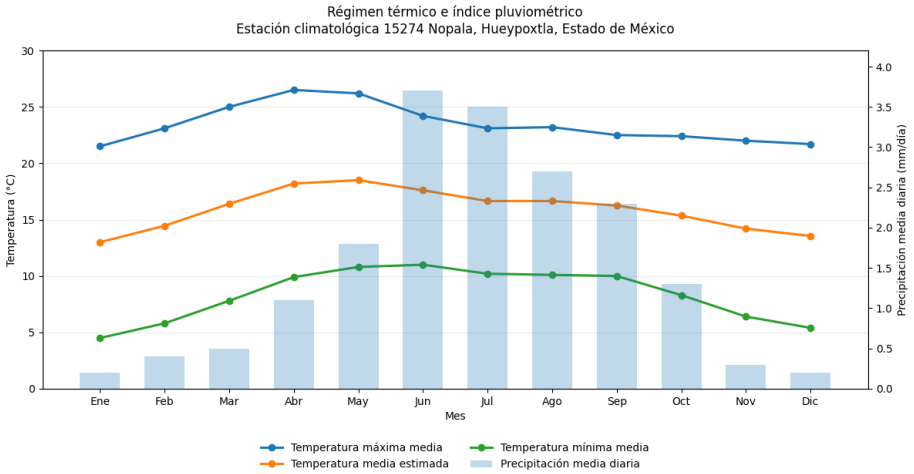
Altitud**:** 2,380 m s.n.m.
Situación: Operando.

Mes	Temperatura máxima media (°C)	Temperatura media estimada (°C)	Temperatura mínima media (°C)	Precipitación media diaria (mm/día)
Enero	21.5	13.0	4.5	0.2
Febrero	23.1	14.5	5.8	0.4
Marzo	25.0	16.4	7.8	0.5
Abril	26.5	18.2	9.9	1.1
Mayo	26.2	18.5	10.8	1.8
Junio	24.2	17.6	11.0	3.7
Julio	23.1	16.7	10.2	3.5
Agosto	23.2	16.7	10.1	2.7
Septiembre	22.5	16.3	10.0	2.3
Octubre	22.4	15.4	8.3	1.3
Noviembre	22.0	14.2	6.4	0.3
Diciembre	21.7	13.6	5.4	0.2
Promedio anual	**23.5**	**15.9**	**8.4**	**1.5**

Observaciones técnicas

1. La temperatura máxima media anual es de 23.5 °C.
2. La temperatura media anual estimada es de 15.9 °C.
3. La temperatura mínima media anual es de 8.4 °C.
4. El régimen térmico es característico de un clima templado subhúmedo de altiplano, con las mayores temperaturas durante **abril y mayo**, previo al establecimiento de la temporada de lluvias.
5. El valor de precipitación presentado corresponde al promedio diario de precipitación registrado para cada mes.

Figura 9 régimen térmico e índice pluviométrico



Nota: la temperatura media mensual fue estimada como el promedio de las temperaturas máxima y mínima medias. La precipitación corresponde al valor medio diario reportado por el SMN, no a una normal mensual.

Se infiere que existe una interacción entre las variables climatológicas analizadas y la planta fotovoltaica, aunque ésta no es simétrica. La temperatura y la precipitación pueden influir de manera directa en el desempeño, la operación y el mantenimiento de la instalación; en sentido inverso, la planta puede generar modificaciones microclimáticas muy localizadas solo dentro de su superficie de ocupación, pero no se prevé que altere de manera apreciable el régimen climático regional representado por la estación 15274 Nopala.

La temperatura constituye una de las variables de mayor incidencia sobre el rendimiento de los módulos fotovoltaicos. Aunque la radiación solar favorece la generación eléctrica, el aumento de la temperatura de las celdas reduce su eficiencia instantánea, por lo que durante los meses más cálidos —principalmente abril y mayo, cuando se registran las mayores temperaturas medias— puede presentarse una disminución relativa en la potencia de salida respecto de las condiciones nominales de diseño. En contraste, las temperaturas más bajas de invierno pueden favorecer la eficiencia eléctrica de los módulos, siempre que exista suficiente irradiación. Las variaciones térmicas diarias y estacionales también generan ciclos de dilatación y contracción en estructuras, conexiones, cables y equipos eléctricos, por lo que deben considerarse en las especificaciones de montaje, inspección y mantenimiento preventivo. En el caso del sistema de almacenamiento de energía, las temperaturas ambientales elevadas pueden incrementar las necesidades de ventilación o climatización de los contenedores y afectar el desempeño y la vida útil de las baterías si no se mantienen dentro de sus rangos operativos.

La precipitación ejerce efectos tanto favorables como potencialmente adversos. La lluvia contribuye a remover polvo y partículas acumuladas sobre la superficie de los módulos, con lo que puede mejorar temporalmente su transmisividad y reducir la frecuencia de limpieza. No obstante, durante la temporada lluviosa, particularmente entre junio y septiembre, pueden aumentar la humedad ambiental, los escurrimientos superficiales, la saturación temporal del suelo y el riesgo de erosión en caminos, zanjas, plataformas y zonas con suelo expuesto. Cuando el drenaje no es adecuado, pueden presentarse encharcamientos, afectación de accesos, socavación en cimentaciones menores o deterioro de instalaciones auxiliares. Por ello, el diseño debe conservar las trayectorias naturales del agua, evitar obstrucciones, incorporar obras de drenaje suficientes y mantener cubierta vegetal o medidas de estabilización en las superficies no ocupadas por infraestructura.

En los periodos secos, la escasa precipitación favorece la acumulación de polvo sobre los módulos, caminos y equipos, lo que puede reducir la generación eléctrica por sombreado parcial y ensuciamiento. Este efecto puede acentuarse por el tránsito de vehículos y la presencia de superficies desprovistas de vegetación. La limpieza en seco prevista para la planta resulta congruente con estas condiciones, aunque deberá complementarse con control de velocidad vehicular, mantenimiento de caminos y conservación de la cobertura vegetal, a fin de minimizar la resuspensión de partículas.

En sentido inverso, la planta fotovoltaica puede modificar algunas condiciones microambientales dentro de su polígono. Los módulos interceptan parcialmente la radiación solar, generan sombra y redistribuyen el agua de lluvia hacia sus bordes inferiores, lo que puede producir diferencias locales de temperatura, humedad y contenido de agua en el suelo entre las superficies cubiertas, los espacios entre hileras y las zonas exteriores. Durante el día, la sombra puede reducir la temperatura superficial del suelo debajo de los paneles, mientras que durante la noche la estructura puede disminuir parcialmente la pérdida de calor por radiación. Asimismo, el escurrimiento concentrado desde los módulos puede incrementar la humedad en franjas localizadas si no existe una adecuada dispersión del agua.

Estas modificaciones se consideran de escala local y de baja magnitud respecto del clima regional. La planta no tiene capacidad para alterar la temperatura media, el régimen de lluvias o la estacionalidad climática del municipio. Su influencia se limitaría principalmente al microclima inmediato del área ocupada y dependerá del porcentaje de cobertura por módulos, la altura de instalación, el espaciamiento entre hileras, la permanencia de vegetación herbácea, el manejo del suelo y el diseño del drenaje.

En conclusión, la interacción más relevante corresponde a la influencia del clima sobre la planta fotovoltaica, debido a sus efectos sobre la eficiencia de generación, el ensuciamiento de módulos, el comportamiento de los equipos, la accesibilidad y la estabilidad del terreno. La influencia de la planta sobre las variables climáticas será esencialmente microclimática, localizada y reversible, siempre que se conserven las condiciones de infiltración, cobertura vegetal y drenaje superficial. Por ello, no se anticipa una modificación significativa del régimen térmico o pluviométrico regional, aunque sí resulta necesario monitorear la erosión, los escurrimientos, la humedad del suelo y la estabilidad de las áreas bajo y entre los módulos durante las etapas de operación y mantenimiento.

Radiación solar**:** para la caracterización del recurso solar (recurso natural renovable) en la REcol se analizaron los valores mensuales de irradiación directa normal, fracción difusa y temperatura media del aire a 2 m de altura. En este apartado se utiliza el término radiación solar como concepto general, mientras que irradiación solar se emplea para referirse a la energía acumulada por unidad de superficie durante un periodo determinado, expresada en kWh/m²/mes o kWh/m²/año.

En la región central de México (que incluye el estado de México y la REcol), los estudios de este recurso renovable señalan que la irradiación solar promedio global horizontal se encuentra alrededor de ≈6.16 kWh/m^2/día, lo que indica un recurso solar significativo, (WBG&ESMAO, s.f.) [6], (Hernández-Escobedo et al. 2022)[7].

La información disponible reporta la irradiación directa normal mensual, identificada como Hb(n)_m o DNI, que representa la energía solar que incide sobre una superficie perpendicular a los rayos solares. Esta variable es útil para evaluar la disponibilidad de radiación directa; sin embargo, para caracterizar el recurso solar sobre una superficie horizontal resulta necesario estimar la irradiación global

horizontal o GHI, la cual integra la componente directa proyectada sobre el plano horizontal y la componente difusa. De acuerdo con la formulación empleada en evaluación solar, la radiación global horizontal se expresa como la suma de la radiación directa proyectada y la radiación difusa horizontal (WMO, 2023)[8]; (NREL, s. f.)[9].

La GHI es el indicador más representativo para describir el recurso solar disponible en superficie horizontal, ya que expresa la energía solar total que alcanza el terreno. Por su parte, la DHI o irradiación difusa horizontal corresponde a la fracción de la radiación solar que llega al sitio después de haber sido dispersada por la atmósfera, principalmente por nubosidad, vapor de agua, aerosoles y partículas suspendidas (ECJRC, s. f.)[10]; (WBG & ESMAP, s. f., *op. Cit*)).

A partir de los valores de Hb(n)_m y de la relación Kd, definida como el cociente entre la irradiación difusa y la irradiación global, se realizó una reconstrucción aproximada de GHI y DHI. Esta estimación indica una GHI anual aproximada de 1,865.68 kWh/m²/año, equivalente a cerca de 5.11 kWh/m²/día, y una DHI anual aproximada de 504.70 kWh/m²/año. Estos valores sugieren que el municipio de Hueypoxtla presenta condiciones muy favorables para el aprovechamiento de la energía solar.

El comportamiento mensual muestra una mayor disponibilidad de irradiación global durante marzo, abril y mayo (tabla 4), con valores estimados de GHI superiores a 180 kWh/m²/mes. En contraste, los valores más bajos se presentan entre agosto y diciembre, asociados con mayor nubosidad, dispersión atmosférica y variaciones estacionales del ángulo solar. La fracción difusa aumenta durante la temporada de lluvias, alcanzando su máximo en agosto, con Kd = 0.36, lo que indica una mayor participación de radiación dispersa respecto de la radiación global.

Tabla 4 Radiación solar global y difusa mensual en el área del Proyecto

Mes	Hb(n)_m / DNI kWh/m²/mes	Kd	BHI estimada kWh/m²/mes	GHI estimada kWh/m²/mes	DHI estimada kWh/m²/mes	T2m °C
Enero	243.75	0.20	117.82	147.27	29.45	12.9
Febrero	183.32	0.28	97.83	135.87	38.04	14.4
Marzo	247.07	0.23	145.24	188.63	43.38	16.7
Abril	227.74	0.24	141.98	186.81	44.84	18.7
Mayo	236.34	0.25	149.14	198.85	49.71	18.3
Junio	178.74	0.30	112.33	160.48	48.14	18.4
Julio	181.34	0.31	114.24	165.57	51.33	16.7
Agosto	142.59	0.36	89.71	140.17	50.46	16.1
Septiembre	158.82	0.32	96.24	141.52	45.29	15.7
Octubre	166.39	0.30	92.55	132.21	39.66	14.0
Noviembre	203.60	0.24	101.44	133.47	32.03	13.2
Diciembre	218.86	0.24	102.47	134.83	32.36	12.5

Mes	Hb(n)_m / DNI kWh/m²/mes	Kd	BHI estimada kWh/m²/mes	GHI estimada kWh/m²/mes	DHI estimada kWh/m²/mes	T2m °C
Total anual	**2,388.56**	—	**1,360.98**	**1,865.68**	**504.70**	—

En términos ambientales, estos resultados son útiles para sustentar que el área del Proyecto se ubica en una zona con disponibilidad solar suficiente para el desarrollo fotovoltaico. No obstante, por tratarse de una reconstrucción derivada y no de mediciones directas en sitio, estos valores deben considerarse como una aproximación técnica de línea base. Para estimaciones energéticas definitivas del Proyecto deberá emplearse una base de datos solar validada, preferentemente con series horarias de GHI, DNI y DHI, o mediciones locales mediante instrumentación meteorológica conforme a estándares reconocidos.

En conclusión: las condiciones climatológicas registradas en la REcol y que son extensivas al área de establecimiento del proyecto (AeP), se caracterizan por un régimen de temperatura y precipitación propios de la zona semiárida templada, con marcada estacionalidad en las lluvias y periodos de sequía que determinan la dinámica de los ecosistemas y de las actividades productivas predominantes. Estos atributos, junto con la variabilidad interanual de los registros meteorológicos, inciden de manera directa en la calidad ambiental del sitio, al condicionar la cobertura vegetal secundaria, la disponibilidad hídrica superficial y subterránea, y la capacidad de resiliencia de los ecosistemas locales frente a presiones antrópicas.

En este contexto, el establecimiento del parque fotovoltaico representa una alternativa de aprovechamiento energético que, al no generar emisiones atmosféricas significativas ni consumir volúmenes relevantes de agua en su fase de operación, contribuye a mantener la calidad ambiental regional. No obstante, la instalación de infraestructura puede producir modificaciones micro climáticas en el área inmediata, asociadas a cambios en la radiación incidente sobre el suelo, micro variaciones en la temperatura superficial y modificaciones en los patrones de escurrimiento pluvial. Dichos efectos, si bien localizados, podrían incidir en la micro dinámica térmica y de humedad edáfica del sitio (bajo los paneles), con implicaciones favorables en la sucesión de la vegetación secundaria y en los servicios ecosistémicos asociados.

En términos prospectivos, la integración de medidas de manejo ambiental —como la revegetación perimetral, la conservación de corredores biológicos y el monitoreo climático de largo plazo— permitirá mitigar posibles impactos y favorecer la adaptación de los ecosistemas circundantes. De esta manera, la operación del proyecto no sólo se alinea con los objetivos nacionales de transición energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también establece un marco de corresponsabilidad en la gestión del clima local, minimizando riesgos de deterioro y fortaleciendo la calidad ambiental futura del área de influencia.

Calidad del aire: la calidad del aire constituye un componente del medio abiótico cuya relevancia, en el contexto de una planta fotovoltaica, no radica tanto en la presencia de fuentes permanentes de emisiones atmosféricas, sino en su estrecha relación con los procesos de dispersión de partículas, la eficiencia operativa de los módulos fotovoltaicos y las actividades temporales de construcción. En consecuencia, la caracterización de este componente se orienta a describir las condiciones naturales de ventilación atmosférica de la Región Ecológica, la susceptibilidad a la generación y dispersión de polvo, así como la interacción potencial entre dichas variables y el funcionamiento del proyecto.

La Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar se localiza en una zona de clima templado subhúmedo, con una marcada estacionalidad entre la época de lluvias y la temporada seca. Durante la mayor parte del año predominan condiciones de atmósfera abierta y bien ventilada, favorecidas por la amplitud del paisaje agrícola, la escasa presencia de obstáculos topográficos de gran altura y la circulación regional del viento sobre la altiplanicie del norte del Estado de México. Estas condiciones permiten una adecuada dispersión de las partículas suspendidas generadas por fuentes naturales y antrópicas, disminuyendo la probabilidad de acumulación persistente de contaminantes en el área del proyecto. Al no existir complejos industriales de gran magnitud ni corredores urbanos densamente desarrollados en el entorno inmediato, la calidad del aire regional puede considerarse, en términos generales, compatible con un ambiente predominantemente rural.

La principal alteración temporal de este componente ambiental podría presentarse durante la etapa de preparación del sitio y construcción, como consecuencia del despalme de la vegetación herbácea, el movimiento de tierras, la excavación de zanjas, el acondicionamiento de caminos, el tránsito de maquinaria y el manejo de materiales pétreos y suelos finos. Estas actividades favorecen la emisión de partículas suspendidas totales (PST) y partículas inhalables (PM_{10}), especialmente durante la temporada seca, cuando la humedad superficial del suelo disminuye y aumenta su susceptibilidad a la resuspensión por efecto del viento o del tránsito vehicular.

La intensidad de este fenómeno dependerá de diversos factores, entre ellos la textura del suelo, el contenido de humedad, la velocidad del viento, la longitud de las superficies desnudas y la duración de las actividades constructivas. Debido a que las emisiones serán difusas, intermitentes y de carácter temporal, su influencia se restringirá principalmente al interior del predio y a las inmediaciones de los frentes de trabajo, disminuyendo rápidamente conforme aumenta la distancia por efecto de la dispersión atmosférica natural.

La circulación regional del viento constituye uno de los principales mecanismos de control de la calidad del aire en el sitio. Las corrientes dominantes favorecen la dilución de las partículas emitidas durante la construcción, aunque también pueden incrementar la resuspensión de polvo cuando existen superficies extensas desprovistas de vegetación. En consecuencia, la interacción entre viento y suelo representa el principal mecanismo físico responsable de la generación y transporte

de partículas en este tipo de proyectos. Por ello, la conservación de cobertura vegetal temporal, la estabilización de caminos, el control de velocidad de los vehículos y la reducción de superficies desnudas constituyen medidas fundamentales para minimizar las emisiones fugitivas.

Durante la etapa de operación, la generación permanente de emisiones atmosféricas será prácticamente nula, ya que la planta fotovoltaica no incorpora procesos de combustión para la producción de electricidad ni utiliza equipos industriales emisores de contaminantes criterio. Las únicas emisiones ocasionales corresponderán al tránsito esporádico de vehículos de mantenimiento y a las actividades de conservación de caminos internos, cuya contribución al deterioro de la calidad del aire será mínima y localizada.

Desde el punto de vista operativo, la deposición de polvo sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos representa uno de los factores ambientales con mayor influencia sobre el rendimiento energético de la instalación. La acumulación de partículas minerales, materia orgánica o polvo agrícola reduce la transmitancia de la radiación solar hacia las celdas fotovoltaicas, generando pérdidas graduales de eficiencia y disminuciones en la producción eléctrica. Diversos estudios realizados en instalaciones fotovoltaicas de regiones semiáridas y agrícolas reportan reducciones de eficiencia que pueden variar entre **2 y 7 %** bajo condiciones normales de ensuciamiento y superar el **10 %** cuando la acumulación de partículas es prolongada y no se realizan labores de limpieza (Mani & Pillai, 2010)[11]; (Sayyah, Horenstein & Mazumder, 2014)[12].

En el caso del proyecto Tepetate Solar, este efecto puede intensificarse durante los meses secos, particularmente cuando coincidan actividades agrícolas regionales, tránsito de vehículos sobre caminos no pavimentados o periodos prolongados sin precipitación. Sin embargo, la ocurrencia estacional de lluvias favorece el lavado natural de los módulos y reduce parcialmente la acumulación de partículas. Adicionalmente, el proyecto contempla un programa de mantenimiento preventivo basado en inspecciones periódicas y limpieza en seco, estrategia que resulta congruente con las condiciones de disponibilidad de agua y con la necesidad de mantener elevados niveles de eficiencia energética.

En sentido inverso, la operación de la planta no modificará de manera significativa la calidad del aire regional. La infraestructura fotovoltaica carece de fuentes continuas de emisiones gaseosas, partículas o compuestos precursores de contaminación atmosférica. Por el contrario, al producir electricidad mediante el aprovechamiento directo de la radiación solar, contribuirá indirectamente a reducir las emisiones de gases y contaminantes atmosféricos que serían generados por fuentes convencionales de generación eléctrica basadas en combustibles fósiles. En consecuencia, la interacción entre el proyecto y la calidad del aire será predominantemente unidireccional: las condiciones atmosféricas influirán sobre el desempeño de la planta, mientras que la planta ejercerá una incidencia prácticamente nula sobre la calidad del aire regional, limitándose a emisiones temporales y localizadas durante la construcción.

En términos generales, la calidad del aire de la Región Ecológica constituye una condición favorable para el establecimiento del proyecto. Los efectos potenciales sobre este componente serán de carácter temporal, reversible y espacialmente restringido a las etapas iniciales de construcción, pudiendo controlarse eficazmente mediante medidas preventivas como la humectación selectiva de caminos cuando sea estrictamente necesaria, el control de velocidades de circulación, la estabilización de superficies expuestas, el mantenimiento de cobertura vegetal entre hileras de módulos y la limpieza periódica de los paneles fotovoltaicos.

Erosión, tasas de erosión hídrica y eólica estimadas para la región de Hueypoxtla: la revisión de fuentes oficiales, cartográficas y académicas para todo el municipio de Hueypoxtla, corresponde principalmente a intervalos regionales de referencia y tasas potenciales**.**

Tasas regionales de erosión hídrica**:** con base en los intervalos de SEMARNAT y en las condiciones fisiográficas y de uso del suelo de Hueypoxtla, pueden reconocerse los siguientes escenarios regionales:

Condición del terreno	Tasa hídrica regional de referencia	Interpretación
Planicies con cobertura herbácea continua, pendientes mínimas y escurrimiento disperso	<5 t/ha/año	Erosión nula o muy baja
Parcelas agrícolas planas o suavemente inclinadas, con cobertura parcial	5–10 t/ha/año	Erosión ligera
Terrenos agrícolas desnudos, caminos sin estabilización y laderas suaves a medias	10–50 t/ha/año	Erosión moderada
Taludes, laderas alteradas, escurrimientos concentrados, surcos y zonas con remoción intensa	50–200 t/ha/año	Erosión alta
Cárcavas activas, cortes inestables o pendientes fuertes severamente desprovistas de vegetación	>200 t/ha/año	Erosión muy alta, localizada

Para Hueypoxtla, el intervalo de 5 a 50 t/ha/año puede considerarse el rango regional más razonable para superficies agrícolas y terrenos alterados, dependiendo de la pendiente, cobertura y manejo. En áreas planas con vegetación permanente la pérdida puede permanecer por debajo de 5 t/ha/año; en cambio, las tasas de 50 a 200 t/ha/año serían previsibles únicamente en sectores localizados donde concurran pendientes, suelo desnudo y concentración del escurrimiento.

Esta apreciación no constituye una tasa municipal calculada, sino una clasificación técnica preliminar sustentada en las categorías oficiales. La cartografía de SEMARNAT muestra que la erosión hídrica actual se evalúa mediante niveles de afectación —ligero, moderado, fuerte y extremo— y que los polígonos incluyen información sobre el tipo de erosión y las causas de degradación.

Erosión eólica en Hueypoxtla: la erosión eólica puede ser especialmente relevante durante la temporada seca, cuando disminuye la humedad superficial y una parte de los terrenos agrícolas permanece sin cobertura. Las áreas abiertas, extensas y con baja rugosidad permiten que el viento recorra mayores distancias sin encontrar obstáculos, incrementando su capacidad para desprender y transportar partículas.

En Hueypoxtla, la susceptibilidad aumenta en:

- Parcelas agrícolas recién barbechadas;
- Caminos de terracería;
- Superficies sometidas a despalme;
- Acopios de suelo y materiales finos;
- Terrenos compactados y carentes de vegetación;
- Espacios con tránsito continuo de maquinaria.

La erosión eólica no sólo implica pérdida neta de suelo. También puede generar redistribución dentro del mismo predio, deposición en zanjas y caminos, emisión de partículas suspendidas, reducción de visibilidad y acumulación de polvo sobre infraestructura y vegetación.

Tasas regionales plausibles de erosión eólica: a partir de las categorías nacionales de SEMARNAT, pueden utilizarse los siguientes rangos de referencia:

Condición del terreno	Tasa eólica regional de referencia	Interpretación
Suelo con cobertura vegetal continua, humedad suficiente o alta rugosidad	<5 t/ha/año	Erosión nula o muy baja
Suelo agrícola con cobertura parcial o residuos de cosecha	5–10 t/ha/año	Erosión ligera
Parcelas abiertas, secas y temporalmente desnudas	10–50 t/ha/año	Erosión moderada
Áreas extensas removidas, secas, finas y sin protección	50–200 t/ha/año	Erosión alta
Superficies extremadamente degradadas y expuestas a vientos intensos y persistentes	>200 t/ha/año	Erosión muy alta

Para la mayor parte de la superficie agrícola de Hueypoxtla, una tasa potencial de 5 a 50 t/ha/año constituye un intervalo regional precautorio. El extremo inferior correspondería a parcelas con cobertura o residuos vegetales; el superior, a periodos en que el suelo permanece seco, pulverizado y sin protección. Las tasas superiores a 50 t/ha/año requerirían condiciones de exposición particularmente desfavorables y probablemente serían temporales o localizadas.

La evaluación nacional de SEMARNAT identificó la erosión eólica como uno de los principales procesos de degradación del país y estimó que afectaba aproximadamente 18 millones de hectáreas, equivalentes a cerca de 9 % del territorio nacional en el inventario de 2002.

Tabla 5 Síntesis de las tasas aplicables como referencia regional

Proceso	Condición predominante esperable en Hueypoxtla	Intervalo regional de referencia
Erosión hídrica	Planicies con cobertura	<5–10 t/ha/año
Erosión hídrica	Agricultura con suelo parcialmente desnudo	5–50 t/ha/año
Erosión hídrica	Taludes, caminos y escurrimientos concentrados	50–200 t/ha/año, localmente
Erosión eólica	Suelo cubierto o con residuos agrícolas	<5–10 t/ha/año
Erosión eólica	Parcelas secas y temporalmente desnudas	10–50 t/ha/año
Erosión eólica	Despalmes o acopios extensos sin protección	50–200 t/ha/año, temporalmente

En términos generales, la región puede caracterizarse con una erosión hídrica y eólica predominantemente ligera a moderada, equivalente a tasas potenciales de aproximadamente 5 a 50 t/ha/año, con sectores puntuales donde la pérdida puede alcanzar el intervalo alto de 50 a 200 t/ha/año si existen pendientes, suelo desnudo, escurrimientos concentrados o superficies extensas expuestas al viento. Esta conclusión deberá validarse mediante el análisis del polígono del proyecto y no debe extrapolarse automáticamente a cada hectárea.

Posible incidencia del proyecto Tepetate Solar: el proyecto Tepetate Solar puede modificar temporal y espacialmente las tasas de erosión, principalmente durante la preparación del sitio y la construcción. El despalme, tránsito de maquinaria, nivelación, apertura de caminos, excavación de zanjas y formación de plataformas pueden disminuir la cobertura vegetal, alterar la estructura superficial del suelo y aumentar la compactación. Estas acciones elevan el factor de cobertura y manejo utilizado en la EUPS/RUSLE y, por tanto, pueden incrementar la erosión hídrica respecto de la condición previa.

El riesgo hídrico será mayor si las superficies removidas permanecen expuestas durante la temporada de lluvias. Los caminos, zanjas e hileras de módulos pueden interceptar o concentrar el escurrimiento, aumentando localmente su velocidad y capacidad de arrastre. Los módulos fotovoltaicos también redistribuyen la lluvia: interceptan el agua sobre su superficie y la descargan en los bordes inferiores, lo que puede producir franjas de mayor humedad y erosión por goteo si el suelo carece de vegetación. Sin medidas de control, una superficie que previamente se ubicaba en el intervalo ligero —5 a 10 t/ha/año— podría pasar temporalmente al intervalo moderado de 10 a 50 t/ha/año, y algunos taludes o descargas concentradas podrían alcanzar tasas altas de 50 a 200 t/ha/año.

La erosión eólica puede aumentar durante las fases de despalme y movimiento de tierras, especialmente en la temporada seca. El tránsito vehicular y la pulverización de la capa superficial favorecen la emisión de polvo y el transporte de partículas.

Este efecto sería más importante en caminos, acopios y áreas de maniobra que en las superficies donde se conserve o restablezca la vegetación.

Durante la operación, la incidencia puede reducirse e incluso resultar menor que la de un terreno agrícola intensamente labrado, siempre que se mantenga una cobertura herbácea permanente bajo y entre los módulos. La ausencia de barbecho anual, la reducción de la labranza y el establecimiento de vegetación pueden disminuir la exposición del suelo al impacto de la lluvia y al viento. En cambio, si se mantiene el terreno completamente desnudo mediante deshierbe intensivo, herbicidas o remoción periódica, la planta conservaría una susceptibilidad moderada a la erosión.

En consecuencia, el proyecto no debe considerarse necesariamente generador permanente de mayores tasas de erosión; su efecto dependerá del manejo del suelo. Para evitar incrementos se conservarán los escurrimientos naturales, revegetar tempranamente, mantener cubierta herbácea, dispersar el agua descargada por los módulos, estabilizar caminos y taludes, controlar la velocidad vehicular, proteger los acopios y ejecutar obras de drenaje con disipadores de energía. También resulta recomendable calcular una tasa de erosión para los escenarios sin proyecto, construcción y operación, así como monitorear pérdida de suelo, formación de surcos, cárcavas, sedimentación y cobertura vegetal.

Procesos geomorfológicos: La geomorfología constituye uno de los componentes fundamentales del medio abiótico, ya que controla la evolución del relieve y condiciona la estabilidad física del terreno sobre el cual se desarrollará la infraestructura del proyecto. Los procesos geomorfológicos comprenden el conjunto de mecanismos naturales responsables de la modelación del paisaje mediante la interacción de factores geológicos, hidrológicos, climáticos y gravitacionales, los cuales determinan la estabilidad de las laderas, la dinámica de los escurrimientos, la evolución de los suelos y la susceptibilidad a procesos de deformación superficial (Summerfield, 1991)[13]; (Ritter, Kochel & Miller, 2011)[14].

En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar predominan superficies de relieve suave a moderadamente ondulado, desarrolladas sobre materiales sedimentarios y volcánicos parcialmente cubiertos por depósitos de origen aluvial y coluvial. La mayor parte del Área de Establecimiento del Proyecto se localiza sobre terrenos agrícolas con pendientes reducidas, condiciones que favorecen una elevada estabilidad geomorfológica y limitan la ocurrencia de procesos intensos de remoción en masa. La configuración topográfica regional refleja una evolución geomorfológica relativamente madura, donde predominan procesos erosivos de baja intensidad y una dinámica controlada principalmente por la escorrentía superficial estacional.

Estabilidad de laderas: la estabilidad de las laderas depende del equilibrio entre las fuerzas resistentes del material geológico y las fuerzas gravitacionales que tienden a movilizarlo. Factores como la pendiente, la litología, el grado de fracturamiento, la humedad del suelo, la cobertura vegetal y la intensidad de las precipitaciones determinan la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos o fallas superficiales.

En el área donde se establecerá el proyecto predominan pendientes bajas y medias, sin evidencias regionales de deslizamientos activos o de procesos importantes de inestabilidad de laderas. Las actividades agrícolas desarrolladas durante varias décadas han contribuido a confirmar empíricamente la estabilidad general del terreno, ya que no se observan escarpes recientes, deformaciones superficiales importantes ni depósitos asociados a movimientos gravitacionales de gran magnitud. En consecuencia, la estabilidad natural del relieve resulta favorable para el establecimiento de estructuras fotovoltaicas mediante sistemas de hincado y cimentaciones superficiales.

Subsidencia y hundimientos: la subsidencia corresponde al descenso gradual o súbito de la superficie terrestre como consecuencia de procesos naturales o inducidos por actividades humanas, entre ellos la compactación de sedimentos, la extracción intensiva de agua subterránea, la disolución de materiales solubles o la presencia de cavidades subterráneas.

Aunque diversas zonas del Valle de México presentan subsidencia asociada a la sobreexplotación de acuíferos, la Región Ecológica del proyecto no se ubica dentro de las áreas con mayores tasas documentadas de hundimiento regional. La información geológica e hidrogeológica disponible tampoco indica la presencia de procesos significativos de subsidencia diferencial que representen un riesgo para la estabilidad estructural del proyecto. De igual manera, no existen evidencias de hundimientos asociados a fenómenos kársticos o colapsos por disolución de materiales, debido a que las condiciones litológicas predominantes no favorecen este tipo de procesos.

Agrietamientos del terreno**:** los agrietamientos superficiales pueden originarse por contracción y expansión de arcillas, subsidencia diferencial, pérdida de humedad, procesos tectónicos o deformaciones inducidas por actividades humanas. En ambientes agrícolas también pueden desarrollarse grietas estacionales asociadas a la desecación superficial de suelos arcillosos durante los meses secos.

En el área del proyecto no se identifican sistemas regionales de agrietamiento que comprometan la estabilidad del terreno. Los agrietamientos que eventualmente puedan presentarse corresponden, previsiblemente, a procesos superficiales de contracción estacional del suelo, sin capacidad para afectar el desempeño estructural de las cimentaciones o de los soportes metálicos de los módulos fotovoltaicos. No obstante, durante la etapa constructiva deberá verificarse la ausencia de deformaciones locales que pudieran modificar la nivelación de las estructuras.

Movimientos gravitacionales**:** Los movimientos gravitacionales comprenden procesos como deslizamientos, caídas de roca, flujos de detritos, reptación y colapsos, cuyo desarrollo depende principalmente de la pendiente, las características geológicas y el contenido de agua en los materiales superficiales.

Las características geomorfológicas de la Región Ecológica indican una susceptibilidad baja a este tipo de fenómenos. La ausencia de pendientes pronunciadas, la limitada altura relativa del relieve y la estabilidad de las unidades

geomorfológicas existentes reducen considerablemente la posibilidad de movimientos gravitacionales de importancia regional. Los procesos que eventualmente podrían presentarse durante la construcción se limitarían a pequeños desprendimientos o erosión localizada en cortes temporales, taludes de caminos o excavaciones, los cuales pueden prevenirse mediante un adecuado diseño geométrico de taludes, control de escurrimientos y estabilización de superficies expuestas.

Dinámica natural del relieve**:** La evolución geomorfológica actual del área está controlada principalmente por procesos de meteorización, erosión hídrica superficial, transporte de sedimentos y sedimentación local asociados al régimen estacional de lluvias. Estos procesos actúan lentamente y forman parte de la dinámica natural del paisaje agrícola regional.

El establecimiento de la planta fotovoltaica no modificará de manera significativa dicha dinámica geomorfológica siempre que se conserven los patrones naturales de drenaje y se implementen medidas adecuadas de manejo del suelo. La instalación de los módulos mediante estructuras hincadas, la limitada profundidad de las excavaciones y la conservación de amplias superficies permeables favorecen que los procesos geomorfológicos continúen desarrollándose de manera similar a la condición actual. No obstante, durante la construcción será indispensable controlar la erosión superficial, evitar concentraciones artificiales de escurrimiento y estabilizar oportunamente caminos, plataformas y taludes temporales.

Interacción entre los procesos geomorfológicos y el proyecto: La influencia de los procesos geomorfológicos sobre el proyecto será mayor que la incidencia del proyecto sobre dichos procesos. La estabilidad natural del relieve proporciona condiciones favorables para el establecimiento de la infraestructura fotovoltaica, mientras que la construcción únicamente podría inducir modificaciones localizadas y temporales asociadas al movimiento de tierras y a la alteración superficial del terreno. Estas modificaciones pueden mitigarse mediante un adecuado diseño de drenaje, la conservación de la cobertura vegetal entre hileras de módulos, la estabilización de taludes y caminos, el control de la erosión y la restitución temprana de las superficies intervenidas.

En consecuencia, los procesos geomorfológicos presentes en la Región Ecológica no representan una limitante significativa para la viabilidad ambiental del proyecto Tepetate Solar, ni se prevé que el establecimiento y operación de la planta alteren de manera relevante la evolución natural del relieve. Los impactos potenciales sobre este componente se consideran localizados, de baja magnitud, reversibles y plenamente mitigables, siempre que se apliquen las medidas de manejo de suelos, drenaje y control de erosión previstas en el proyecto y en los programas ambientales correspondientes.

Hidrología superficial y subterránea: La caracterización de la hidrología superficial y subterránea de la REcol para esta MIAR y, consecuentemente para el Área del proyecto (AP) resulta fundamental para la evaluación integral del impacto ambiental asociado a la instalación del proyecto Tepetate Solar. Este análisis permite identificar la disponibilidad, calidad y dinámica del recurso hídrico,

eventualmente, considerando la presencia de cuerpos de agua superficiales —como presas, arroyos intermitentes y bordos de captación—, así como la importancia de los acuíferos locales, de los cuales depende el abastecimiento agrícola, doméstico y público-urbano de la región. Al tratarse de un territorio semiárido, con marcada estacionalidad en las lluvias y una alta dependencia del agua subterránea, resulta importante reconocer la vulnerabilidad del recurso frente a posibles procesos de sobreexplotación o contaminación que pudieran ocasionar otras actividades o proyectos establecidos o por establecerse en la REcol de esta MIAR.

Hidrología superficial: el espacio geográfico en el cual se inserta la REcol se localiza dentro de la Región Hidrológica Pánuco. A nivel de subcuenca, el territorio de la REcol se distribuye principalmente en la subcuenca del río Salado —que representa la mayor proporción municipal—, seguida por la subcuenca del río Tezontepec, y en menor medida por las subcuencas del río Tula y Lago de Texcoco-Zumpango. Esta configuración evidencia que el drenaje superficial se integra predominantemente a sistemas de escurrimiento vinculados al norte del Valle de México y al sistema regional Tula–Moctezuma.

La red hidrográfica local está constituida principalmente por corrientes intermitentes, entre las que INEGI identifica El Codo, El Púlpito, La Pila, Mambrú, Sotula y Zarco, además de escurrimientos asociados al río Salado de Hueypoxtla. Esta condición indica que el comportamiento hidrológico superficial está fuertemente controlado por la precipitación estacional, la pendiente, la cobertura vegetal y la capacidad de infiltración de los suelos. Por ello, durante la temporada de lluvias pueden activarse escurrimientos temporales con capacidad de arrastre de sedimentos, particularmente en superficies desprovistas de vegetación, caminos, zanjas o áreas compactadas.

Respecto al estado ambiental, no se identificó una valoración puntual de calidad del agua para cada cauce intermitente dentro del municipio; sin embargo, la información regional disponible para el sistema río Tula–río Salado–Presa Endhó muestra condiciones de deterioro ambiental relevantes. La existencia de diagnósticos de CONAGUA, (2025)[15] y antecedentes de contaminación documentados por CNDH (s.f.)[16] permiten inferir que la cuenca regional presenta presiones importantes por descargas urbanas, industriales y aguas residuales. En consecuencia, para la REcol se asume un enfoque precautorio: de evitar la alteración de cauces naturales e intermitentes, mantener franjas de protección, controlar escurrimientos, prevenir arrastre de sedimentos y asegurar que las actividades constructivas no incrementen la carga contaminante ni modifiquen negativamente el funcionamiento hidrológico superficial.

Hidrología subterránea: el área del proyecto se localiza dentro del Acuífero Cuautitlán – Pachuca (1508), de acuerdo con la clasificación oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2020)[17]. Este acuífero forma parte de la Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México.

El acuífero presenta un comportamiento de tipo libre a semiconfinado, con recarga asociada principalmente a la infiltración de precipitación pluvial y aportes desde

zonas topográficamente elevadas. Sin embargo, su dinámica hidrogeológica se encuentra condicionada por procesos de extracción intensiva vinculados al abastecimiento urbano y actividades agropecuarias en la región.

De acuerdo con evaluaciones oficiales de la CONAGUA, el acuífero presenta condiciones de presión hídrica, derivadas del desequilibrio entre la recarga natural y los volúmenes de extracción, lo que ha generado abatimiento de niveles piezométricos en distintos sectores. En este contexto, la implementación del Proyecto debe considerar medidas orientadas a la conservación de la infiltración natural, el control de escurrimientos y la prevención de contaminación del subsuelo, a fin de evitar impactos adicionales sobre el sistema hidrogeológico.

Balance hídrico superficial e infiltración:

El balance hídrico constituye uno de los procesos funcionales más importantes del medio físico, ya que describe la forma en que el agua de la precipitación se distribuye entre la infiltración al subsuelo, la escorrentía superficial, la evapotranspiración y el almacenamiento temporal sobre el terreno. Estos procesos determinan el comportamiento hidrológico de una cuenca, la disponibilidad de agua para la vegetación, la recarga de acuíferos y la magnitud de los escurrimientos superficiales. En el contexto de una planta fotovoltaica, su análisis resulta particularmente relevante porque las obras superficiales pueden modificar localmente la distribución del agua pluvial sin alterar necesariamente el funcionamiento hidrológico regional.

En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, el balance hídrico está controlado por un régimen climático con lluvias concentradas durante el verano y una estación seca bien definida el resto del año. Esta estacionalidad determina una marcada variación temporal de los procesos hidrológicos: durante la temporada de lluvias predominan la infiltración, la recarga del suelo y la generación de escurrimientos superficiales, mientras que durante la época seca la evapotranspiración adquiere un papel dominante en la pérdida de humedad del sistema.

Infiltración

La infiltración representa el proceso mediante el cual el agua de lluvia penetra al interior del suelo y constituye el principal mecanismo de recarga de la humedad edáfica y, en menor medida, de los acuíferos. Su magnitud depende de factores como la textura y estructura del suelo, el contenido inicial de humedad, la pendiente, la cobertura vegetal y la intensidad de la precipitación.

En el área del proyecto predominan suelos agrícolas que, a pesar de haber sido modificados por las actividades agropecuarias, conservan una capacidad de infiltración compatible con las condiciones naturales de la región. La cobertura herbácea estacional y la ausencia de extensas superficies impermeables favorecen la incorporación de una proporción importante de la precipitación al perfil del suelo, reduciendo la generación inmediata de escurrimientos superficiales.

El diseño del proyecto contribuye a conservar este proceso, ya que la mayor parte del terreno permanecerá sin pavimentar y las estructuras de soporte de los módulos

se instalarán mediante sistemas de hincado, minimizando la impermeabilización del suelo. En consecuencia, la infiltración continuará siendo uno de los principales destinos del agua de lluvia durante la operación de la planta.

Escorrentía superficial

La escorrentía superficial corresponde a la fracción de la precipitación que no logra infiltrarse y fluye sobre la superficie del terreno hasta incorporarse a cauces naturales, depresiones topográficas o cuerpos temporales de agua. Su magnitud depende principalmente de la intensidad de las lluvias, la capacidad de infiltración del suelo, la pendiente y la cobertura vegetal.

En la Región Ecológica predominan escurrimientos de carácter estacional asociados a los eventos de precipitación intensa propios del periodo lluvioso. Debido a las pendientes relativamente suaves y a la elevada permeabilidad de los terrenos agrícolas, estos escurrimientos presentan velocidades moderadas y una limitada capacidad erosiva bajo condiciones naturales.

Durante la construcción podrían presentarse incrementos temporales de la escorrentía como consecuencia de la remoción de vegetación, la compactación localizada del suelo y la exposición de superficies desnudas. Sin embargo, estas modificaciones serán temporales y podrán mitigarse mediante obras de control de erosión, conservación de la cobertura vegetal, manejo adecuado de drenajes y restitución progresiva de las áreas intervenidas.

Durante la operación, los módulos fotovoltaicos redistribuirán localmente el agua de lluvia hacia sus bordes inferiores; no obstante, este fenómeno no incrementará significativamente el volumen total de escurrimiento, sino únicamente modificará su distribución espacial inmediata. La conservación de amplias superficies permeables permitirá que el agua continúe infiltrándose pocos metros después de abandonar los módulos.

Evapotranspiración

La evapotranspiración integra la evaporación directa desde la superficie del suelo y la transpiración realizada por la vegetación. Este proceso constituye uno de los principales mecanismos de retorno del agua hacia la atmósfera y representa una componente esencial del balance hídrico regional.

En el área del proyecto, la evapotranspiración presenta una marcada variación estacional. Durante la temporada de lluvias aumenta la actividad fisiológica de la vegetación herbácea y, en consecuencia, la transpiración alcanza sus valores máximos. En contraste, durante la estación seca disminuye la cobertura vegetal activa y predominan las pérdidas por evaporación desde el suelo.

El establecimiento de la planta fotovoltaica podría modificar ligeramente este componente mediante la generación de zonas sombreadas bajo los módulos, donde la evaporación directa tenderá a disminuir debido a la reducción de la radiación incidente y de la temperatura superficial del suelo. Sin embargo, estas variaciones serán de carácter estrictamente local y no alterarán el balance hídrico regional.

Almacenamiento temporal del agua: Una parte de la precipitación permanece temporalmente almacenada sobre la superficie terrestre antes de infiltrarse, evaporarse o incorporarse a los escurrimientos superficiales. Este almacenamiento ocurre principalmente en pequeñas depresiones topográficas, microrelieves del terreno, bordos temporales, zonas con vegetación densa y en los primeros horizontes del suelo.

La Región Ecológica presenta diversas áreas donde el agua puede acumularse temporalmente durante la temporada de lluvias, favoreciendo procesos de infiltración gradual y amortiguando parcialmente los picos de escorrentía. Estos almacenamientos temporales constituyen además elementos importantes para el mantenimiento de la humedad del suelo y para el funcionamiento ecológico de diversos organismos asociados a ambientes estacionales.

Las características del proyecto permiten conservar gran parte de estos procesos, ya que la limitada impermeabilización del terreno evita modificaciones importantes en la capacidad natural de almacenamiento superficial. Cuando sea necesario realizar adecuaciones al relieve para la construcción de caminos o plataformas, deberán mantenerse las condiciones que favorezcan el drenaje natural y evitar concentraciones artificiales del escurrimiento.

Respuesta hidrológica del terreno: La respuesta hidrológica representa el comportamiento integrado del terreno frente a un evento de precipitación y resulta de la interacción entre infiltración, escorrentía, almacenamiento y evapotranspiración. En terrenos agrícolas con pendientes suaves, como los presentes en la Región Ecológica del proyecto, dicha respuesta se caracteriza por una infiltración relativamente elevada, escurrimientos de velocidad moderada y una limitada generación de avenidas superficiales.

Durante la etapa de construcción la respuesta hidrológica podrá modificarse localmente debido a la compactación temporal de algunas superficies y al movimiento de tierras; sin embargo, estas alteraciones serán transitorias y reversibles. Una vez concluida la construcción, la conservación de cobertura vegetal entre hileras de módulos, la mínima ocupación permanente del suelo por infraestructura y el mantenimiento de los patrones naturales de drenaje favorecerán que el comportamiento hidrológico del terreno permanezca muy similar al existente antes del desarrollo del proyecto.

Interacción entre el balance hídrico y el proyecto: El funcionamiento hidrológico natural ejercerá una influencia importante sobre la operación de la planta fotovoltaica, particularmente en aspectos relacionados con el control de erosión, la estabilidad de caminos, la conservación del suelo y el mantenimiento de la infraestructura. En sentido contrario, la planta únicamente inducirá modificaciones hidrológicas locales derivadas de la redistribución puntual de la lluvia bajo los módulos y de pequeñas áreas impermeabilizadas asociadas a edificaciones y caminos.

En consecuencia, no se prevén modificaciones significativas en la infiltración regional, la recarga del acuífero ni en los patrones generales de escurrimiento

superficial. Los cambios esperados se consideran de baja magnitud, localizados y plenamente mitigables mediante el diseño hidráulico del proyecto, la conservación de la cobertura vegetal, el mantenimiento de superficies permeables y la implementación de medidas de manejo de escurrimientos y control de erosión. Estas características permiten concluir que el balance hídrico regional conservará su funcionamiento esencial durante las etapas de construcción y operación del proyecto Tepetate Solar

Fenómenos meteorológicos y riesgos asociados: los riesgos asociados a los fenómenos meteorológicos que más frecuentemente se registran en el espacio geográfico de la REcol son: sequías las cuales de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015)[18] en el área de la REcol tienen un riesgo de muy bajo a medio: las heladas que de acuerdo con la misma fuente (CENAPRED, *op. Cit*),en la mayor parte de la REcol su incidencia varía de varían de 0 a 120 días, esto último en las partes con mayor rango altitudinal, y el riesgo que se presenten estas anomalías climáticas son de baja a media. Las tormentas eléctricas cuya eventual presencia es de muy baja a baja.

La interacción de estos fenómenos con factores antropogénicos, como el cambio en los patrones de uso de suelo y la fragmentación de la cobertura vegetal derivada de su remoción irreversible sustituyéndola por planchas de asfalto, hormigón u otras estructuras que impiden la revegetación o la sucesión natural, amplifica la vulnerabilidad del territorio, generando un déficit de resiliencia. En este contexto, la operación de un parque fotovoltaico no representa un factor generador de dichos fenómenos meteorológicos ni un elemento de alteración significativa en su magnitud o frecuencia.

Geomorfología: la REcol se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, dentro de las subprovincias Lagos y Volcanes de Anáhuac **y** Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. Su relieve se desarrolla entre aproximadamente 2,200 y 3,100 m s. n. m., lo que define un paisaje de altiplanicie con presencia de lomeríos, sierras volcánicas y valles intermontanos. De acuerdo con INEGI, los sistemas de topoformas dominantes corresponden principalmente a lomeríos de tobas**,** sierras volcánicas de laderas tendidas, valles y llanuras, lo que evidencia un origen geomorfológico vinculado a procesos volcánicos y acumulación de materiales piroclásticos y aluviales (INEGI, 2010)[19].

Desde el punto de vista geológico, el territorio de la REcol está conformado predominantemente por materiales del Neógeno **y** Cuaternario**,** con presencia de rocas ígneas extrusivas como volcanoclastos, basaltos, brechas volcánicas básicas, andesitas, tobas ácidas y riolitas. También se reportan afloramientos sedimentarios de caliza y depósitos aluviales en zonas bajas o asociadas a cauces y áreas de acumulación (INEGI, 2010, *op. Cit*.). Esta composición explica la presencia de formas de relieve suaves a moderadamente inclinadas, así como áreas aptas para agricultura en sectores de menor pendiente y mayor desarrollo edáfico.

Los suelos dominantes son Phaeozem**,** Leptosol**,** Durisol **y** Vertisol. Los Phaeozem se asocian con superficies relativamente estables y de mayor aptitud agropecuaria; los Leptosol suelen vincularse con zonas someras o pedregosas en laderas y

elevaciones; los Durisol reflejan condiciones de acumulación y endurecimiento subsuperficial; y los Vertisol indican materiales arcillosos con expansión y contracción estacional (INEGI, 2010, *op. Cit.*). Esta distribución edáfica es relevante para el proyecto porque condiciona la estabilidad superficial, la infiltración, el potencial de compactación, la erosión y el manejo de escurrimientos durante la preparación del sitio y construcción.

En términos hidrogeomorfológicos, la REcol se ubica dentro de la región hidrológica Pánuco**,** cuenca del río Moctezuma, con influencia de las subcuencas del río Salado**,** río Tezontepec**,** Río Tula y, marginalmente, del sistema Texcoco-Zumpango. INEGI identifica corrientes intermitentes como El Codo, El Púlpito, La Pila, Mambrú, Sotula y Zarco, lo que confirma que el drenaje superficial está dominado por escurrimientos temporales asociados a la temporada de lluvias (INEGI, 2010, *op. Cit.*).

Para efectos del subsistema abiótico de la REcol de esta MIAR, la geomorfología de puede interpretarse como un sistema de lomeríos volcánicos, sierras de baja a moderada disección y valles de acumulación, donde los procesos más relevantes son la escorrentía estacional, la erosión laminar en suelos desnudos, la acumulación aluvial en depresiones y el transporte de sedimentos por cauces intermitentes. En consecuencia, cualquier intervención del terreno debe considerar el control de escurrimientos, la protección de suelos expuestos, la conservación de cauces naturales e intermitentes, y la prevención de procesos erosivos inducidos por caminos, plataformas, zanjas o nivelaciones.

En el área del sistema ambienta regional se caracterizan tres unidades geomorfológicas, la porción noroeste se ubican las llanuras, de norte a sur se caracteriza por lomeríos y hacia el noroeste, norte, este y sur se localizan las sierras.

Con base en el inventario geológico-minero del Servicio Geológico Mexicano para esta REcol, esta se localiza dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico. Una porción menor del norte pertenece a la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, mientras que la mayor parte del territorio se integra a la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Esta última se caracteriza por sierras volcánicas, aparatos volcánicos aislados y antiguos vasos lacustres formados por el bloqueo del drenaje natural debido a derrames de lava y otros productos volcánicos (SGM, 2009) [20].

Desde el punto de vista geológico, Hueypoxtla presenta una combinación de rocas sedimentarias carbonatadas, rocas volcánicas lávicas, materiales piroclásticos y depósitos continentales recientes**.** El SGM señala que los afloramientos de roca sedimentaria y volcánica se concentran principalmente en la porción norte**,** mientras que hacia el sur predominan terrenos de lomeríos redondeados, de baja pendiente, áridos y con evidencias de erosión fluvial que ha originado cárcavas (SGM, 2009, *op. Cit.*).

Otros rasgos geomorfológicos en la REcol permiten inferir información respecto a:

Fallas: La geología estructural de este espacio geográfico se caracteriza por fallas y fracturas; una con dirección ENE-WSW y otra NNW-SSW, la primera está asociada a la actividad tectónica del eje Neovolcánico, y la otra se da previo a la

actividad del eje Neovolcánico, esto se debe a que algunas de las estructuras fueron cubiertas por los depósitos volcánicos.

De acuerdo con la información del Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015, *op. Cit.*) y del INEGI, en el área de la REcol no se ubica ninguna falla o fractura.

Sismos: Derivado de la ubicación geográfica de nuestra nación, está sujeta a distintos fenómenos naturales, uno de estos son los sismos, este proceso ha sido uno de los más significativos, debido a los daños ocasionados. La dinámica de la naturaleza, la presencia de fallas geológicas y la acción de las placas tectónicas son factores que están presentes dentro del territorio mexicano.

El territorio nacional está clasificado según el peligro sísmico a la que está sujeta; esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica, se han delimitado 4 zonas: A, B, C y D, cuyo grado de peligro de menor a mayor. El sistema ambiental regional se ubica dentro de la zona B, que es una zona intermedia.

Deslizamientos, derrumbes, inundaciones o movimiento de tierra: estos procesos geomorfológicos van a depender de las características topográficas y del grado de conservación del área forestal, en el área de la REcol y de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015), la susceptibilidad a deslizamientos, derrumbes y movimientos de tierra es de muy bajo a muy alto. Las áreas con muy baja y baja susceptibilidad a estos procesos se dan en las llanuras, debido a la poca pendiente que tienen estas geoformas, las áreas con medio y muy alto riesgo se ubican en los lomeríos y las partes más elevadas, en donde la pendiente es más abrupta y posiblemente la degradación de suelo y vegetación.

El riesgo por inundaciones es de medio a alto, debido a que la acción del hombre ha provocado la degradación del área forestal y con ello la de los suelos induciendo a la aceleración de los procesos de escurrimiento, y con ello a posibles áreas de riesgo por inundación, sobre todo en las planicies que caracterizan el área del SAR.

Volcanes activos: de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015), dentro de la REcol no existe ningún volcán activo, el más cercano se ubica al sur aproximadamente a 44.94 km, se trata del volcán Jocotitlán.

En resumen: la calidad de la REcol, está determinada en buena medida por su contexto geomorfológico y geológico. La presencia de relieves de lomeríos, cañadas y planicies intermontañas condiciona la dinámica de escurrimientos, la estabilidad de los suelos y la distribución de la vegetación secundaria (INEGI, 2013)[21]. Asimismo, la geología regional —caracterizada por estructuras volcánicas del Cenozoico, fracturamiento tectónico y la eventualidad de sismos moderados— constituye un factor que incide en los riesgos naturales asociados a fallas, movimientos de ladera y susceptibilidad a deslizamientos en zonas de pendiente (SGM, 2014)[22]; (Ortega-Gutiérrez *et al*., 1992)[23]. El vulcanismo, si bien es un elemento estructurante del relieve, no representa en la actualidad una amenaza activa en esta región (Ferrari et al., 2012)[24].

Estos factores inciden en la calidad ambiental al definir la fragilidad y capacidad de resiliencia del territorio frente a fenómenos naturales: las fallas geológicas y los sismos pueden afectar la estabilidad estructural del terreno y de la infraestructura;

los deslizamientos impactan en la pérdida de cobertura vegetal y suelo fértil; y la geomorfología condiciona la conectividad hídrica y biológica del sistema (CONAGUA, 2020).

En este contexto, el establecimiento de la planta fotovoltaica no constituye un elemento detonante de procesos tectónicos, sísmicos ni volcánicos, ni es capaz de modificar la magnitud o frecuencia de dichos fenómenos geológicos (IPCC, 2021, *op. Cit*.). Su influencia se limita al ámbito local, particularmente en la modificación de la cobertura superficial y en el incremento del peso de la infraestructura sobre suelos y laderas, lo que podría generar riesgos de inestabilidad en áreas con pendientes elevadas si no se adoptan criterios adecuados de diseño y construcción (Turney & Fthenakis, 2011, *op. Cit.*). De manera indirecta, la impermeabilización parcial del suelo por cimentaciones puede alterar procesos de erosión y escurrimiento superficial, lo que exige la implementación de medidas de manejo y restauración que reduzcan tales efectos (SEMARNAT, 2022 *op. Cit.*).

En términos prospectivos, la integración de estudios geotécnicos, la adecuada selección de sitios para cimentaciones, el control de escurrimientos y la revegetación perimetral permiten garantizar que el proyecto sea ambientalmente compatible con el contexto geomorfológico y geológico. Así, se asegura que la planta fotovoltaica no amplifique los riesgos naturales presentes y que su operación se mantenga dentro de los márgenes de seguridad y sustentabilidad requeridos para preservar la calidad del sistema ambiental regional.

Degradación de los suelos**:** De acuerdo con la carta de erosión de suelos del INEGI Serie I, en el área de la REcol el agente erosivo es el hídrico, de moderado a leve, de manera laminar, cárcava y surco. Estos elementos erosivos se dan en la temporada de lluvias y se han desarrollado debido al cambio de uso de suelo que se ha llevada a cabo en el espacio geográfico del sistema ambiental, debido a la actividad agrícola, lo que disminuye el espesor del suelo superficial.

Conclusión: El análisis integral del subsistema abiótico permite concluir que la Región Ecológica donde se inserta el proyecto Tepetate Solar presenta condiciones físicas favorables para el establecimiento y operación de la planta fotovoltaica. Las características climáticas, geomorfológicas, hidrológicas y atmosféricas identificadas corresponden a un paisaje rural con procesos naturales relativamente estables, en el que no se reconocen limitantes ambientales significativas que comprometan la viabilidad del proyecto, siempre que las obras se desarrollen conforme a las especificaciones técnicas y ambientales previstas.

Del mismo modo, el análisis evidencia que la interacción entre el proyecto y los componentes del medio abiótico será, en términos generales, de carácter localizado y de baja magnitud. Los efectos potenciales se concentrarán principalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, asociados al movimiento de tierras, la modificación temporal de la cobertura vegetal y la generación de emisiones fugitivas de polvo; mientras que, durante la operación, la mayor parte de los procesos físicos del territorio —como la infiltración, la dinámica de los escurrimientos, la estabilidad del relieve y la calidad del aire— continuarán desarrollándose de manera muy similar a la condición existente, debido a que el

proyecto conserva amplias superficies permeables, mantiene los patrones naturales de drenaje y no incorpora procesos industriales generadores de emisiones o descargas permanentes.

En este contexto, el subsistema abiótico constituye la base física sobre la cual se desarrollan los procesos ecológicos que caracterizan la Región Ecológica y, por tanto, representa el referente para la evaluación de los impactos ambientales que se presenta en los capítulos subsecuentes. La información aquí integrada permite comprender el funcionamiento natural del territorio, identificar los factores de mayor sensibilidad ambiental y sustentar técnicamente las medidas de prevención, mitigación y manejo que garantizarán que el establecimiento y operación del proyecto sean compatibles con la conservación de los procesos físicos que mantienen la funcionalidad ambiental del sistema regional.

Subsistema biótico.

De conformidad con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2024, *op. Cit.*) y en la Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad regional (SEMARNAT, 2026), el medio biótico constituye uno de los elementos esenciales para la caracterización ambiental, ya que integra los componentes de flora, fauna, comunidades bióticas, procesos ecológicos y servicios ecosistémicos presentes en el área de influencia del proyecto.

En este subcapítulo se presenta la identificación y descripción de la flora y de la fauna, atendiendo a su estructura, composición, grado de conservación y presencia de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en categorías de riesgo (en peligro de extinción, amenazadas, sujetas a protección especial o endémicas).

De manera complementaria, se analizan los procesos del medio biótico, tales como la sucesión secundaria, la regeneración natural, la conectividad del hábitat y las interacciones tróficas, los cuales determinan la dinámica de los ecosistemas en el área de estudio y condicionan la resiliencia del territorio frente a cambios de cobertura y uso del suelo.

Igualmente, se identifican los servicios ecosistémicos derivados del medio biótico. Entre los más relevantes se encuentran la regulación climática, la recarga de acuíferos, la protección del suelo contra la erosión, la polinización, la dispersión de semillas, el control biológico, así como el valor cultural y de identidad local asociado a la biodiversidad.

La región ecológica (REcol) delimitada comprende una superficie total de **2,719.8454 hectáreas**, dentro de la cual se identificaron tres categorías de uso del suelo y vegetación de acuerdo con la clasificación de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII de INEGI. El uso de suelo dominante corresponde a la agricultura de temporal anual (TA) presente en el 87.25 % de la superficie de la REcol; seguida del pastizal inducido (PI) que cubre el 12.65 % de dicha área; mientras que, en el 0.10 % restante se encuentra presente el matorral crasicaule (MC). Dicha composición paisajística evidencia un alto grado de aprovechamiento

productivo en el territorio de la REcol y una alta presión sobre los ecosistemas naturales.

Tabla 6 Superficie por uso de suelo y tipos de vegetación de la región ecológica

Id	Usos de suelo y vegetación	Clave	INEGI SERIE VII	
			Superficie (ha)	%
1	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	TA	2,373.1381	87.25%
2	PASTIZAL INDUCIDO	PI	344.0151	12.65%
3	MATORRAL CRASICAULE	MC	2.6922	0.10%
Total			**2,719.8454**	**100.00%**

La cartografía temática se presenta en el Apéndice III.1 Cartográfica, incluyendo el mapa de usos de suelo y vegetación en la REcol de acuerdo con INEGI.

Por lo anterior, la vegetación forestal en la región ecológica está representada por la comunidad de matorral crasicaule (MC) con una superficie de 2.6922 **ha**; esta cobertura constituye uno de los principales remanentes de vegetación nativa presentes en el área, reflejando áreas sujetas a procesos de perturbación por un marcado predominio de superficies agrícolas.

Superficie y uso de suelo del área del proyecto (AP):

El Área de Establecimiento del Proyecto (AP) comprende una superficie total de 219.1869 hectáreas (210.3108 ha correspondientes a la poligonal del proyecto y 8.8761 ha al DDV de la línea de transmisión) ubicada en la parte noroeste de la REcol.

Con base en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII de INEGI, la totalidad del área del proyecto (219.1869 ha) se encuentra cartografiada como Agricultura de temporal anual (TA), representando el 100 % de la superficie del Área de Estudio del Proyecto (AeP) y del Derecho de Vía de la Línea de Transmisión (DDV LT). De acuerdo con esta fuente cartográfica, no se identifican superficies clasificadas como vegetación natural o vegetación secundaria dentro del polígono evaluado.

No obstante, como resultado de la verificación y delimitación en campo, se determinó que la clasificación de la Serie VII de INEGI no refleja completamente las condiciones actuales del sitio. Durante los recorridos de campo se constató que 169.3955 ha (77.28 %) mantienen las características de Agricultura de temporal anual (TA); sin embargo, se identificó una superficie de 49.7914 ha (22.72 %) correspondiente a Vegetación secundaria arbustiva de Matorral crasicaule (VSa/MC), la cual se desarrolla en áreas donde las actividades agrícolas fueron abandonadas o presentan procesos de regeneración natural o bien espacios en los que su cubierta no fue eliminada del todo, con predominio de especies arbustivas características de este tipo de vegetación.

Lo anterior evidencia que, aunque la cartografía de INEGI constituye un referente para la caracterización inicial del uso del suelo y la vegetación, la delimitación in situ permite actualizar y precisar las condiciones reales de la cobertura vegetal existente, incorporando áreas de vegetación secundaria que no se encuentran

representadas en la cartografía oficial debido a la dinámica de cambio de uso del suelo y a los procesos de sucesión vegetal ocurridos con posterioridad a la elaboración de la Serie VII.

Tabla 7 Superficie por uso de suelo y tipos de vegetación en el AP (INEGI-DELIMITACIÖN IN SITU)

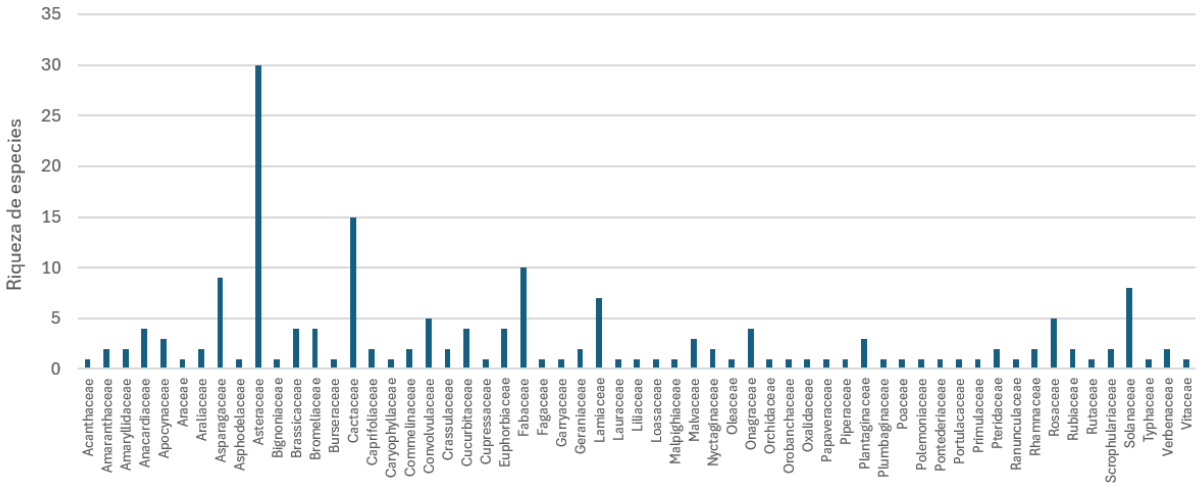
Id	Usos de suelo y vegetación	Clave	INEGIE SERIE VII		DELIMITACION INSITU	
			Total Sup (ha)	% Total Sup (ha)	Total Sup (ha)	% Total Sup (ha)
			AeP y DDV LT		AeP y DDV LT	
1	Agricultura de temporal anual	TA	219.1869	100.00	169.3955	77.28
2	Vegetación secundaria arbustiva de Matorral crasicaule	Vsa/ MC	0.0000	0.00	49.7914	22.72
Total general			**219.1869**	**100.00**	**219.1869**	**100.00**

Especies potenciales de flora en la Región Ecológica:

El listado se conformó por 177 especies de flora con presencia potencial dentro de uno o varios de los usos de suelo presentes en el espacio geográfico que ocupa la REcol, ya sea dentro de la vegetación forestal que incluye y/o adaptadas a zonas agrícolas o perturbadas (especies arvenses o ruderales). La lista jerarquizada por familia, género y especie se incorpora al presente en el Apéndice III.2. Listado potencial de flora en la REcol.

Las 177 especies con presencia potencial se agrupan en 131 géneros y 59 Familias, donde las Familias mejor representadas son Asteraceae con 30 especies, Cactaceae con 15 y Fabaceae con 10 especies; el resto de las Familias están presentes con menos de diez especies cada una.

Figura 10 Riqueza potencial de flora por Familia



De la riqueza mencionada, una especie, el laurel mexicano (*Litsea glaucescens*) se enlista en la NOM-059-SEMARNAT-2010[1] como especies en peligro de extinción (P). De acuerdo con las fichas descriptivas de CONABIO (2026), son plantas de amplia distribución en el país; y particularmente *L. glaucescens* además cuenta con

[1] Lista de especies actualizada y publicada en el DOF el 14/11/2019. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0.

un rango de hábitat muy extenso, ya que puede habitar tanto en lugares húmedos y escarpados propios de los bosques mesófilo de montaña o en áreas menos húmedas y más expuestas como en áreas propias de los bosques de pino o de matorral. Sin embargo, se encuentra en peligro debido a factores de riesgo como la deforestación, la destrucción de los bosques donde habita para fines agrícolas y ganaderos; la explotación con fines comerciales y la falta de manejo o reglamento para su aprovechamiento.

En la lista roja de la UICN, la mayoría de las especies (98.8%) no han sido evaluadas para su incorporación en la lista roja de la UICN, hay datos insuficientes para su evaluación o bien, son consideradas especies de preocupación menor (LC), donde se agrupan especies sin riesgo y de amplia distribución. Y solo 2 especies se consideran en algún criterio de protección internacional de acuerdo con la UICN: el árbol *Litsea glaucescens* considerara en riesgo (EN) y la cactácea *Coryphantha pycnacantha* como vulnerable (VU)

Respecto a las especies cuyo comercio está regulado por la CITES, se encontraron 17 especies dentro del apéndice II, de las cuales, 15 corresponden a los miembros de la familia Cactaceae, una a Orchidaceae y una la familia Bromeliaceae.

En cuanto a la distribución, 155 especies (87.6 % del total) son nativas en México, de las cuales, a su vez, 54 presentan una distribución endémica al país; y 22 especies (12.4 %) son exóticas (introducidas), 12 de éstas además son invasoras.

Caracterización de los componentes bióticos

La caracterización precisa de la diversidad biológica se obtuvo a través del muestreo *in situ* mediante metodologías específicas para para flora y fauna (Apéndice III.3. Metodologías empleadas), con el objetivo de documentar la composición, riqueza y abundancia de las especies efectivamente presentes en la REcol y el AeP. La información generada fue sometida a análisis de diversidad alfa y beta, permitiendo cuantificar la diversidad local y evaluar el grado de similitud o recambio de especies entre las diferentes áreas de análisis.

La integración de la información presentada constituye la línea base del medio biótico y proporciona un marco técnico para caracterizar las condiciones ecológicas existentes, identificar los elementos biológicos de mayor relevancia y disponer de indicadores cuantitativos que sustentan la evaluación de la magnitud de los impactos ambientales, así como la definición de medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación.

El muestreo fue ejecutado del 25 al 30 de junio de 2026, durante el verano**,** se establecieron 21 sitios (o unidades muestrales) en la REcol y 18 sitios en el AeP. En cada sitio se registraron las especies taxonómicas por estrato vertical y la coordenada central, mismas que se presentan en la siguientes tablas y en el mapa subsecuente.

Tabla 8 Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo de flora en la REcol

PM	Coordenadas centrales (UTM)	
	X	Y
RECOL		
1	493045	2208346
2	492650	2208199
3	491470	2207947
4	490379	2208670
5	490368	2208849
6	490525	2209023
7	490687	2208950
8	490780	2208767
9	490530	2208803
10	490217	2209021
11	490173	2208930
12	491395	2207622
13	491851	2209450
14	492026	2209516
15	492030	2204764
16	491269	2204982
17	489012	2206446
18	489342	2206924
19	489543	2207412
20	489842	2207548
21	490442	2208293

Tabla 9 Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo de flora en el AeP

PM	Coordenadas centrales (UTM)	
	X	Y
AeP		
1	492221	2209405
2	492301	2208896
3	492338	2208248
4	491986	2208572
5	491687	2208881
6	491651	2208357
7	491356	2208649
8	491079	2208909
9	491095	2208286
10	490660	2208504
11	490593	2208075
12	490496	2207754
13	491102	2208146
14	490456	2208079
15	490218	2208013
16	489961	2207765
17	489727	2207501
18	489549	2206987

Figura 11 Ubicación de los sitios de muestreo de flora en la REcol y el AeP

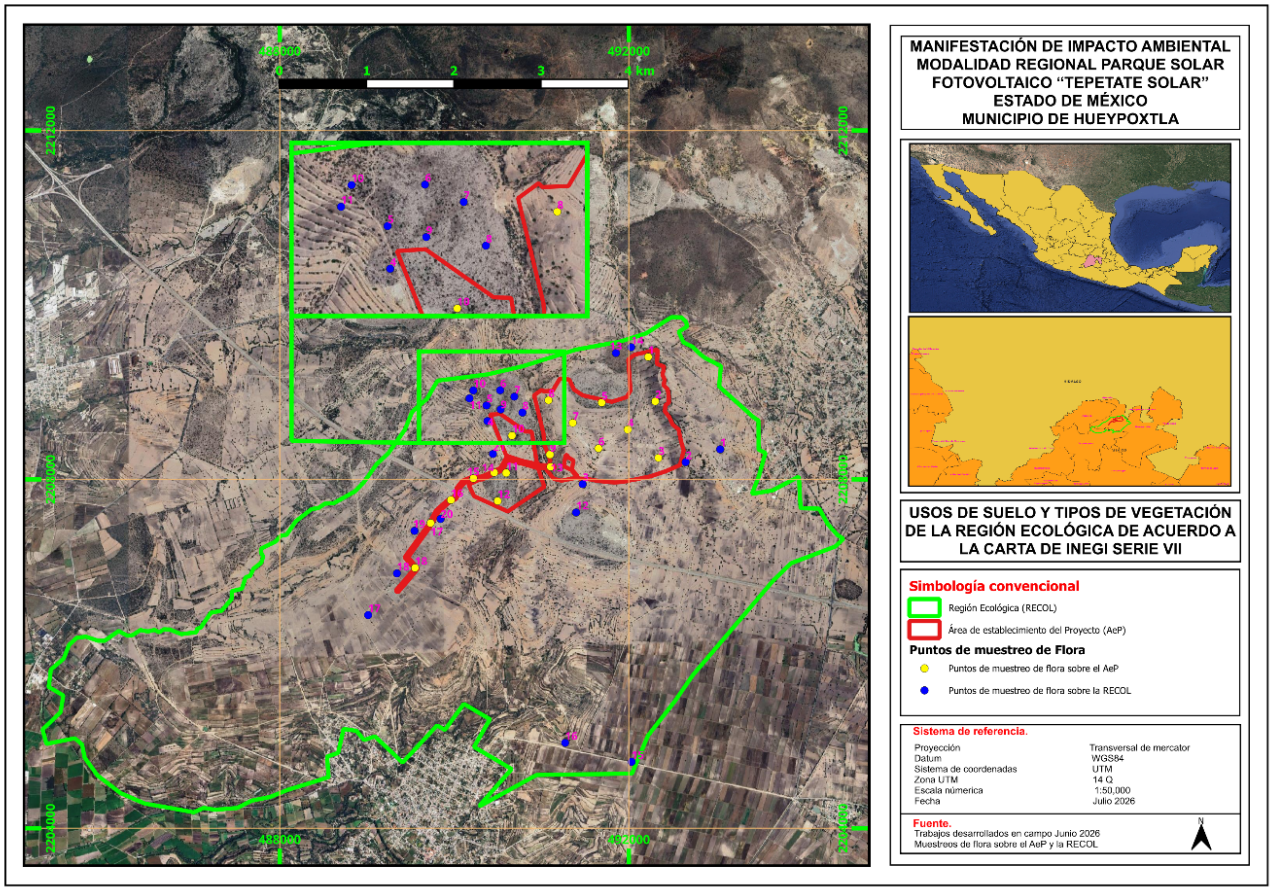


Figura 12 Actividades dentro de los PM



1) Registro de datos; 2) Delimitación de los puntos de muestreo; 3) Toma de datos dasométricos de individuos arbóreos; 4) Punto central de cada punto de muestreo; 5) Delimitación sitio; 6) Búsqueda de ejemplares; 7) Conteo estrato herbáceo; 8) Delimitación estrato arbustivo.

Representatividad estadística del tamaño de muestra y completitud del muestreo:

La representatividad estadística del tamaño de muestra y la completitud del muestreo son indicadores que permiten evaluar si el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para caracterizar adecuadamente la comunidad vegetal presente en el área de estudio. Su cálculo es importante porque proporciona sustento estadístico a los resultados obtenidos, permitiendo determinar si la riqueza de especies registrada es representativa de la flora existente y si el número de unidades de muestreo fue suficiente para describir la composición y estructura de la vegetación con un nivel adecuado de confiabilidad. La descripción completa de la metodología se aprecia en el Apéndice III.3. Metodologías empleadas.

Para su aplicación se estableció *a priori* un nivel de confianza superior al 95 % (para el AeP 97.5 % con $\alpha = 0.025$; y 99 % para la REcol con $\alpha = 0.01$), con grados de

libertad n -1 y un error admisible del 20%. Cabe mencionar que en ecología se suelen aceptar errores relativos entre el 10 y 40% (Bellond *et al.,* 1994[25]), pero de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000 Op. cit.) el error[2] del 20% es el comúnmente aceptado en estudios de ecología vegetal.

Modelo aplicado en estudios de ecología vegetal para la obtención del número de muestras representativas

$$n= (t^2 * CV^2) / E^2$$

Donde:

n: Número de unidades muéstrales o de puntos de muestreo estadísticamente representativos.

E: Error admisible. En este caso se aplicó el 20% que de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000 Op. cit.) en ecología vegetal es el error generalmente aceptado.

t: Valor que define el nivel de confianza, obtenido a partir de las tablas "t de Student".

CV: Coeficiente de variación

De esta forma, con base a la información obtenida en campo, se obtuvo el valor de la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación necesarios para la aplicación del modelo y evaluar la representatividad estadística del muestreo. Los cálculos realizados para la REcol y el AeP se presentan en la memoria de cálculo del Apéndice III.4 Representatividad estadística AeP-RE de este documento y se retoman en las siguientes tablas**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 10 Representatividad estadística del muestreo de vegetación en la REcol

PM (REcol)	Número de especies registradas
1	10
2	13
3	10
4	16
5	15
6	20
7	17
8	17
9	18
10	18
11	11
12	17
13	15
14	10
15	8
16	9
17	9
18	10
19	8
20	10
21	14
Promedio (ẋ)	13.0952
Muestras (n)	21
Desviación estándar (S)	3.8458
Coeficiente de variación (CV)	29.3682
Nivel de confianza1/, 99% t =	2.5280

[2] El error de muestreo se debe a los efectos casuales de seleccionar las muestras (Bautista et al., 2011).

PM (REcol)	Número de especies registradas
Error admisible deseado (%)	20.00
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística	**14**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 99% y con grados de libertad = n-1.	

Tabla 11 Representatividad estadística del muestreo de vegetación en el AeP

PM (AeP)	Número de especies registradas
1	10
2	4
3	7
4	10
5	17
6	9
7	8
8	12
9	12
10	17
11	14
12	13
13	10
14	14
15	7
16	8
17	6
18	8
Promedio (ẋ)	10.3333
Muestras (n)	18
Desviación estándar (S)	3.6622
Coeficiente de variación (CV)	35.4407
Nivel de confianza1/, 97.5% t =	2.1098
Error admisible deseado (%)	20.00
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística	**14**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 97.5% y con grados de libertad = n-1.	

De la sustitución de valores en el modelo empleado, se tiene que el tamaño de muestra necesario para contar con un muestreo representativo, en función del coeficiente de variación observado en campo, es de 14 unidades de muestreo tanto en la REcol, como en el AeP. De forma efectiva, se reitera que se levantaron 21 y 18 unidades de muestreo, respectivamente, por lo que se superó el mínimo requerido (n=14).

Tabla 12 Tamaño de muestra requerido y realizado en el muestreo de vegetación

Área de análisis	Nivel de confianza	Error admisible	CV	n representativa (Tamaño de muestra requerido)	n efectiva (Tamaño de muestra realizado)
REcol	99 %	20 %	29.3682	14	21
AeP	97.5 %	20 %	35.4407	14	18

Por lo anterior, se enfatiza que la muestra es estadísticamente representativa y los valores obtenidos reflejan una confiabilidad estadística entre el 97.5 % y el 99 %, haciendo posible extrapolar las características analizadas hacia el resto de la población no muestreada.

EFICIENCIA Y COMPLETITUD DEL MUESTREO

Inventariar al 100% la diversidad biológica a menudo resulta imposible (Valverde y Hortal, 2003)[26], por lo que, en un inventario ecológico no se necesita registrar el 100% de las especies presentes para que sea eficiente y representativo. Así pues, un "inventario eficiente" es aquel en el que se registró una alta proporción de la riqueza real, lo que permite caracterizar adecuadamente a la comunidad. De acuerdo con Pineda y Verdú (2013[27]) superar el 80% de completitud es adecuado para determinar que un inventario es razonablemente completo, porcentaje que es conocido como eficiencia de muestreo o grado de completitud del muestreo.

Dentro de los estimadores ampliamente utilizados para evaluar la completitud de los muestreos, se encuentra Chao 1 que es de los más rigurosos (Villareal, et al., 2006). Mientras que la curva de Rarefacción de Coleman evalúa la distribución espacial, esta curva aleatoriza la posición de los individuos en las muestras, por lo tanto, si existen diferencias entre la curva de acumulación de todos los individuos observados y la curva de Coleman significa que las especies raras están agrupadas en pocas muestras, y, por el contrario, una mayor sobreposición de la curva de acumulación de especies observadas y la curva de Coleman señala una distribución más aleatoria de las especies (Colwell, 2016) .

Las curvas de acumulación de especies muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota; cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el esfuerzo de muestreo (número de unidades de muestreo), no se incrementará el número de especies, por el contrario, si las curvas no llegan a esa asíntota podemos inferir que faltan más especies por registrar.

Para evaluar la completitud del muestreo en este estudio, la riqueza registrada en cada unidad geográfica (REcol y AeP) fue comparada con la riqueza estimada por el indicador Chao 1 95% y la curva de Rarefacción de Coleman, a través del programa EstimateS versión 9.1.0.[28] este programa toma como referencia los datos obtenidos del muestreo, aleatoriza toda la información y realiza cálculos de número de especies observadas y esperadas utilizando estimadores; con lo cual se construyeron las curvas de acumulación de especies. La matriz construida para alimentar el programa, así como los valores obtenidos y graficados se presentan en el Apéndice III.5. Base de datos Curva de acumulación de especies para la REcol y Apéndice III.6. Base de datos de acumulación de especies para el AeP. Los resultados se concretan en lo siguiente.

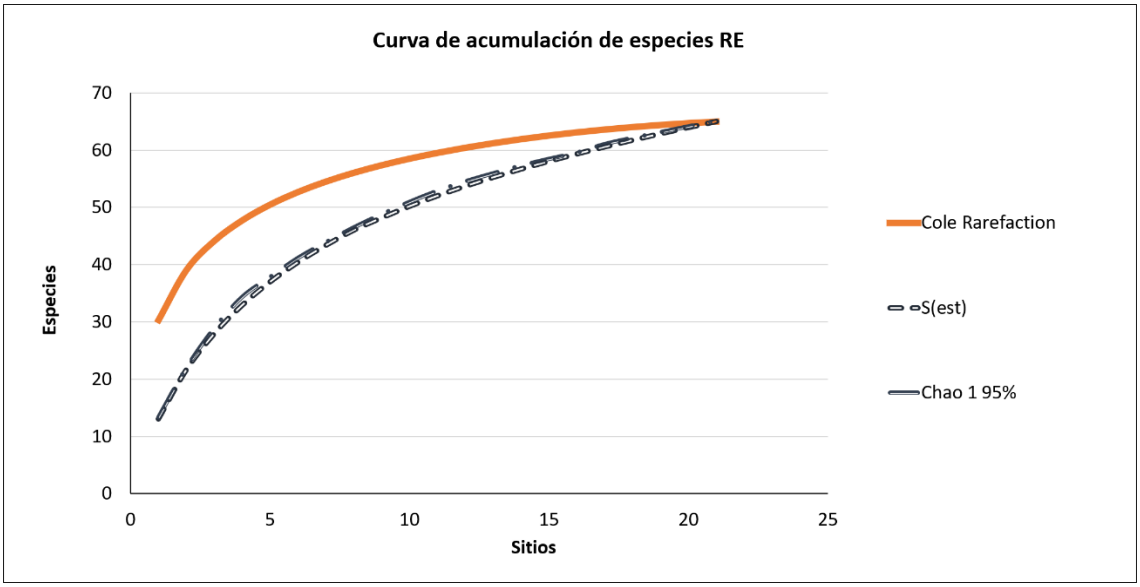
En el análisis de la **riqueza registrada en la REcol**, se tiene que los registros obtenidos en campo (**S obs = 65 especies**) denotan una eficiencia de muestreo del 99.85% con respecto a lo estimado por Chao 1 95 % que estimó 65.1 especies; y del 100% con respecto al índice de Rarefacción de Coleman que estimó 65 especies.

Tabla 13 Eficiencia de muestreo en la REcol

Samples	S(est)	Cole Rarefaction	Chao 1 95%
1	13.05	30.33	13.34
2	21.62	39.07	21.97
3	27.92	44.16	28.92
4	32.9	47.74	34.35
5	36.98	50.49	37.84
6	40.41	52.7	41.17
7	43.37	54.52	43.92
8	46.02	56.06	46.5
9	48.16	57.38	48.81
10	50.19	58.53	50.96
11	52.02	59.54	52.89
12	53.7	60.44	54.55
13	55.25	61.23	55.95
14	56.7	61.94	57.31
15	58.06	62.57	58.47
16	59.34	63.13	59.58
17	60.57	63.62	61.06
18	61.74	64.05	62.14
19	62.87	64.42	63.15
20	63.95	64.74	64.15
21	65	65	65.1
	Eficiencia	**100.00%**	**99.85%**

Respecto a la distribución espacial, la distancia entre la curva de acumulación de especies observadas y la curva de Coleman indica la presencia especies raras o baja abundancia agrupadas en pocas muestras. Respecto a la acumulación de especies, no se ha alcanzado la estabilización de la asíntota, por lo que puede inferirse que hay probabilidad de registrar más especies dentro de dicha área; sin embargo, aun cuando la asíntota no se ha estabilizado, la curva construida con los valores estimados por Chao 1 95% acompañan con poca o nula distancia a la curva de la riqueza observada, con una sobrestimación máxima de tan sólo 0.1 especies faltantes por registrar, lo que aunado a el alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, denotan que el muestreo ejecutado es razonablemente completo.

Figura 13 Curva de acumulación de especies de flora en la REcol



En el caso de la **riqueza registrada en el AeP**, se tiene que los registros obtenidos en campo (**S obs = 46 especies**) denotan una eficiencia de muestreo del 99.80% con respecto a lo estimado por Chao 1 95 % que estimó 46.09 especies; y del 100% con respecto al índice de Rarefacción de Coleman que estimó 46 especies.

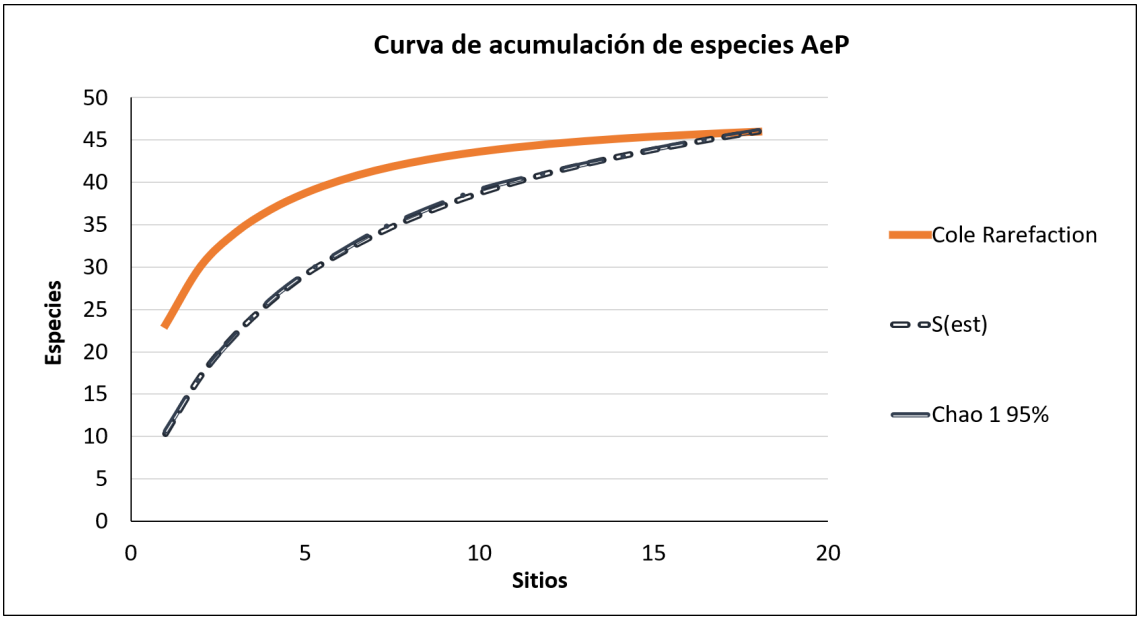
Tabla 14 Eficiencia de muestreo en el AeP

Samples	S(est)	Cole Rarefaction	Chao 1 95%
1	10.35	23.25	10.64
2	17.09	30.11	17.11
3	22.03	34.08	21.96
4	25.9	36.78	26.12
5	29.09	38.75	29.26
6	31.58	40.24	31.78
7	33.78	41.4	34.15
8	35.66	42.31	36
9	37.29	43.05	37.67
10	38.72	43.64	39.14
11	39.97	44.13	40.24
12	41.1	44.54	41.18
13	42.11	44.88	42.15
14	43.02	45.17	42.98
15	43.85	45.42	43.92
16	44.62	45.63	44.69
17	45.33	45.83	45.41
18	46	46	46.09
Eficiencia		**100.00%**	**99.80%**

Respecto a la distribución espacial, al igual que en la REcol, la distancia entre la curva de acumulación de especies observadas y la curva de Coleman indica la presencia especies raras o baja abundancia agrupadas en pocas muestras.

Respecto a la acumulación de especies, no se ha alcanzado la estabilización de la asíntota, por lo que puede inferirse que hay probabilidad de registrar más especies dentro del área del proyecto; sin embargo, aun cuando la asíntota no se ha estabilizado, la curva construida con los valores estimados por Chao 1 95% acompañan con poca o nula distancia a la curva de la riqueza observada, con una sobrestimación máxima de tan sólo 0.09 especies faltantes por registrar, lo que aunado a el alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, denotan que el muestreo ejecutado es razonablemente completo.

Figura 14 Curva de acumulación de especies de flora en el AeP



En conclusión, los resultados obtenidos para la REcol y el AeP presentaron niveles de completitud muy superiores al umbral mínimo del 80% recomendado por Pineda y Verdú (2013 Op Cit), localizándose entre el 99 % y el 100% de completitud, lo que suele ser considerado no sólo adecuado sino con una eficiencia o completitud del muestreo muy alta.

Tabla 15 Eficiencia o completitud del muestreo en la REcol y el AeP

Unidad geográfica	Cole Rarefaction	Chao 1 95 %
REcol	100.00%	99.85%
AeP	100.00%	99.80%

De los resultados obtenidos y en términos ecológicos, un elemento adicional que respalda la existencia de condiciones ambientales heterogéneas en el área analizada es la presencia de especies raras o agrupadas en pocas muestras, que puede traducirse en un indicativo de cierta heterogeneidad ambiental. En contraste,

las áreas destinadas exclusivamente a actividades agrícolas, como estaba previsto de acuerdo con la cartografía de referencia, suelen presentar comunidades vegetales simplificadas, dominadas por pocas especies y con escasa presencia de taxa raros. Lo que constituye un indicio adicional de que el área analizada no corresponde a una superficie homogénea de uso agrícola, sino que incluye sectores con vegetación forestal.

Se reitera que a través del trabajo de campo se determinó la condición de uso de suelo y vegetación de cada una de las unidades muestrales visitadas (evidencia fotográfica en el Apéndice III.7. Condición general terrenos de interés). Lo que derivó en que, para la REcol, de las 21 unidades muestrales, 12 correspondieron al uso de suelo agrícola, mientras que en 9 sitios se verificó la presencia de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule (VSa/MC).

En el AeP, de las 18 unidades muestrales, en 10 se confirmó la presencia agrícola y en 8 sitios se caracterizó la presencia de VSa/MC.

Tabla 16 Uso de suelo y vegetación de cada unidad de muestreo en la REcol y el AeP

Región Ecológica	
PM (REcol)	**Tipo de vegetación o uso de suelo**
1	Uso Agrícola
2	Uso Agrícola
3	Uso Agrícola
4	VSa/MC
5	VSa/MC
6	VSa/MC
7	VSa/MC
8	VSa/MC
9	VSa/MC
10	VSa/MC
11	Uso Agrícola
12	VSa/MC
13	VSa/MC
14	Uso Agrícola
15	Uso Agrícola
16	Uso Agrícola
17	Uso Agrícola
18	Uso Agrícola
19	Uso Agrícola
20	Uso Agrícola
21	Uso Agrícola

Área de establecimiento del proyecto	
PM (AeP)	**Tipo de vegetación o uso de suelo**
1	Uso Agrícola
2	Uso Agrícola
3	Uso Agrícola
4	Uso Agrícola
5	VSa/MC
6	Uso Agrícola
7	Uso Agrícola
8	VSa/MC
9	VSa/MC
10	VSa/MC
11	VSa/MC
12	VSa/MC
13	VSa/MC
14	VSa/MC
15	Uso Agrícola
16	Uso Agrícola
17	Uso Agrícola
18	Uso Agrícola

VSa/MC: Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule

Resultados del muestreo en la REcol y el AeP

Los resultados presentados en este apartado se desarrollaron diferenciando entre el uso de suelo agrícola y forestal. Se reitera que durante el trabajo de muestreo fue posible determinar la presencia de ambas condiciones en las dos unidades geográficas analizadas (REcol y AeP).

Tabla 17 Sitios de muestreo en la REcol por uso de suelo

Categoría de uso de suelo		Sitios de muestreo	Sitios totales
Forestal	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule (VSa/MC)	4-10, 12, 13	9
No forestal	Agrícola	1-3,11, 14-21	12
		Sitios totales en la REcol	**21**

Tabla 18 Sitios de muestreo en el AeP por uso de suelo

Categoría de uso de suelo		Sitios de muestreo	Sitios totales
Forestal	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule (VSa/MC)	5, 8-14	8
No forestal	Agrícola	1-4, 6, 7, 15-18	10
		Sitios totales en el AeP	**18**

La información presentada en los siguientes apartados se concentra en el Apéndice III.8. Tablas resumen integrada en una serie de tablas conforme a la estructura recomendada en la "Guía para la presentación y entrega de la Manifestación del Impacto Ambiental" del ACUERDO por el que se dan a conocer las medidas de simplificación administrativa aplicadas, se expiden y modifican los formatos de los trámites a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental, publicado el 01 de abril de 2026 en el DOF.

Riqueza y abundancia

Para medir la diversidad, el número de especies es la medida más frecuentemente utilizada, por varias razones: primero, la riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad; segundo, a pesar de que existen muchas aproximaciones para definir el concepto de especie, su significado es ampliamente entendido; y tercero, al menos para ciertos grupos, las especies son fácilmente detectables y cuantificables A la riqueza de especies en una comunidad se le reconoce como el componente de diversidad alfa y para medirlo puede recurrirse directamente al número de especies presentes (S = riqueza específica) (Moreno, 2001[29]).

Se integra al presente, la base de datos con el registro de especies vegetales identificadas en campo (Apéndice III.9. Registro de vegetación), el contenido de ésta se concreta en los siguiente:

Región ecológica (REcol):

En este sentido, con base en el muestreo realizado, en la REcol se obtuvo una riqueza específica de 65 especies (S_{REcol} =65), 43 de estas especies fueron registradas en linderos agrícolas y 50 especies se caracterizaron en las áreas forestales de VSa/MC, por lo que una porción (43 %) de dicha riqueza se comparte entre ambas condiciones (agrícola y VSa/MC).

En este sentido, en la VSa/MC de la REcol la riqueza específica es de S=50, donde el estrato arbóreo está representado por 3 especies (6 % de las especies registradas en esta comunidad); en el estrato arbustivo y en el estrato de cactáceas se caracterizaron 12 especies (24 %) en cada caso; y el estrato herbáceo fue el mejor representado, con 23 especies (46 % de la riqueza total).

En el caso de las áreas agrícolas (linderos) de la REcol la riqueza específica es de S=43, donde el estrato arbóreo está representado por 5 especies (12 % de la riqueza registrada); en el estrato arbustivo se caracterizaron 8 especies (19 %); en el estrato de cactáceas 7 especies (16 %); y de igual manera, el estrato herbáceo fue el mejor representado, con 23 especies (53 % total).

Área del proyecto (AP):

En el caso del AeP se obtuvo una riqueza específica de 46 especies (S_{AP} =46), 31 de éstas fueron registradas en linderos agrícolas y 37 especies se caracterizaron en las áreas forestales de VSa/MC, por lo que una porción importante de dicha riqueza (48 %) se comparte entre ambas condiciones (agrícola y VSa/MC).

De tal manera que, en la VSa/MC del AeP la riqueza específica es de S=37, en esta comunidad vegetal, el estrato arbóreo está representado por 3 especies (8 % de las especies registradas); en el estrato arbustivo se caracterizaron 11 especies (30 %); el estrato de cactáceas se compone de 9 especies (24 %); y el estrato herbáceo fue el mejor representado, con 14 especies (38 % de la riqueza total).

En el caso de las áreas agrícolas (linderos) del AeP la riqueza específica es de S=31, donde el estrato arbóreo está representado por 2 especies (6 % de la riqueza registrada); en el estrato arbustivo se caracterizaron 9 especies (29 %); en el estrato de cactáceas 4 especies (13 %); y el estrato herbáceo fue el mejor representado, con 16 especies (52 % total).

T

Tabla 19 Riqueza de especies por estrato vertical y uso de suelo en la REcol y el AeP

ESTRATO	S_{REcol} = 65		S_{AeP} = 46	
	Lindero Agrícola	Vsa/MC	Lindero Agrícola	Vsa/MC
Arbóreo	5	3	2	3
Arbustivo	8	12	9	11
Cactáceas	7	12	4	9
Herbáceo	23	23	16	14
Riqueza por uso de suelo	**43**	**50**	**31**	**37**

Abundancia absoluta:

Región ecológica (REcol):

En la **REcol** se registró un total de **2,172 individuos** entre todas las especies que conforman la riqueza específica; de los cuales**, 821 individuos se encontraron sobre los linderos de áreas agrícolas,** donde las **especies con mayor abundancia absoluta** fueron: el pirul (***Schinus molle***) en el estrato arbóreo; el palillo (***Croton morifolius***) en el estrato arbustivo; la flamenquilla (***Dyssodia***

papposa) en el estrato herbáceo; y el maguey pulquero (***Agave salmiana***) en el estrato de cactáceas y agaves. De las especies con mayor abundancia, *S. molle* es exótica y el resto son nativas, *A. salmiana* además es endémica del país, ninguna cuenta con estatus de riesgo a nivel nacional.

Figura 15 Riqueza de especies por estrato vertical y uso de suelo en la REcol

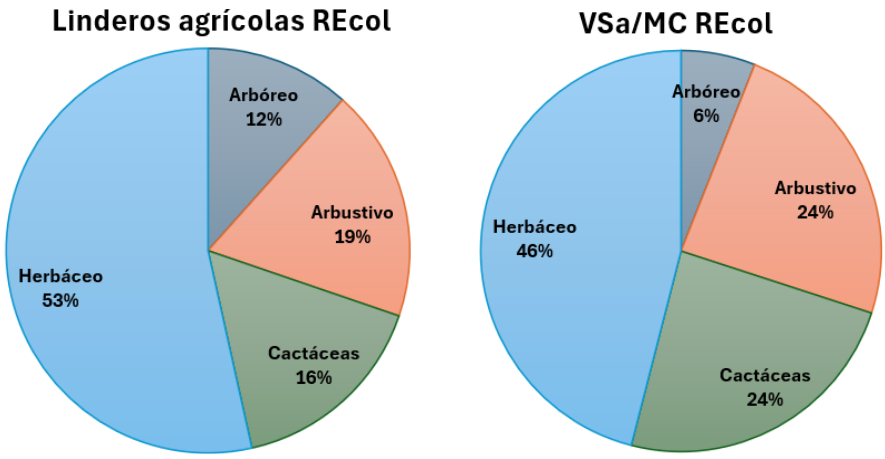
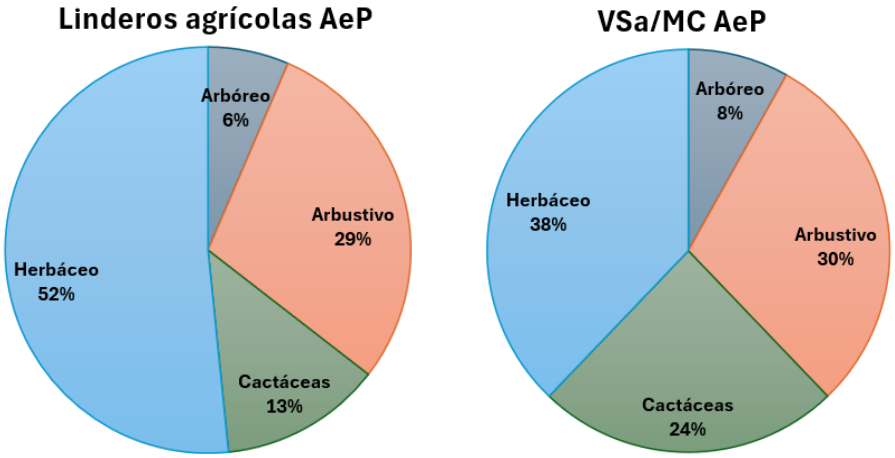


Figura 16 Riqueza de especies por estrato vertical y uso de suelo en el AeP



En las áreas forestales de VSa/MC en la misma unidad geográfica, se registraron los 1,351 individuos restantes, las especies con mayor abundancia corresponden a: el huizache chino (*Vachellia schaffneri*) en el estrato arbóreo; sangre de drago (*Jatropha dioica*) en el estrato arbustivo; ojo de gallo (*Sanvitalia procumbens*) en el estrato herbáceo; y el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) en el estrato de cactáceas y agaves. Todas nativas, no endémicas y sin estatus de riesgo a nivel nacional.

Área del proyecto (AP):

Respecto al AP se registró un total de 1,483 individuos; de los cuales, 458 individuos corresponden a la riqueza registrada sobre los linderos de áreas agrícolas, donde

las especies con mayor abundancia absoluta fueron: el pirul (*Schinus molle*) en el estrato arbóreo; el palillo (*Croton morifolius*) en el estrato arbustivo; acederilla (*Oxalis latifolia*) en el estrato herbáceo; y el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) en el estrato de cactáceas y agaves. De las especies con mayor abundancia en el área del proyecto, *S. molle* es exótica y el resto son nativas, ninguna cuenta con estatus de riesgo a nivel nacional.

En el caso de las áreas forestales de VSa/MC del AeP, se registraron 1,025 individuos, donde las especies con mayor abundancia corresponden a: el huizache chino (*Vachellia schaffneri*) en el estrato arbóreo; sangre de drago (*Jatropha dioica*) en el estrato arbustivo; el pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en el estrato herbáceo; y el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) en el estrato de cactáceas y agaves. Todas nativas, no endémicas y sin estatus de riesgo a nivel nacional.

Tabla 20 Especies y abundancia registrada por estrato y uso de suelo en la REcol y el AP

ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	Abundancia en la REcol		Abundancia en el AeP	
				Lindero Agrícola	VSa/MC	Lindero Agrícola	VSa/MC
Arbóreo	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	---	---	---
Arbóreo	Fabaceae	*Erythrina americana*	Colorín	1	---	---	---
Arbóreo	Fabaceae	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	24	---	---	---
Arbóreo	Oleaceae	*Forestiera angustifolia*	Panalero	---	16	---	3
Arbóreo	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	41	7	32	12
Arbóreo	Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	39	29	9	29
Arbustivo	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	---	26	12	14
Arbustivo	Verbenaceae	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	1	54	---	8
Arbustivo	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	7	2	4	5
Arbustivo	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	20	8	14	4
Arbustivo	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	28	136	2	48
Arbustivo	Asteraceae	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	6	35	3	13
Arbustivo	Rhamnaceae	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	---	61	---	25
Arbustivo	Euphorbiaceae	*Croton morifolius*	Palillo	201	9	166	2
Arbustivo	Euphorbiaceae	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	---	232	---	253
Arbustivo	Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	3	---	9	---
Arbustivo	Rosaceae	*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	---	7	---	---
Arbustivo	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	---	8	3	24
Arbustivo	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	12	13	21	31
Cactáceas	Asparagaceae	*Agave applanata*	Maguey de castilla	1	64	---	77
Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	112	2	11	2
Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	---	13	---	---
Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	1	30	---	4
Cactáceas	Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	99	185	21	266

ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	Abundancia en la REcol		Abundancia en el AeP	
				Lindero Agrícola	VSa/MC	Lindero Agrícola	VSa/MC
Cactáceas	Asparagaceae	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	---	1	---	---
Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	---	10	---	9
Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	1	4	---	10
Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	---	7	---	---
Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	3	170	2	81
Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	13	21	8	26
Cactáceas	Cactaceae	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	---	27	---	7
Hierbas	Malvaceae	*Anoda cristata*	Alache	---	6	2	---
Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	---	2	---	---
Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	---	1	---	1
Hierbas	Poaceae	*Avena sativa*	Avena	8	---	4	---
Hierbas	Poaceae	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	2	---	---	---
Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	9	9	4	22
Hierbas	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	37	---	18	2
Hierbas	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	3	6	---	8
Hierbas	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	---	3	---	3
Hierbas	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	2	3	7	---
Hierbas	Poaceae	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	12	8	2	---
Hierbas	Commelinaceae	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	3	6	2	3
Hierbas	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	3	4	2	3
Hierbas	Asteraceae	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	65	6	36	8
Hierbas	Asparagaceae	*Echeandia mexicana*	Amarilla	---	2	---	---
Hierbas	Poaceae	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	---	1	---	3
Hierbas	Asteraceae	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	5	25	3	2
Hierbas	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	---	2	1	---
Hierbas	Euphorbiaceae	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	3	---	---	---
Hierbas	Convolvulaceae	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	2	3	---	---
Hierbas	Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	---	6	---	---
Hierbas	Nyctaginaceae	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	2	---	---	---
Hierbas	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	---	5	---	4
Hierbas	Oxalidaceae	*Oxalis latifolia*	Acederilla	19	15	48	1
Hierbas	Poaceae	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	6	7	---	---
Hierbas	Solanaceae	*Physalis coztomatl*	Coztomate	---	2	1	---
Hierbas	Martyniaceae	*Proboscidea louisianica*	Toritos	---	2	---	---
Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2	---	---	---
Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	3	50	5	6
Hierbas	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3	---	3	---
Hierbas	Malvaceae	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	12	---	3	---

ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	Abundancia en la REcol		Abundancia en el AeP	
				Lindero Agrícola	VSa/MC	Lindero Agrícola	VSa/MC
Hierbas	Asteraceae	*Stevia serrata*	Burrillo	2	---	---	6
Hierbas	Asparagaceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1	---	---	---
Hierbas	Asteraceae	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	2	---	---	---
Abundancia (individuos)				**821**	**1,351**	**458**	**1,025**
Riqueza específica, S =				**43**	**50**	**31**	**37**

Especies endémicas o en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

De la totalidad de especies registradas *in situ,* tres se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010[30]: el sotol verde *(Dasylirion acrotrichum*) y el colorín (*Erythrina americana*) en estatus de especies amenazadas (A), además del cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) sujeta a protección especial (Pr); todas presentes en la REcol, *E. americana* y *C. lusitánica* fueron registradas en los linderos agrícolas, mientras que *D acrotrichum* se observó únicamente en el área forestal de VSa/MC, la presencia de ésta última además fue prevista en el listado potencial, pues cuenta con registros de observación en la zona e idoneidad ambiental para distribuirse de forma natural en el sitio; mientras que las otras dos especies arbóreas que sólo se observaron en los linderos agrícolas probablemente fueron sembrados como barrera o cortina de viento.
Resalta que, las especies anteriores estuvieron ausentes en el muestreo ejecutado sobre el área de establecimiento del proyecto. De manera que, ninguna de las especies registradas en el AeP se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 21 Especies protegidas identificadas en campo

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	UICN	CITES	Presencia en la REcol		Presencia en el AeP	
							Linderos agrícolas	Vsa/MC	Linderos agrícolas	Vsa/MC
Estrato Arbóreo										
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	LC	S/C	SI	NO	NO	NO
Fabaceae	*Erythrina americana*	Colorín	Endémica	A	LC	S/C	SI	NO	NO	NO
Estrato Cactáceas										
Asparagaceae	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	Endémica	A	S/C	S/C	NO	SI	NO	NO

VSa/MC = vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
NOM-059-SEMARNAT-2010: **S/C**=sin categoría de riesgo; Pr=protección especial; A=amenazada.
UICN: **S/C**=sin categoría de riesgo; DD= datos insuficientes; **LC**=preocupación menor.
CITES: **II**=apéndice II.

Adicionalmente, se buscó el estatus de protección internacional de las especies identificadas en campo, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la regulación de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

De lo que destaca que, no se encontraron especies enlistadas con riesgo por la UICN, toda vez que no han sido evaluadas, hay datos insuficientes para su

evaluación o bien, se localizan en estatus de preocupación menor (LC) donde se localizan los taxa que habiendo sido evaluados no cumplen ninguno de los criterios que definen las categorías de “En Peligro Crítico”, “En Peligro”, “Vulnerable” o “Casi Amenazado”, por lo que corresponde a taxa abundantes y de amplia distribución.

En el Apéndice II de la CITES se localizaron 10 especies, todas registradas en la REcol y 7 de éstas también en el AeP, por lo que su comercio se encuentra estrictamente regulado, en su mayoría corresponden a cactáceas, además de una especie de la familia Euphorbiaceae. Cabe mencionar que, ninguna de estas diez especies se encuentra protegida a nivel nacional por la norma oficial mexicana antes mencionada.

Tabla 22 Especies protegidas a nivel internacional (UICN y CITES) identificadas en campo

							Presencia en la REcol		Presencia en el AeP	
FAMILIA	**NOMBRE CIENTIFICO**	**NOMBRE COMUN**	**DISTRIBUCIÓN**	**NOM-059**	**UICN**	**CITES**	**Linderos agrícolas**	**Vsa/MC**	**Linderos agrícolas**	**Vsa/MC**
Cactaceae	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	NO
Cactaceae	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	NO	SI
Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	Nativa	S/C	LC	II	SI	SI	SI	SI
Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	SI
Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	NO	SI
Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	NO
Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	Nativa	S/C	LC	II	SI	SI	SI	SI
Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	SI	SI
Cactaceae	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	Endémica	S/C	DD	II	NO	SI	NO	SI
Euphorbiaceae	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	Nativa	S/C	S/C	II	SI	NO	NO	NO

VSa/MC = vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
NOM-059-SEMARNAT-2010: **S/C**=sin categoría de riesgo; Pr=protección especial; A=amenazada.
UICN: **S/C**=sin categoría de riesgo; DD= datos insuficientes; **LC**=preocupación menor.
CITES: **II**=apéndice II.

Respecto a los **endemismos**, de la totalidad de especies registradas *in situ*, 17 presentan una distribución restringida a México, pero no exclusiva al Estado de México, toda vez que cuentan con registros de su distribución en varios estados de la República, recapitulados en la siguiente tabla.

Tabla 23 Distribución reportada para las especies endémicas identificadas en campo

NOMBRE CIENTIFICO	**NOMBRE COMUN**	**NOM-059**	**DISTRIBUCIÓN REPORTADA**	
Erythrina americana	Colorín	A	Endémica	Campeche, Colima, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas
Condalia mexicana	Espino de capulín	S/C	Endémica	Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Nuevo

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOM-059	DISTRIBUCIÓN REPORTADA	
				León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas
Zaluzania augusta	Hierba blanca	S/C	Endémica	Aguascalientes, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas
Agave applanata	Maguey de castilla	S/C	Endémica	Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tlaxcala y Zacatecas
Agave salmiana	Maguey pulquero	S/C	Endémica	Aguascalientes, Coahuila, Colima, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas
Coryphantha octacantha	Biznaga Partida de Ocho Espinas	S/C	Endémica	Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas.
Coryphantha ottonis	Biznaga partida	S/C	Endémica	Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Puebla, Querétaro, Tamaulipas y Zacatecas
Dasylirion acrotrichum	Sotol verde	A	Endémica	Aguascalientes, Guanajuato Hidalgo, Jalisco, Michoacán De Ocampo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz
Ferocactus latispinus	Biznaga ganchuda	S/C	Endémica	Aguascalientes, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas
Mammillaria magnimamma	Biznaga de espina solitaria	S/C	Endémica	Aguascalientes, Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas
Mammillaria uncinata	Biznaga ganchuda	S/C	Endémica	Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas
Opuntia streptacantha	Nopal cardón	S/C	Endémica	Aguascalientes, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas
Stenocactus crispatus	Biznaga Ondulada Crespada	S/C	Endémica	Hidalgo, México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas y Tlaxcala
Echeandia mexicana	Amarilla	S/C	Endémica	Aguascalientes, Campeche, Colima, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas
Erigeron galeottii	Flor de estrella	S/C	Endémica	Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz
Ipomoea stans	Tumbavaqueros	S/C	Endémica	Aguascalientes, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán De Ocampo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas
Physalis coztomatl	Coztomate	S/C	Endémica	Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOM-059	DISTRIBUCIÓN REPORTADA	
				De Ocampo, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas

Fuente: Fichas técnicas, CONABIO, disponibles por especie en el portal de EnciclovVida <https://enciclovida.mx/especies/144123-coryphantha-octacantha> consultadas el 23 de julio de 2026.
NOM-059-SEMARNAT-2010: **S/C**=sin categoría de riesgo; Pr=protección especial; A=amenazada.

Las 17 especies endémicas fueron registradas en la REcol e incluyen a las dos especies amenazadas que se localizaron en dicha unidad geográfica. Mientras que, en el AeP se detectaron 11 de dichas especies endémicas.

Tabla 24 Especies endémicas identificadas en campo

							Presencia en la REcol		Presencia en el AeP	
FAMILIA	**NOMBRE CIENTIFICO**	**NOMBRE COMUN**	**DISTRIBUCIÓN**	**NOM-059**	**UICN**	**CITES**	**Linderos agrícolas**	**Vsa/MC**	**Linderos agrícolas**	**Vsa/MC**
Estrato Arbóreo										
Fabaceae	*Erythrina americana*	Colorín	Endémica	A	LC	S/C	SI	NO	NO	NO
Estrato Arbustivo										
Rhamnaceae	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	Endémica	S/C	LC	S/C	NO	SI	NO	SI
Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C	SI	SI	SI	SI
Estrato Cactáceas y Agaves										
Asparagaceae	*Agave applanata*	Maguey de castilla	Endémica	S/C	LC	S/C	SI	SI	NO	SI
Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	LC	S/C	SI	SI	SI	SI
Asparagaceae	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	Endémica	A	S/C	S/C	NO	SI	NO	NO
Cactaceae	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	NO
Cactaceae	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	NO	SI
Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	SI
Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	NO	SI
Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	LC	II	NO	SI	NO	NO
Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	LC	II	SI	SI	SI	SI
Cactaceae	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	Endémica	S/C	DD	II	NO	SI	NO	SI
Estrato Herbáceo										
Asparagaceae	*Echeandia mexicana*	Amarilla	Endémica	S/C	S/C	S/C	NO	SI	NO	NO
Asteraceae	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	Endémica	S/C	S/C	S/C	SI	SI	SI	SI
Convolvulaceae	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	Endémica	S/C	S/C	S/C	SI	SI	NO	NO
Solanaceae	*Physalis coztomatl*	Coztomate	Endémica	S/C	LC	S/C	NO	SI	SI	NO

VSa/MC = vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
NOM-059-SEMARNAT-2010: **S/C**=sin categoría de riesgo; Pr=protección especial; A=amenazada.
UICN: **S/C**=sin categoría de riesgo; DD= datos insuficientes; **LC**=preocupación menor.
CITES: **II**=apéndice II.

Índices de diversidad biológica

Índice de Shannon (H´), índice de diversidad máxima (H´max) e índice de equidad de Pielou (J´), Índice de Morisita e Índice de valor de importancia.

Posterior al trabajo de muestreo, los registros de especies, abundancia y medidas dasométricas fueron aprovechadas para obtener el índice de diversidad de Shannon (H´), índice de diversidad máxima (H´max), el índice de equidad de Pielou (J´) y el índice de valor de importancia (IVI), las metodologías se describen en el Apéndice III.3. Metodologías empleadas.

Cabe enfatizar que estos análisis fueron desarrollados para las dos condiciones de uso de suelo (Agrícola y VSa/MC) determinada en campo, por estrato vertical (árboles, arbustos, herbáceas y cactáceas) y por unidad geográfica. La base de datos y memoria de cálculo de los índices obtenidos, se incorporan en el Apéndice III.10. Memoria de cálculo de diversidad de flora de la REcol y el Apéndice III.11. Memoria de cálculo de diversidad de flora para el AeP.

Índice de Shannon-Wiener (H´)

Región ecológica (REcol):

En las áreas agrícolas de la REcol se registraron los valores de diversidad de H´=1.189 para el estrato arbóreo cuya H´max=1.609; H´=1.035 para el estrato arbustivo, con H´max=2.079; H´= 1.003 para el estrato de cactáceas, con H´max=1.946; y H´=2.390 con H´max=3.135 para el estrato herbáceo. En este sentido, los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max). Considerando todos los valores anteriores, la diversidad media en la condición agrícola es de H´=1.404.

Los valores de equidad correspondieron a J'=0.739 para el estrato arbóreo; J'=0.498 para el arbustivo; J' = 0.516 para el estrato de cactáceas; y J' = 0.762 para el estrato herbáceo. Los valores obtenidos para el índice de Pielou indican que, mientras que en el estrato arbóreo y herbáceo los individuos se distribuyen de manera relativamente uniforme entre las especies registradas, sin que exista una dominancia marcada de alguna de ellas; en los estratos arbustivo y de cactáceas los valores intermedios de equidad reflejan una distribución menos uniforme de los individuos y una mayor dominancia de determinadas especies. Este patrón es congruente con la estructura observada en campo, que corresponde a áreas sujetas a actividades agrícolas (específicamente linderos) donde algunos individuos son sembrados intencionalmente como barreras de una misma especie, por lo que éstas quedan concentradas en pocas muestras, al igual que sucede con las especies ruderales y arvenses, adaptadas a las condiciones de disturbio existentes, mientras que otras especies permanecen representadas por un número reducido de individuos.

Tabla 25 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad en los linderos agrícolas de la REcol

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (Linderos agrícolas)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	4,520	0.0187	-3.9797	-0.0744
2	Fabaceae	Erythrina	*Erythrina americana*	Colorín	2,260	0.0093	-4.6728	-0.0437
3	Fabaceae	Eysenhardtia	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	54,243	0.2243	-1.4948	-0.3353
4	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	92,665	0.3832	-0.9593	-0.3676
5	Fabaceae	Vachellia	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	88,145	0.3645	-1.0093	-0.3679
5	Total				241,834	1	-	-1.1888
I. Shannon H								**1.1888**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.6094**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7386**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Verbenaceae	Aloysia	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	11,301	0.0036	-5.6276	-0.0202
2	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	79,105	0.0252	-3.6817	-0.0927
3	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	226,013	0.0719	-2.6319	-0.1893
4	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	316,418	0.1007	-2.2954	-0.2312
5	Asteraceae	Brickellia	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	67,804	0.0216	-3.8359	-0.0828
6	Euphorbiaceae	Croton	*Croton morifolius*	Palillo	2,271,432	0.7230	-0.3243	-0.2345
7	Verbenaceae	Lantana	*Lantana velutina*	Confiturilla	33,902	0.0108	-4.5290	-0.0489
8	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	135,608	0.0432	-3.1427	-0.1357
8	Total				3,141,583	1	-	-1.0353
I. Shannon H								**1.0353**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.4979**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	Avena	*Avena sativa*	Avena	9,040,526	0.0388	-3.2484	-0.1262
2	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
3	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	10,170,592	0.0437	-3.1307	-0.1368
4	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	41,812,433	0.1796	-1.7170	-0.3084
5	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616
6	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
7	Poaceae	Chloris	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	13,560,789	0.0583	-2.8430	-0.1656
8	Commelinaceae	Commelina	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616
9	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616
10	Asteraceae	Dyssodia	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	73,454,275	0.3155	-1.1535	-0.3640
11	Asteraceae	Erigeron	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	5,650,329	0.0243	-3.7184	-0.0903
12	Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (Linderos agrícolas)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
13	Convolvulaceae	Ipomoea	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
14	Nyctaginaceae	Mirabilis	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
15	Oxalidaceae	Oxalis	*Oxalis latifolia*	Acederilla	21,471,249	0.0922	-2.3834	-0.2198
16	Poaceae	Paspalum	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	6,780,395	0.0291	-3.5361	-0.1030
17	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
18	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616
19	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3,390,197	0.0146	-4.2293	-0.0616
20	Malvaceae	Sphaeralcea	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	13,560,789	0.0583	-2.8430	-0.1656
21	Asteraceae	Stevia	*Stevia serrata*	Burrillo	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
22	Asparagaceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,130,066	0.0049	-5.3279	-0.0259
23	Asteraceae	Zinnia	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	2,260,132	0.0097	-4.6347	-0.0450
23	Total				232,793,547	1	-	-2.3900
							I. Shannon H	**2.3900**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**3.1355**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7622**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave applanata*	Maguey de castilla	2,260	0.0043	-5.4381	-0.0236
2	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	253,135	0.4870	-0.7196	-0.3504
3	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	2,260	0.0043	-5.4381	-0.0236
4	Cactaceae	Cylindropuntia	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	223,753	0.4304	-0.8430	-0.3628
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	2,260	0.0043	-5.4381	-0.0236
6	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	6,780	0.0130	-4.3395	-0.0566
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	29,382	0.0565	-2.8731	-0.1624
7	Total				519,830	1	-	-1.0032
							I. Shannon H	**1.0032**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**1.9459**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.5155**

Por otro lado, en las áreas forestales cubiertas por VSa/MC los valores de diversidad obtenidos fueron H´=0.958 para el estrato arbóreo con H´max=1.099; H´=1.799 para el estrato arbustivo, cuya H´max=2.485; H´= 1.717 para el estrato de cactáceas, con H´max=2.485; y H´=2.568 con H´max=3.135 para el estrato herbáceo. Por lo que, para todos los estratos, los valores de diversidad obtenidos quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max). Si consideramos todos los estratos que conforman la comunidad de VSa/MC, en la REcol la diversidad media es de H´=1.760.

Para esta misma comunidad, los valores para el índice de Pielou correspondieron a J'=0.872 para el estrato arbóreo; J'=0.724 para el arbustivo; J' = 0.691 para el estrato

de cactáceas; y J' = 0.819 para el estrato herbáceo. Por lo que se observa una mayor equidad y menor dominancia con respecto a las áreas agrícolas; desde el punto de vista ecológico, esto hace sentido pues se trata de una comunidad que, aunque se encuentra en proceso de sucesión, ya ha desarrollado una estructura con mayor complejidad donde coexisten un mayor número de especies con una dominancia menos marcada, por lo que el valor de diversidad también es mayor.

Tabla 26 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad en la VSa/MC de la REcol

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (VSa/MC)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Oleaceae	Forestiera	*Forestiera angustifolia*	Panalero	5,242	0.3077	-1.1787	-0.3627
2	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	2,293	0.1346	-2.0053	-0.2699
3	Fabaceae	Vachellia	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	9,501	0.5577	-0.5839	-0.3257
3	Total				17,037	1	-	-0.9583
							I. Shannon H	**0.9583**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**1.0986**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.8723**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	42,592	0.0440	-3.1237	-0.1374
2	Verbenaceae	Aloysia	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	88,461	0.0914	-2.3928	-0.2186
3	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	3,276	0.0034	-5.6887	-0.0193
4	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	13,105	0.0135	-4.3024	-0.0582
5	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	222,791	0.2301	-1.4692	-0.3381
6	Asteraceae	Brickellia	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	57,336	0.0592	-2.8265	-0.1674
7	Rhamnaceae	Condalia	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	99,928	0.1032	-2.2709	-0.2344
8	Euphorbiaceae	Croton	*Croton morifolius*	Palillo	14,744	0.0152	-4.1846	-0.0637
9	Euphorbiaceae	Jatropha	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	380,055	0.3926	-0.9351	-0.3671
10	Rosaceae	Malacomeles	*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	11,467	0.0118	-4.4359	-0.0525
11	Fabaceae	Mimosa	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	13,105	0.0135	-4.3024	-0.0582
12	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	21,296	0.0220	-3.8169	-0.0840
12	Total				968,157	1	-	-1.7989
							I. Shannon H	**1.7989**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.4849**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7239**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Malvaceae	Anoda	*Anoda cristata*	Alache	982,900	0.0345	-3.3673	-0.1161
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	327,633	0.0115	-4.4659	-0.0513
3	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	163,817	0.0057	-5.1591	-0.0296
4	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	1,474,350	0.0517	-2.9618	-0.1532
5	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	982,900	0.0345	-3.3673	-0.1161
6	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	491,450	0.0172	-4.0604	-0.0700
7	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	491,450	0.0172	-4.0604	-0.0700

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (VSa/MC)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
8	Poaceae	Chloris	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	1,310,534	0.0460	-3.0796	-0.1416
9	Commelinaceae	Commelina	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	982,900	0.0345	-3.3673	-0.1161
10	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	655,267	0.0230	-3.7728	-0.0867
11	Asteraceae	Dyssodia	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	982,900	0.0345	-3.3673	-0.1161
12	Asparagaceae	Echeandia	*Echeandia mexicana*	Amarilla	327,633	0.0115	-4.4659	-0.0513
13	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	163,817	0.0057	-5.1591	-0.0296
14	Asteraceae	Erigeron	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	4,095,418	0.1437	-1.9402	-0.2788
15	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	327,633	0.0115	-4.4659	-0.0513
16	Convolvulaceae	Ipomoea	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	491,450	0.0172	-4.0604	-0.0700
17	Fabaceae	Lupinus	*Lupinus montanus*	Garbancillo	982,900	0.0345	-3.3673	-0.1161
18	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	819,084	0.0287	-3.5496	-0.1020
19	Oxalidaceae	Oxalis	*Oxalis latifolia*	Acederilla	2,457,251	0.0862	-2.4510	-0.2113
20	Poaceae	Paspalum	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	1,146,717	0.0402	-3.2131	-0.1293
21	Solanaceae	Physalis	*Physalis coztomatl*	Coztomate	327,633	0.0115	-4.4659	-0.0513
22	Martyniaceae	Proboscidea	*Proboscidea louisianica*	Toritos	327,633	0.0115	-4.4659	-0.0513
23	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	8,190,836	0.2874	-1.2470	-0.3583
23	Total				28,504,108	1	-	-2.5677
							I. Shannon H	**2.5677**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**3.1355**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.8189**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave applanata*	Maguey de castilla	20,969	0.1199	-2.1215	-0.2543
2	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	655	0.0037	-5.5872	-0.0209
3	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	4,259	0.0243	-3.7154	-0.0905
4	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	9,829	0.0562	-2.8792	-0.1618
5	Cactaceae	Cylindropuntia	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	60,612	0.3464	-1.0600	-0.3672
6	Asparagaceae	Dasylirion	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	328	0.0019	-6.2804	-0.0118
7	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,276	0.0187	-3.9778	-0.0745
8	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	1,311	0.0075	-4.8941	-0.0367
9	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	2,293	0.0131	-4.3345	-0.0568
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	55,698	0.3184	-1.1446	-0.3644
11	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	6,880	0.0393	-3.2359	-0.1273
12	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	8,846	0.0506	-2.9846	-0.1509
12	Total				174,956	1	-	-1.7169
							I. Shannon H	**1.7169**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.4849**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.6909**

Adicionalmente, se realizaron estos mismos cálculos para el conjunto de especies registradas en la REcol, sin precisar el uso de suelo o vegetación, obteniendo los valores de H´=1.328 para el estrato arbóreo, H´max=1.792; H´=1.982 para el estrato arbustivo, con H´max=2.565; H´= 1.795 para el estrato de cactáceas, con H´max=2.485; y H´=2.827 con H´max=3.526 para el estrato herbáceo; donde la diversidad media es de H´=1.983 y los valores de equidad oscilaron entre J´=0.722 y J´=0.802. Al integrar todas las especies registradas en la región, no se evaluó una comunidad específica (agricultura o vegetación secundaria) sino el comportamiento de cada estrato en el paisaje en general; en este sentido, se observa una estructura donde la equidad es relativamente alta, lo que indica que la diversidad no depende exclusivamente de unas pocas especies dominantes.

Con base en lo anterior y de acuerdo con la escala de Margalef (1972)[3], la diversidad puede ser calificada como “baja” que se acerca a los valores medios, toda vez que la diversidad promedio obtenida se localizó entre H´=1.404 y 1.983.

Tabla 27 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad general de la REcol

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (General)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	5,176	0.0126	-4.3758	-0.0550
2	Fabaceae	Erythrina	*Erythrina americana*	Colorín	2,588	0.0063	-5.0689	-0.0319
3	Fabaceae	Eysenhardtia	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	62,106	0.1509	-1.8909	-0.2854
4	Oleaceae	Forestiera	*Forestiera angustifolia*	Panalero	41,404	0.1006	-2.2963	-0.2311
5	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	124,213	0.3019	-1.1977	-0.3616
6	Fabaceae	Vachellia	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	175,968	0.4277	-0.8494	-0.3633
6	Total				411,455	1	-	-1.3282
I. Shannon H								**1.3282**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.7918**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7413**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	336,409	0.0299	-3.5092	-0.1050
2	Verbenaceae	Aloysia	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	711,635	0.0633	-2.7600	-0.1747
3	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	116,449	0.0104	-4.5701	-0.0473
4	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	362,287	0.0322	-3.4351	-0.1107
5	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	2,121,967	0.1887	-1.6675	-0.3147
6	Asteraceae	Brickellia	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	530,492	0.0472	-3.0538	-0.1441
7	Rhamnaceae	Condalia	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	789,268	0.0702	-2.6565	-0.1865
8	Euphorbiaceae	Croton	*Croton morifolius*	Palillo	2,717,153	0.2417	-1.4202	-0.3432
9	Euphorbiaceae	Jatropha	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	3,001,807	0.2670	-1.3206	-0.3526

[3] Margalef (1972) menciona que valores menores de 2 en el índice de Shannon, pueden interpretarse como una diversidad baja, de 2 a 3.5 una diversidad media y mayores a 3.5 como diversidad alta.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (General)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
10	Verbenaceae	Lantana	*Lantana velutina*	Confiturilla	38,816	0.0035	-5.6687	-0.0196
11	Rosaceae	Malacomeles	*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	90,572	0.0081	-4.8214	-0.0388
12	Fabaceae	Mimosa	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	103,511	0.0092	-4.6879	-0.0432
13	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	323,471	0.0288	-3.5485	-0.1021
13	Total				11,243,839	1	-	-1.9824
							I. Shannon H	**1.9824**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.5649**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7729**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Malvaceae	Anoda	*Anoda cristata*	Alache	7,763,295	0.0158	-4.1484	-0.0655
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
3	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	1,293,882	0.0026	-5.9402	-0.0156
4	Poaceae	Avena	*Avena sativa*	Avena	10,351,060	0.0211	-3.8607	-0.0813
5	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
6	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	23,289,885	0.0474	-3.0498	-0.1445
7	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	47,873,652	0.0974	-2.3293	-0.2268
8	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	11,644,942	0.0237	-3.7429	-0.0886
9	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	3,881,647	0.0079	-4.8416	-0.0382
10	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	6,469,412	0.0132	-4.3307	-0.0570
11	Poaceae	Chloris	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	25,877,650	0.0526	-2.9444	-0.1550
12	Commelinaceae	Commelina	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	11,644,942	0.0237	-3.7429	-0.0886
13	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	9,057,177	0.0184	-3.9943	-0.0736
14	Asteraceae	Dyssodia	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	91,865,656	0.1868	-1.6775	-0.3134
15	Asparagaceae	Echeandia	*Echeandia mexicana*	Amarilla	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
16	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	1,293,882	0.0026	-5.9402	-0.0156
17	Asteraceae	Erigeron	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	38,816,474	0.0789	-2.5390	-0.2004
18	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
19	Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	3,881,647	0.0079	-4.8416	-0.0382
20	Convolvulaceae	Ipomoea	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	6,469,412	0.0132	-4.3307	-0.0570
21	Fabaceae	Lupinus	*Lupinus montanus*	Garbancillo	7,763,295	0.0158	-4.1484	-0.0655
22	Nyctaginaceae	Mirabilis	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
23	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	6,469,412	0.0132	-4.3307	-0.0570
24	Oxalidaceae	Oxalis	*Oxalis latifolia*	Acederilla	43,992,004	0.0895	-2.4138	-0.2160
25	Poaceae	Paspalum	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	16,820,472	0.0342	-3.3752	-0.1155
26	Solanaceae	Physalis	*Physalis coztomatl*	Coztomate	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
27	Martyniaceae	Proboscidea	*Proboscidea louisianica*	Toritos	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
28	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
29	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	68,575,771	0.1395	-1.9699	-0.2747

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (General)								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
30	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3,881,647	0.0079	-4.8416	-0.0382
31	Malvaceae	Sphaeralcea	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	15,526,590	0.0316	-3.4553	-0.1091
32	Asteraceae	Stevia	*Stevia serrata*	Burrillo	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
33	Asparagaceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,293,882	0.0026	-5.9402	-0.0156
34	Asteraceae	Zinnia	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	2,587,765	0.0053	-5.2470	-0.0276
34	Total				491,675,341	1	-	-2.8272
							I. Shannon H	**2.8272**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**3.5264**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.8017**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave applanata*	Maguey de castilla	168,205	0.0851	-2.4642	-0.2096
2	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	295,005	0.1492	-1.9024	-0.2839
3	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	33,641	0.0170	-4.0736	-0.0693
4	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	80,221	0.0406	-3.2046	-0.1300
5	Cactaceae	Cylindropuntia	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	734,925	0.3717	-0.9896	-0.3679
6	Asparagaceae	Dasylirion	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	2,588	0.0013	-6.6386	-0.0087
7	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	25,878	0.0131	-4.3360	-0.0568
8	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	12,939	0.0065	-5.0291	-0.0329
9	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	18,114	0.0092	-4.6927	-0.0430
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	447,683	0.2264	-1.4853	-0.3363
11	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	87,984	0.0445	-3.1122	-0.1385
12	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	69,870	0.0353	-3.3427	-0.1181
12	Total				1,977,052	1	-	-1.7950
							I. Shannon H	**1.7950**
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.4849**
							Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7224**

Área de establecimiento del proyecto (AeP):

En lo que respecta al AeP, en las áreas agrícolas los valores de diversidad obtenidos fueron H´=0.526 para el estrato arbóreo con H´max=0.693; H´=1.128 para el estrato arbustivo, cuya H´max=2.197; H´= 1.158 para el estrato de cactáceas, con H´max=1.386; y H´=2.005, con H´max=2.773 para el estrato herbáceo. Se observa que, los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos quedaron por debajo de su diversidad máxima (H´max) y la diversidad media, considerando todos los valores anteriores en la condición agrícola, es de H´=1.204.

Los valores de equidad correspondieron a J'=0.759 para el estrato arbóreo; J'=0.513 para el arbustivo; J' = 0.836 para el estrato de cactáceas; y J' = 0.723 para el estrato herbáceo. Estos valores obtenidos para el índice de Pielou revelan que, a diferencia

de lo obtenido en la región ecológica, en el área del de establecimiento del proyecto el estrato de cactáceas presenta el valor de equidad más alto; el estrato arbóreo y herbáceo también presentan una distribución relativamente uniforme entre las especies registradas, sin que exista una dominancia marcada de alguna de ellas; mientras que, en el estrato arbustivo hay una mayor dominancia de determinadas especies, alcanzando el valor intermedio entre dominancia y equidad. En este caso particular, aunque la mayor equidad la presentó el estrato de cactáceas, la riqueza específica del estrato es reducida, en consecuencia, las pocas especies de cactáceas registradas mantienen una estructura equilibrada en términos de la distribución de sus individuos, sin que una especie desplace significativamente a las demás. Y para los demás estratos el comportamiento es similar a lo observado en la región ecológica donde, el patrón es coherente con la estructura de áreas sujetas a actividades agrícolas (específicamente linderos) donde algunos individuos son sembrados intencionalmente como barreras conformadas por una o pocas especies, de manera que, éstas quedan concentradas en pocas muestras y con mayor abundancia de individuos, al igual que sucede con las especies ruderales y arvenses, adaptadas a las condiciones de disturbio existentes, lo que genera que disminuya la equidad y aumente la dominancia.

Tabla 28 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad en los linderos agrícolas del AeP

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – Agricultura)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	6,023	0.7805	-0.2478	-0.1934
2	Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	1,694	0.2195	-1.5163	-0.3329
2	Total			7,717	1	-	-0.5263
						I. Shannon H	**0.5263**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**0.6931**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7593**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	11,293	0.0513	-2.9704	-0.1523
2	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	3,764	0.0171	-4.0690	-0.0696
3	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	13,175	0.0598	-2.8163	-0.1685
4	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	1,882	0.0085	-4.7622	-0.0407
5	Asteraceae	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	2,823	0.0128	-4.3567	-0.0559
6	Euphorbiaceae	*Croton morifolius*	Palillo	156,220	0.7094	-0.3433	-0.2436
7	Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	8,470	0.0385	-3.2581	-0.1253
8	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	2,823	0.0128	-4.3567	-0.0559
9	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	19,763	0.0897	-2.4108	-0.2164
9	Total			220,214	1	-	-1.1280
						I. Shannon H	**1.1280**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.1972**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.5134**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	Malvaceae	*Anoda cristata*	Alache	188,217	0.0142	-4.2556	-0.0604
2	Poaceae	*Avena sativa*	Avena	376,434	0.0284	-3.5625	-0.1011
3	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	376,434	0.0284	-3.5625	-0.1011
4	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	1,693,955	0.1277	-2.0584	-0.2628
5	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	658,760	0.0496	-3.0028	-0.1491
6	Poaceae	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	188,217	0.0142	-4.2556	-0.0604
7	Commelinaceae	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	188,217	0.0142	-4.2556	-0.0604
8	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	188,217	0.0142	-4.2556	-0.0604
9	Asteraceae	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	3,387,910	0.2553	-1.3652	-0.3486
10	Asteraceae	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	282,326	0.0213	-3.8501	-0.0819
11	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	94,109	0.0071	-4.9488	-0.0351

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – Agricultura)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
12	Oxalidaceae	*Oxalis latifolia*	Acederilla	4,517,213	0.3404	-1.0776	-0.3668
13	Solanaceae	*Physalis coztomatl*	Coztomate	94,109	0.0071	-4.9488	-0.0351
14	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	470,543	0.0355	-3.3393	-0.1184
15	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	282,326	0.0213	-3.8501	-0.0819
16	Malvaceae	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	282,326	0.0213	-3.8501	-0.0819
16	Total			13,269,314	1	-	-2.0052
						I. Shannon H	**2.0052**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.7726**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7232**
ESTRATO CACTACEAS							
1	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	2,070	0.2619	-1.3398	-0.3509
2	Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	3,953	0.5000	-0.6931	-0.3466
3	Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	376	0.0476	-3.0445	-0.1450
4	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,506	0.1905	-1.6582	-0.3159
4	Total			7,905	1	-	-1.1583
						I. Shannon H	**1.1583**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**1.3863**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.8355**

Respecto a las áreas forestales cubiertas por VSa/MC en el AeP, se registraron valores de diversidad de H´=0.812 para el estrato arbóreo con H´max=1.099; H´=1.488 para el estrato arbustivo, cuya H´max=2.398; H´= 1.357 para el estrato de cactáceas, con H´max=2.197; y para el estrato herbáceo H´=2.273, con H´max=2.639. Por lo que, para todos los estratos, los valores de diversidad obtenidos quedaron por debajo de su diversidad máxima (H´max) y la diversidad media, considerando todos los estratos que conforman la comunidad de VSa/MC, es de H´=1.483.

Los valores para el índice de Pielou, para esta misma comunidad, correspondieron a J'=0.739 para el estrato arbóreo; J'=0.621 para el arbustivo; J' = 0.618 para el estrato de cactáceas y J' = 0.861 para el estrato herbáceo. Por lo que, comparado con las áreas agrícolas, aunque la equidad es muy similar, hay una mayor diversidad; al igual que en la región ecológica, esto hace sentido pues se trata de una comunidad que, aunque se encuentra en proceso de sucesión, ya ha desarrollado una estructura con mayor complejidad donde coexisten un mayor número de especies, por lo que, aunque aún presenta varias especies dominantes, el valor de diversidad es mayor.

Tabla 29 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad en la VSa/MC del AeP

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – VSa/MC)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	Oleaceae	*Forestiera angustifolia*	Panalero	166	0.0682	-2.6856	-0.1831
2	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	664	0.2727	-1.2993	-0.3543
3	Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	1,604	0.6591	-0.4169	-0.2748
3	Total			2,434	1	-	-0.8122
						I. Shannon H	**0.8122**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**1.0986**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7393**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	3,873	0.0328	-3.4177	-0.1121
2	Verbenaceae	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	2,213	0.0187	-3.9773	-0.0745
3	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,383	0.0117	-4.4473	-0.0521

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – VSa/MC)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
4	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	1,106	0.0094	-4.6705	-0.0438
5	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	13,278	0.1124	-2.1856	-0.2457
6	Asteraceae	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	3,596	0.0304	-3.4918	-0.1063
7	Rhamnaceae	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	6,915	0.0585	-2.8379	-0.1662
8	Euphorbiaceae	*Croton morifolius*	Palillo	553	0.0047	-5.3636	-0.0251
9	Euphorbiaceae	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	69,985	0.5925	-0.5234	-0.3101
10	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	6,639	0.0562	-2.8787	-0.1618
11	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	8,575	0.0726	-2.6228	-0.1904
11	Total			118,116	1	-	-1.4880
						I. Shannon H	**1.4880**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.3979**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.6205**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	27,662	0.0139	-4.2767	-0.0594
2	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	608,562	0.3056	-1.1856	-0.3623
3	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	55,324	0.0278	-3.5835	-0.0995
4	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	221,295	0.1111	-2.1972	-0.2441
5	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	82,986	0.0417	-3.1781	-0.1324
6	Commelinaceae	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	82,986	0.0417	-3.1781	-0.1324
7	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	82,986	0.0417	-3.1781	-0.1324
8	Asteraceae	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	221,295	0.1111	-2.1972	-0.2441
9	Poaceae	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	82,986	0.0417	-3.1781	-0.1324
10	Asteraceae	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	55,324	0.0278	-3.5835	-0.0995
11	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	110,648	0.0556	-2.8904	-0.1606
12	Oxalidaceae	*Oxalis latifolia*	Acederilla	27,662	0.0139	-4.2767	-0.0594
13	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	165,971	0.0833	-2.4849	-0.2071
14	Asteraceae	*Stevia serrata*	Burrillo	165,971	0.0833	-2.4849	-0.2071
14	Total			1,991,656	1	-	-2.2728
						I. Shannon H	**2.2728**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.6391**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.8612**
ESTRATO CACTACEAS							
1	Asparagaceae	*Agave applanata*	Maguey de castilla	4,260	0.1598	-1.8341	-0.2930
2	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	111	0.0041	-5.4848	-0.0228
3	Cactaceae	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	221	0.0083	-4.7916	-0.0398
4	Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	14,716	0.5519	-0.5944	-0.3281
5	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	498	0.0187	-3.9807	-0.0743
6	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	553	0.0207	-3.8754	-0.0804
7	Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	4,481	0.1680	-1.7835	-0.2997
8	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,438	0.0539	-2.9198	-0.1575
9	Cactaceae	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	387	0.0145	-4.2320	-0.0615
9	Total			26,666	1	-	-1.3570
						I. Shannon H	**1.3570**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.1972**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.6176**

Adicionalmente, se realizaron estos mismos cálculos para el conjunto de especies registradas en el AeP, sin precisar el uso de suelo o vegetación, obteniendo los valores de H´=0.818 para el estrato arbóreo, H´max=1.098; H´=1.851 para el estrato arbustivo, con H´max=2.484; H´= 1.412 para el estrato de cactáceas, con H´max=2.197; y H´=2.448 con H´max=3.091 para el estrato herbáceo; donde la diversidad media es de H´=1.632 y los valores de equidad oscilaron entre J´=0.643 y J´=0.792. Al integrar todas las especies registradas del AeP, no se evaluó una comunidad específica (agricultura o vegetación secundaria) sino el comportamiento de cada estrato en el paisaje en general; en este sentido, se observa una estructura donde la equidad es intermedia y menor a lo observado en la REcol, lo que indica una estructura dominada por pocas especies de alta abundancia y un conjunto de

especies menos frecuentes, característica de ambientes con influencia antrópica; en consecuencia, los valores de diversidad en todas las condiciones analizadas también son menores con respecto a la REcol.

Con base en lo anterior y de acuerdo con la escala de Margalef (1972)[4], la diversidad puede ser calificada como “baja”, toda vez que la diversidad promedio obtenida se localizó entre H´=1.204 y 1.632.

Tabla 30 Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad general en el AeP

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – general)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	Oleaceae	*Forestiera angustifolia*	Panalero	731	0.0353	-3.3440	-0.1180
2	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	10,716	0.5176	-0.6585	-0.3409
3	Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	9,255	0.4471	-0.8051	-0.3599
3	Total			20,701	1	-	-0.8188
						I. Shannon H	**0.8188**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**1.0986**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7453**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	31,660	0.0393	-3.2357	-0.1273
2	Verbenaceae	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	9,742	0.0121	-4.4143	-0.0534
3	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	10,959	0.0136	-4.2965	-0.0585
4	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	21,919	0.0272	-3.6034	-0.0981
5	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	60,885	0.0756	-2.5817	-0.1953
6	Asteraceae	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	19,483	0.0242	-3.7212	-0.0901
7	Rhamnaceae	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	30,443	0.0378	-3.2749	-0.1239
8	Euphorbiaceae	*Croton morifolius*	Palillo	204,574	0.2542	-1.3698	-0.3481
9	Euphorbiaceae	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	308,079	0.3828	-0.9604	-0.3676
10	Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	10,959	0.0136	-4.2965	-0.0585
11	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	32,878	0.0408	-3.1979	-0.1306
12	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	63,321	0.0787	-2.5425	-0.2000
12	Total			804,903	1	-	-1.8514
						I. Shannon H	**1.8514**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.4849**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7451**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	Malvaceae	*Anoda cristata*	Alache	243,541	0.0094	-4.6681	-0.0438
2	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	121,771	0.0047	-5.3613	-0.0252
3	Poaceae	*Avena sativa*	Avena	487,082	0.0188	-3.9750	-0.0746
4	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,166,033	0.1221	-2.1032	-0.2567
5	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	2,435,410	0.0939	-2.3656	-0.2221
6	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	974,164	0.0376	-3.2819	-0.1233
7	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	365,312	0.0141	-4.2627	-0.0600
8	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	852,394	0.0329	-3.4154	-0.1122
9	Poaceae	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	243,541	0.0094	-4.6681	-0.0438
10	Commelinaceae	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	608,853	0.0235	-3.7519	-0.0881
11	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	608,853	0.0235	-3.7519	-0.0881
12	Asteraceae	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	5,357,902	0.2066	-1.5771	-0.3258
13	Poaceae	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	365,312	0.0141	-4.2627	-0.0600
14	Asteraceae	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	608,853	0.0235	-3.7519	-0.0881
15	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	121,771	0.0047	-5.3613	-0.0252
16	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	487,082	0.0188	-3.9750	-0.0746
17	Oxalidaceae	*Oxalis latifolia*	Acederilla	5,966,755	0.2300	-1.4695	-0.3380
18	Solanaceae	*Physalis coztomatl*	Coztomate	121,771	0.0047	-5.3613	-0.0252
19	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	1,339,476	0.0516	-2.9634	-0.1530

[4] Margalef (1972) menciona que valores menores de 2 en el índice de Shannon, pueden interpretarse como una diversidad baja, de 2 a 3.5 una diversidad media y mayores a 3.5 como diversidad alta.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (AeP – general)							
ID	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
20	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	365,312	0.0141	-4.2627	-0.0600
21	Malvaceae	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	365,312	0.0141	-4.2627	-0.0600
22	Asteraceae	*Stevia serrata*	Burrillo	730,623	0.0282	-3.5695	-0.1006
22	Total			25,937,117	1	-	-2.4486
						I. Shannon H	**2.4486**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**3.0910**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.7922**
ESTRATO CACTACEAS							
1	Asparagaceae	*Agave applanata*	Maguey de castilla	18,753	0.1469	-1.9177	-0.2818
2	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	3,166	0.0248	-3.6965	-0.0917
3	Cactaceae	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	974	0.0076	-4.8752	-0.0372
4	Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	69,896	0.5477	-0.6020	-0.3297
5	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	2,192	0.0172	-4.0643	-0.0698
6	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	2,435	0.0191	-3.9589	-0.0756
7	Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	20,214	0.1584	-1.8427	-0.2919
8	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	8,280	0.0649	-2.7351	-0.1775
9	Cactaceae	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	1,705	0.0134	-4.3156	-0.0577
9	Total			127,615	1	-	-1.4128
						I. Shannon H	**1.4128**
						Máxima diversidad del ecosistema H' max =	**2.1972**
						Equitatividad (J) H/H' max =	**0.6430**

En resumen, los valores de riqueza específica (S), diversidad de Shannon (H´) y de equidad (J´) obtenidos y presentados en las tablas anteriores indican que el AeP exhibe valores de diversidad alfa inferiores a los obtenidos en la REcol.

Tabla 31 Comparativa de Índice de Shannon, diversidad máxima y equidad

Tipo de vegetación o uso de suelo	**Estrato**	**REcol**				**AeP**			
		S	**H´**	**H´max**	**J´**	**S**	**H´**	**H´max**	**J´**
Agrícola	Arbóreo	5	1.189	1.609	0.739	2	0.526	0.693	0.759
	Arbustivo	8	1.035	2.079	0.498	9	1.128	2.197	0.513
	Cactáceas	7	1.003	1.946	0.516	4	1.158	1.386	0.836
	Herbáceo	23	2.390	3.135	0.762	16	2.005	2.773	0.723
	Media		**1.404**				**1.204**		
Vsa/MC	Arbóreo	3	0.958	1.099	0.872	3	0.812	1.099	0.739
	Arbustivo	12	1.799	2.485	0.724	11	1.488	2.398	0.621
	Cactáceas	12	1.717	2.485	0.691	9	1.357	2.197	0.618
	Herbáceo	23	2.568	3.135	0.819	14	2.273	2.639	0.861
	Media		**1.760**				**1.483**		
General	Arbóreo	6	1.328	1.792	0.741	3	0.819	1.099	0.745
	Arbustivo	13	1.982	2.565	0.773	12	1.851	2.485	0.745
	Cactáceas	12	1.795	2.485	0.722	22	2.449	3.091	0.792
	Herbáceo	34	2.827	3.526	0.802	9	1.413	2.197	0.643
	Media		**1.983**				**1.633**		

Adicional a lo anterior, en virtud de entender la estructura y estado de conservación del matorral crasicaule en estado secundario presente en el área de estudio, se indagó con fines comparativos los valores de diversidad (índice de Shannon) obtenidos en otros estudios para el mismo tipo de vegetación y en alguna región cercana, que fungieran como un parámetro general.

En este sentido, no se encontró una referencia en el Estado de México con la misma comunidad y estado sucesional, por lo que en su lugar se tomó como referencia el estudio de Monroy y Ramírez (2018)[31], donde se calculó la diversidad de Shannon-Wiener para la vegetación en diferentes estados sucesionales del matorral xerófilo en el Valle del Mezquital, Hidalgo, dentro de los cuales se incluye el matorral crasicaule, se obtuvo un índice de diversidad de Shannon promedio de H´=1.7 para la vegetación secundaria[5] y de H´=1.9 para la vegetación primaria[6]. En este contexto, los valores bibliográficos de referencia presentan valores promedio dentro de los rangos obtenidos en este estudio, o incluso menores, correspondiendo a los valores que caracterizan a las zonas áridas, pero a su vez confirmando que en general la comunidad forestal del AeP (H´media = 1.483) y su REcol (H´media = 1.760) presenta una diversidad media a baja.

Índice de Valor de importancia (IVI)

La obtención del IVI mediante la sumatoria de la frecuencia, la densidad y la dominancia relativas se presenta en la memoria de cálculo del Apéndice III.10. Memoria de cálculo de diversidad de flora para la REcol y Apéndice III.11. Memoria de cálculo de diversidad de flora para el AeP, cuyos resultados se concretan en lo siguiente:

Región ecológica (REcol):

En los linderos agrícolas de la REcol, se registraron 5 especies en el estrato arbóreo, donde la de mayor IVI fue el pirul (*Schinus* molle) con IVI = 167; mientras que, en el estrato arbustivo, de 8 especies registradas, la de mayor IVI fue el papelillo (*Croton morifolius*) con IVI = 150; en el estrato de cactáceas el maguey pulquero (*Agave salmiana*) presentó el mayor peso ecológico con IVI=116, de un total de 7 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 23 especies, fue la mostaza (*Brassica rapa*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=55).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, *C. morifolius* es nativa, *A salmiana* es endémica, mientras que *S. molle* y *B. rapa* son exóticas. Ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 32 Índice de valor de importancia (IVI) en el área agrícola de la REcol

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – Agricultura)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	4,520	1.87	1.32	4.76	8

[5] Se tomó como referencia equivalente a la vegetación secundaria arbustiva, a la “etapa de sucesión II de especies intermedias tempranas” determinada así en el estudio señalado

[6] Se tomó como referencia equivalente a la vegetación primaria, a la “etapa de sucesión IV de especies maduras” determinada así en el estudio señalado.

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – Agricultura)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
2	*Erythrina americana*	Colorín	2,260	0.93	0.07	4.76	6
3	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	54,243	22.43	0.96	4.76	28
4	*Schinus molle*	Pirul	92,665	38.32	80.85	47.62	167
5	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	88,145	36.45	16.79	38.10	91
5	∑		**241,834**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	11,301	0.36	0.33	3.57	4
2	*Baccharis conferta*	Azoyate	79,105	2.52	1.03	10.71	14
3	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	226,013	7.19	7.51	7.14	22
4	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	316,418	10.07	3.40	21.43	35
5	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	67,804	2.16	3.12	10.71	16
6	*Croton morifolius*	Palillo	2,271,432	72.30	41.89	35.71	150
7	*Lantana velutina*	Confiturilla	33,902	1.08	0.56	3.57	5
8	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	135,608	4.32	42.15	7.14	54
8	∑		**3,141,583**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Avena sativa*	Avena	9,040,526	3.88	1.76	2.17	8
2	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	2,260,132	0.97	0.99	2.17	4
3	*Bouteloua gracilis*	Navajita	10,170,592	4.37	2.69	6.52	14
4	*Brassica rapa*	Mostaza	41,812,433	17.96	19.84	17.39	55
5	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	3,390,197	1.46	0.16	2.17	4
6	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	2,260,132	0.97	0.99	2.17	4
7	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	13,560,789	5.83	8.07	8.70	23
8	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	3,390,197	1.46	2.02	4.35	8
9	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	3,390,197	1.46	1.48	2.17	5
10	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	73,454,275	31.55	3.57	8.70	44
11	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	5,650,329	2.43	2.47	4.35	9
12	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	3,390,197	1.46	0.16	2.17	4
13	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	2,260,132	0.97	7.03	2.17	10
14	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	2,260,132	0.97	2.75	2.17	6
15	*Oxalis latifolia*	Acederilla	21,471,249	9.22	1.04	4.35	15
16	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	6,780,395	2.91	26.69	4.35	34
17	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,260,132	0.97	2.22	4.35	8
18	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	3,390,197	1.46	0.16	2.17	4
19	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3,390,197	1.46	5.93	2.17	10
20	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	13,560,789	5.83	8.86	6.52	21
21	*Stevia serrata*	Burrillo	2,260,132	0.97	0.44	2.17	4
22	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,130,066	0.49	0.22	2.17	3

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – Agricultura)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
23	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	2,260,132	0.97	0.44	4.35	6
23	∑		**232,793,547**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave applanata*	Maguey de castilla	2,260	0.43	0.27	3.70	4
2	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	253,135	48.70	48.81	18.52	116
3	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	2,260	0.43	0.00	3.70	4
4	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	223,753	43.04	26.78	33.33	103
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	2,260	0.43	0.02	3.70	4
6	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	6,780	1.30	2.38	7.41	11
7	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	29,382	5.65	21.74	29.63	57
7	∑		**519,830**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

En el caso de la comunidad vegetal de VSa/MC de la REcol, para el estrato arbóreo se registraron 3 especies, donde la de mayor IVI fue el huizache chino (*Vachellia schaffneri*) con IVI = 137; mientras que, en el estrato arbustivo, de 12 especies registradas, la de mayor IVI fue la vara dulce (*Aloysia macrostachya*) con IVI = 66; en el estrato de cactáceas, el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) presentó el mayor peso ecológico con IVI = 105, de un total de 12 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 23 especies, fue el ojo de gallo (*Sanvitalia procumbens*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI = 53).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, todas son nativas y ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 33 Índice de valor de importancia (IVI) en la VSa/MC de la REcol

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – VSa/MC)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Forestiera angustifolia*	Panalero	5,242	30.77	9.19	26.67	67
2	*Schinus molle*	Pirul	2,293	13.46	56.59	26.67	97
3	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	9,501	55.77	34.22	46.67	137
3	∑		**17,037**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	42,592	4.40	1.35	5.56	11
2	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	88,461	9.14	42.13	14.81	66
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	3,276	0.34	0.12	1.85	2
4	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	13,105	1.35	2.01	5.56	9
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	222,791	23.01	5.48	14.81	43

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – VSa/MC)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
6	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	57,336	5.92	7.14	12.96	26
7	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	99,928	10.32	24.39	12.96	48
8	*Croton morifolius*	Palillo	14,744	1.52	0.52	1.85	4
9	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	380,055	39.26	4.04	12.96	56
10	*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	11,467	1.18	3.86	5.56	11
11	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	13,105	1.35	2.18	7.41	11
12	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	21,296	2.20	6.79	3.70	13
12	∑		**968,157**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Anoda cristata*	Alache	982,900	3.45	1.05	2.56	7
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	327,633	1.15	1.41	2.56	5
3	*Asclepias linaria*	Pinillo	163,817	0.57	0.70	2.56	4
4	*Bouteloua gracilis*	Navajita	1,474,350	5.17	21.28	7.69	34
5	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	982,900	3.45	1.05	7.69	12
6	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	491,450	1.72	2.11	2.56	6
7	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	491,450	1.72	4.75	2.56	9
8	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	1,310,534	4.60	5.63	5.13	15
9	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	982,900	3.45	2.70	5.13	11
10	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	655,267	2.30	2.81	2.56	8
11	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	982,900	3.45	1.05	2.56	7
12	*Echeandia mexicana*	Amarilla	327,633	1.15	1.41	2.56	5
13	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	163,817	0.57	2.81	2.56	6
14	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	4,095,418	14.37	4.40	5.13	24
15	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	327,633	1.15	0.35	2.56	4
16	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	491,450	1.72	18.99	2.56	23
17	*Lupinus montanus*	Garbancillo	982,900	3.45	1.05	2.56	7
18	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	819,084	2.87	5.49	5.13	13
19	*Oxalis latifolia*	Acederilla	2,457,251	8.62	2.64	5.13	16
20	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	1,146,717	4.02	6.70	7.69	18
21	*Physalis coztomatl*	Coztomate	327,633	1.15	1.41	2.56	5
22	*Proboscidea louisianica*	Toritos	327,633	1.15	1.41	2.56	5
23	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	8,190,836	28.74	8.79	15.38	53
23	∑		**28,504,108**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave applanata*	Maguey de castilla	20,969	11.99	0.82	8.89	22
2	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	655	0.37	0.19	2.22	3
3	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	4,259	2.43	0.10	8.89	11

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – VSa/MC)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
4	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	9,829	5.62	0.12	4.44	10
5	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	60,612	34.64	50.82	20.00	105
6	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	328	0.19	0.30	2.22	3
7	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,276	1.87	0.22	8.89	11
8	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	1,311	0.75	0.09	8.89	10
9	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	2,293	1.31	0.02	4.44	6
10	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	55,698	31.84	41.47	20.00	93
11	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	6,880	3.93	5.75	6.67	16
12	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	8,846	5.06	0.10	4.44	10
12	∑		**174,956**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

En el análisis de la riqueza general que fue registrada en la REcol, el estrato arbóreo está compuesto por 6 especies, donde la de mayor IVI fue el pirul (*Schinus* molle) con IVI = 145; mientras que, en el estrato arbustivo, de 13 especies registradas, la de mayor IVI fue el papelillo (*Croton morifolius*) con IVI = 48; en el estrato de cactáceas el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) presentó el mayor peso ecológico con IVI = 101, de un total de 12 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 34 especies, fue la mostaza (*Brassica rapa*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI = 35).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, *C. morifolius* y *C. imbricata* son nativas; mientras que, *S. molle* y *B. rapa* son exóticas. Ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 34 Índice de valor de importancia (IVI) en general para la REcol

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – General)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	5,176	1.26	1.05	2.78	5
2	*Erythrina americana*	Colorín	2,588	0.63	0.06	2.78	3
3	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	62,106	15.09	0.76	2.78	19
4	*Forestiera angustifolia*	Panalero	41,404	10.06	1.97	11.11	23
5	*Schinus molle*	Pirul	124,213	30.19	75.74	38.89	145
6	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	175,968	42.77	20.42	41.67	105
6	∑		**411,455**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	336,409	2.99	1.04	3.66	8
2	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	711,635	6.33	29.77	10.98	47
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	116,449	1.04	0.34	4.88	6

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – General)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
4	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	362,287	3.22	4.35	6.10	14
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	2,121,967	18.87	4.98	17.07	41
6	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	530,492	4.72	6.09	12.20	23
7	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	789,268	7.02	18.87	8.54	34
8	*Croton morifolius*	Palillo	2,717,153	24.17	10.42	13.41	48
9	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	3,001,807	26.70	3.12	8.54	38
10	*Lantana velutina*	Confiturilla	38,816	0.35	0.13	1.22	2
11	*Malacomeles denticulata*	Tlaxistle	90,572	0.81	2.99	3.66	7
12	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	103,511	0.92	1.69	4.88	7
13	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	323,471	2.88	16.21	4.88	24
13	∑		**11,243,839**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Anoda cristata*	Alache	7,763,295	1.58	0.27	1.18	3
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	2,587,765	0.53	0.36	1.18	2
3	*Asclepias linaria*	Pinillo	1,293,882	0.26	0.18	1.18	2
4	*Avena sativa*	Avena	10,351,060	2.11	1.42	1.18	5
5	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	2,587,765	0.53	0.80	1.18	3
6	*Bouteloua gracilis*	Navajita	23,289,885	4.74	7.20	7.06	19
7	*Brassica rapa*	Mostaza	47,873,652	9.74	16.06	9.41	35
8	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	11,644,942	2.37	0.40	4.71	7
9	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	3,881,647	0.79	0.53	1.18	2
10	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	6,469,412	1.32	2.00	2.35	6
11	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	25,877,650	5.26	8.00	7.06	20
12	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	11,644,942	2.37	2.60	4.71	10
13	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	9,057,177	1.84	1.94	2.35	6
14	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	91,865,656	18.68	3.16	5.88	28
15	*Echeandia mexicana*	Amarilla	2,587,765	0.53	0.36	1.18	2
16	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	1,293,882	0.26	0.71	1.18	2
17	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	38,816,474	7.89	5.33	4.71	18
18	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	2,587,765	0.53	0.09	1.18	2
19	*Euphorbia dentata*	Hierba de la araña	3,881,647	0.79	0.13	1.18	2
20	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	6,469,412	1.32	10.89	2.35	15
21	*Lupinus montanus*	Garbancillo	7,763,295	1.58	0.27	1.18	3
22	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	2,587,765	0.53	2.22	1.18	4
23	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	6,469,412	1.32	1.39	2.35	5
24	*Oxalis latifolia*	Acederilla	43,992,004	8.95	1.51	4.71	15
25	*Paspalum notatum*	Pasto estrella	16,820,472	3.42	14.45	5.88	24
26	*Physalis coztomatl*	Coztomate	2,587,765	0.53	0.36	1.18	2

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (REcol – General)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
27	*Proboscidea louisianica*	Toritos	2,587,765	0.53	0.36	1.18	2
28	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,587,765	0.53	1.80	2.35	5
29	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	68,575,771	13.95	2.36	8.24	25
30	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3,881,647	0.79	4.80	1.18	7
31	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	15,526,590	3.16	7.17	3.53	14
32	*Stevia serrata*	Burrillo	2,587,765	0.53	0.36	1.18	2
33	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,293,882	0.26	0.18	1.18	2
34	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	2,587,765	0.53	0.36	2.35	3
34	∑		**491,675,341**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave applanata*	Maguey de castilla	168,205	8.51	0.51	6.94	16
2	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	295,005	14.92	29.20	8.33	52
3	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	33,641	1.70	0.04	5.56	7
4	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	80,221	4.06	0.05	4.17	8
5	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	734,925	37.17	38.37	25.00	101
6	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	2,588	0.13	0.13	1.39	2
7	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	25,878	1.31	0.09	5.56	7
8	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	12,939	0.65	0.05	6.94	8
9	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	18,114	0.92	0.01	2.78	4
10	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	447,683	22.64	19.03	15.28	57
11	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	87,984	4.45	12.47	15.28	32
12	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	69,870	3.53	0.04	2.78	6
12	∑		**1,977,052**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

Área de establecimiento del proyecto (AeP):

En los linderos agrícolas del AeP, se registraron 2 especies en el estrato arbóreo, donde la de mayor IVI fue el pirul (*Schinus* molle) con IVI = 239; mientras que, en el estrato arbustivo, de 9 especies registradas, la de mayor IVI fue el papelillo (*Croton morifolius*) con IVI = 148; en el estrato de cactáceas el maguey pulquero (*Agave salmiana*) presentó el mayor peso ecológico con IVI = 106, de un total de 4 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 16 especies, fue la acederilla (*Oxalis latifolia*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI = 55).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, *C. morifolius* y *O. latifolia* son nativas, *A salmiana* es endémica y *S. molle* es exótica. Ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 35 Índice de valor de importancia (IVI) en el área agrícola en el AeP

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (AeP – Agrícola)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Schinus molle*	Pirul	6,023	78.05	96.52	64.29	239
2	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	1,694	21.95	3.48	35.71	61
2		∑	**7,717**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	11,293	5.13	4.62	5.26	15
2	*Baccharis conferta*	Azoyate	3,764	1.71	0.17	10.53	12
3	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	13,175	5.98	30.77	10.53	47
4	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	1,882	0.85	0.34	5.26	6
5	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	2,823	1.28	0.80	5.26	7
6	*Croton morifolius*	Palillo	156,220	70.94	35.07	42.11	148
7	*Lantana velutina*	Confiturilla	8,470	3.85	10.95	10.53	25
8	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	2,823	1.28	2.90	5.26	9
9	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	19,763	8.97	14.38	5.26	29
9		∑	**220,214**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Anoda cristata*	Alache	188,217	1.42	4.67	3.57	10
2	*Avena sativa*	Avena	376,434	2.84	9.34	3.57	16
3	*Bouteloua gracilis*	Navajita	376,434	2.84	2.34	3.57	9
4	*Brassica rapa*	Mostaza	1,693,955	12.77	19.88	14.29	47
5	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	658,760	4.96	20.70	7.14	33
6	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	188,217	1.42	0.29	3.57	5
7	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	188,217	1.42	10.51	3.57	16
8	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	188,217	1.42	1.17	3.57	6
9	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	3,387,910	25.53	5.26	14.29	45
10	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	282,326	2.13	1.75	3.57	7
11	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	94,109	0.71	2.34	3.57	7
12	*Oxalis latifolia*	Acederilla	4,517,213	34.04	7.01	14.29	55
13	*Physalis coztomatl*	Coztomate	94,109	0.71	1.31	3.57	6
14	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	470,543	3.55	0.73	7.14	11
15	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	282,326	2.13	10.95	7.14	20
16	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	282,326	2.13	1.75	3.57	7
16		∑	**13,269,314**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	2,070	26.19	42.27	37.50	106
2	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	3,953	50.00	16.02	31.25	97
3	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	376	4.76	2.19	6.25	13
4	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,506	19.05	39.53	25.00	84
4		∑	**7,905**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

En el caso de la comunidad vegetal de VSa/MC del AeP, para el estrato arbóreo se registraron 3 especies, donde la de mayor IVI fue el huizache chino (*Vachellia schaffneri*) con IVI = 171; mientras que, en el estrato arbustivo, compuesto por 11 especies, la de mayor IVI fue el sangre de drago (*Jatropha dioica*) con IVI = 89; en el estrato de cactáceas, el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) presentó el mayor peso ecológico con IVI = 130, de un total de 9 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 14 especies, fue el pasto navajilla (*Bouteloua gracilis*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI = 77).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, todas son nativas y ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 36 Índice de valor de importancia (IVI) en la VSa/MC en el AeP

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (AeP – VSa/MC)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Forestiera angustifolia*	Panalero	166	6.82	4.50	18.75	30
2	*Schinus molle*	Pirul	664	27.27	39.97	31.25	98
3	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	1,604	65.91	55.53	50.00	171
3		∑	**2,434**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	3,873	3.28	6.11	8.57	18
2	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	2,213	1.87	11.40	2.86	16
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,383	1.17	1.10	5.71	8
4	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	1,106	0.94	1.43	2.86	5
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	13,278	11.24	2.64	17.14	31
6	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	3,596	3.04	6.43	11.43	21
7	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	6,915	5.85	17.46	11.43	35
8	*Croton morifolius*	Palillo	553	0.47	0.23	2.86	4
9	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	69,985	59.25	12.17	17.14	89
10	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	6,639	5.62	13.75	14.29	34
11	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	8,575	7.26	27.28	5.71	40
11		∑	**118,116**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Asclepias linaria*	Pinillo	27,662	1.39	3.16	4.35	9
2	*Bouteloua gracilis*	Navajita	608,562	30.56	25.00	21.74	77
3	*Brassica rapa*	Mostaza	55,324	2.78	0.10	4.35	7
4	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	221,295	11.11	0.39	13.04	25
5	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	82,986	4.17	2.37	4.35	11
6	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	82,986	4.17	0.15	8.70	13
7	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	82,986	4.17	0.59	4.35	9
8	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	221,295	11.11	0.39	4.35	16
9	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	82,986	4.17	6.25	8.70	19
10	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	55,324	2.78	0.10	4.35	7
11	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	110,648	5.56	3.16	8.70	17
12	*Oxalis latifolia*	Acederilla	27,662	1.39	0.05	4.35	6
13	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	165,971	8.33	0.30	4.35	13
14	*Stevia serrata*	Burrillo	165,971	8.33	58.00	4.35	71
14		∑	**1,991,656**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave applanata*	Maguey de castilla	4,260	15.98	0.82	2.86	20
2	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	111	0.41	0.15	2.86	3
3	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	221	0.83	0.02	8.57	9
4	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	14,716	55.19	51.60	22.86	130
5	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	498	1.87	0.12	11.43	13
6	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	553	2.07	0.27	8.57	11
7	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	4,481	16.80	23.29	17.14	57
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,438	5.39	23.71	22.86	52
9	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	387	1.45	0.02	2.86	4
9		∑	**26,666**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

En el análisis de la riqueza general que fue registrada en el AeP, el estrato arbóreo está compuesto por 3 especies, donde la de mayor IVI fue el pirul (*Schinus* molle) con IVI = 187; mientras que, en el estrato arbustivo, de 12 especies registradas, el sangre de drago (*Jatropha dioica*) y el papelillo (*Croton morifolius*) obtuvieron índices de importancia muy cercanos, con IVI = 57 e IVI = 56 respectivamente; en el estrato de cactáceas el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) presentó el mayor peso ecológico con IVI = 125, de un total de 9 especies registradas; y en el estrato herbáceo, compuesto por 22 especies, fue el pasto navajilla (*Bouteloua gracilis*) la que obtuvo el valor de importancia más alto (IVI = 43).

De las especies anteriores con un alto valor ecológico, *C. morifolius, C. imbricata* y *B. gracilis* son nativas; mientras que, *S. molle* es exótica. Ninguna de estas especies se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 37 Índice de valor de importancia (IVI) en general para el AeP

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (AeP-general)							
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad relativa (%)**	**Cobertura relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO							
1	*Forestiera angustifolia*	Panalero	731	3.53	0.65	10.00	14
2	*Schinus molle*	Pirul	10,716	51.76	88.26	46.67	187
3	*Vachellia schaffneri*	Huizache chino	9,255	44.71	11.08	43.33	99
3		∑	**20,701**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO							
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	31,660	3.93	5.57	7.41	17
2	*Aloysia macrostachya*	Vara dulce	9,742	1.21	6.86	1.85	10
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	10,959	1.36	0.55	7.41	9
4	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	21,919	2.72	12.30	5.56	21
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	60,885	7.56	1.83	12.96	22
6	*Brickellia veronicifolia*	Peistó	19,483	2.42	4.04	9.26	16
7	*Condalia mexicana*	Espino de capulín	30,443	3.78	10.50	7.41	22
8	*Croton morifolius*	Palillo	204,574	25.42	14.23	16.67	56
9	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	308,079	38.28	7.32	11.11	57
10	*Lantana velutina*	Confiturilla	10,959	1.36	4.48	3.70	10
11	*Mimosa aculeaticarpa*	Espino	32,878	4.08	9.57	11.11	25
12	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	63,321	7.87	22.75	5.56	36
12		∑	**804,903**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO							
1	*Anoda cristata*	Alache	243,541	0.94	1.22	1.96	4
2	*Asclepias linaria*	Pinillo	121,771	0.47	2.45	1.96	5
3	*Avena sativa*	Avena	487,082	1.88	2.45	1.96	6
4	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,166,033	12.21	18.69	11.76	43
5	*Brassica rapa*	Mostaza	2,435,410	9.39	4.41	9.80	24
6	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	974,164	3.76	0.31	5.88	10
7	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	365,312	1.41	1.84	1.96	5
8	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	852,394	3.29	5.43	3.92	13
9	*Chloris submutica*	Pata de gallo mexicano	243,541	0.94	0.08	1.96	3
10	*Commelina diffusa*	Hierba del pollo	608,853	2.35	1.36	5.88	10
11	*Cyperus odoratus*	Hierba del zopilote	608,853	2.35	0.77	3.92	7
12	*Dyssodia papposa*	Flamenquilla	5,357,902	20.66	1.68	9.80	32
13	*Eragrostis mexicana*	Zacate de agua	365,312	1.41	4.85	3.92	10
14	*Erigeron galeottii*	Flor de estrella	608,853	2.35	0.43	3.92	7
15	*Eruca vesicaria*	Arúgula del Mediterráneo	121,771	0.47	0.61	1.96	3
16	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	487,082	1.88	2.45	3.92	8
17	*Oxalis latifolia*	Acederilla	5,966,755	23.00	1.88	9.80	35
18	*Physalis coztomatl*	Coztomate	121,771	0.47	0.34	1.96	3
19	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	1,339,476	5.16	0.42	5.88	11
20	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	365,312	1.41	2.87	3.92	8
21	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	365,312	1.41	0.46	1.96	4
22	*Stevia serrata*	Burrillo	730,623	2.82	45.01	1.96	50
22		∑	**25,937,117**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300**
ESTRATO CACTACEAS							
1	*Agave applanata*	Maguey de castilla	18,753	14.69	0.64	1.96	17
2	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	3,166	2.48	8.96	13.73	25
3	*Coryphantha ottonis*	Biznaga partida	974	0.76	0.02	5.88	7
4	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	69,896	54.77	44.38	25.49	125
5	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	2,192	1.72	0.09	7.84	10
6	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	2,435	1.91	0.21	5.88	8
7	*Opuntia engelmannii*	Nopal cuijo	20,214	15.84	18.56	13.73	48
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	8,280	6.49	27.13	23.53	57
9	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	1,705	1.34	0.01	1.96	3
9		∑	**127,615**	**00.00**	**100.00**	**100.00**	**300**

Diversidad beta: Flora

El análisis de diversidad beta se realizó mediante el programa Past Versión 4.03[7] y se aplicó comparando el conjunto de especies identificadas en todos los estratos, toda vez que como ya se mencionó, el objetivo es comparar la comunidad vegetal presente en el área del proyecto con respecto a la de la REcol, entendiendo por comunidad, el conjunto de todas las especies registradas en cada unidad geográfica que forma una agrupación relativamente uniforme, incluyendo todos sus estratos verticales (Ornduff et al., 2003[32]), estrato arbóreo, arbustivo, cactáceas y herbáceo, que fueron los estratos caracterizados en este estudio. Se adjunto el Apéndice III.12. Diversidad Beta con los datos de entrada para el cálculo de diversidad beta con el software utilizado y los valores resultantes.

El análisis, mediante el índice de similitud de Morisita, arrojó un valor de $\mathbf{I_M = 0.8879}$, lo que puede interpretarse como que las comunidades vegetales del área del AeP son **88.79%** similares a su equivalente dentro de la REcol. Lo anterior indica una alta similitud en la composición y abundancia relativa de las especies entre las comunidades comparadas; por lo que, el resultado sugiere que ambas comparten la mayor parte de los taxa registrados y que el recambio de especies es reducido, por lo que las diferencias observadas entre ellas obedecen principalmente a variaciones en la abundancia de determinadas especies y no a un reemplazo significativo de la composición florística.

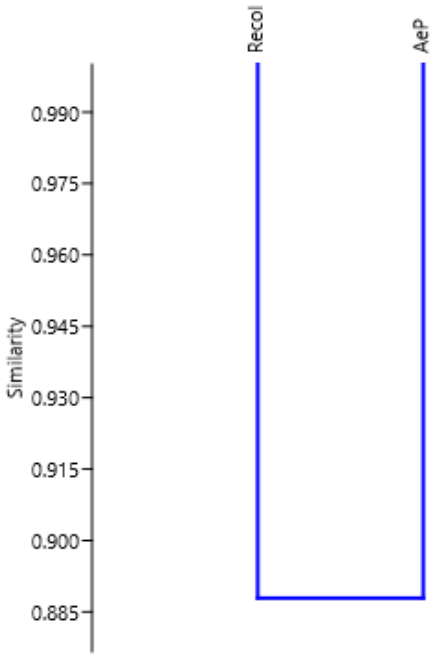
En términos ecológicos, este comportamiento es consistente con comunidades que mantienen elementos florísticos comunes debido a su proximidad espacial y los antecedentes de perturbación compartidos; en este sentido, respecto a los diferentes usos de suelo identificados en campo, aunque la vegetación forestal en estado secundario ya evidencia una mayor riqueza y complejidad, aún hay varias especies presentes en la vegetación secundaria que también aparecen en la agricultura (por ejemplo, arvenses, ruderales, especies pioneras o remanentes).

Tabla 38 Índice de similitud de Morisita entre la REcol y el AeP

	AeP	Recol
AeP	1	0.8879
Recol	0.8879	1

[7] Past, es un software gratuito para el análisis de datos científicos, con funciones de trazado, estadísticas univariadas y multivariadas, análisis ecológico, series de tiempo y análisis espacial, morfometría y estratigrafía.

Figura 17 Dendrograma de similitud (índice de Morisita) entre la REcol y el AeP



Mediante este análisis se puede afirmar que existe continuidad en la estructura y composición de las comunidades vegetales del AeP y la REcol, esta similitud entre ambos escenarios, aunado al análisis de la estructura mediante el IVI y el índice de Shannon permite concluir que el AeP no representa un área con características exclusivas, de alta diversidad o muy diferentes a las de su entorno inmediato en la REcol.

Muestreo complementario de la flora en la estación seca del año: en atención a la recomendación contenida en la llamada de nota al pie Nº 5 del Capítulo III de la nueva Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de la SEMARNAT, relativa a procurar la realización de muestreos de flora y fauna en temporadas contrastantes del año, y considerando que la campaña de campo disponible fue realizada durante la temporada de lluvias, se desarrolló de manera complementaria un **Modelo Simplificado de Presencia Potencial Estacional de la Flora (MPPE)**. Su finalidad es ampliar temporalmente la interpretación de la línea base obtenida en campo y estimar, con criterios explícitos y reproducibles, la presencia potencial observable de las especies durante primavera, verano, otoño e invierno. El modelo no sustituye un segundo muestreo estacional ni pretende conferir carácter de observación directa a periodos que no fueron muestreados; constituye una herramienta de inferencia complementaria que integra evidencia histórica, registros actuales y atributos biológicos de las especies.

La base del modelo se conformó mediante la integración de dos fuentes de información: por una parte, la relación histórica de especies de presencia potencial, construida a partir de registros y reportes técnicos disponibles para la región; y, por

otra, la base de especies efectivamente registradas durante el muestreo de campo realizado en julio de 2026, en temporada de lluvias. La comparación taxonómica de ambas fuentes permitió consolidar un universo de 204 especies únicas**,** diferenciadas según la fortaleza de la evidencia disponible: especies reportadas históricamente y confirmadas en campo; especies registradas en campo que no aparecían en el listado histórico; y especies de presencia potencial que no fueron detectadas durante la campaña de lluvias. Esta diferenciación evita interpretar una ausencia de registro puntual como ausencia real de la especie, aspecto particularmente relevante cuando la detectabilidad está condicionada por la fenología, la época del año y la forma de vida (Yackulic *et al*., 2013)[33]; (Zurell *et al*., 2024)[34].

El procedimiento parte del reconocimiento de que la variación estacional no afecta de la misma manera a todos los componentes de la vegetación. Los árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas son predominantemente perennes y mantienen su presencia física en el territorio durante todo el ciclo anual, aunque puedan modificar su follaje, floración, fructificación o actividad fisiológica. En contraste, las herbáceas presentan una mayor variación temporal en su biomasa aérea y detectabilidad, particularmente en ambientes semiáridos, donde la emergencia, crecimiento y reproducción suelen responder de manera marcada a la disponibilidad de humedad, mientras que numerosas especies persisten durante los periodos desfavorables mediante bancos de semillas u otras estructuras de supervivencia (INEGI, 2005, *op. Cit.*); (DeMalach et al., 2023)[35]; (Ooi, 2024)[36].

Con base en estas diferencias se asignó a cada forma de vida un Factor de Observabilidad Estacional (FOE) para cada una de las cuatro estaciones. El verano se tomó como periodo de referencia, debido a que corresponde a la temporada en la que se realizó la campaña de campo y, por tanto, a la estación con mayor respaldo empírico local. Posteriormente se incorporó un Coeficiente de Evidencia (CE) que pondera la fortaleza de la información disponible para cada especie. Las especies con registro histórico y confirmación en campo recibieron la ponderación mayor; las registradas exclusivamente en campo mantuvieron una evidencia alta; y las especies únicamente reportadas como potenciales recibieron una ponderación menor, reflejando la mayor incertidumbre asociada a su presencia actual.

Ambos componentes se integraron mediante el Índice de Presencia Potencial Estacional (IPPE), calculado para cada especie y estación como el producto entre el coeficiente de evidencia y el factor de observabilidad correspondiente. El valor obtenido no se interpreta como una probabilidad estadística de ocurrencia, sino como un índice semicuantitativo de apoyo a la interpretación ambiental. Para evitar una falsa precisión, los resultados se expresan mediante categorías cualitativas de Muy alta, Alta, Media y Baja, mientras que las especies efectivamente observadas durante la campaña de julio se identifican expresamente como Presencia confirmada para el verano.

El principal producto del procedimiento es la Matriz de Presencia Potencial Estacional de la Flora**,** estructurada como una matriz especie × cuatro estaciones. Para cada una de las especies de la fauna de presencia potencial se incorpora su

forma de vida, origen de la evidencia, condición de registro en campo, nivel de confianza y resultado estimado para primavera, verano, otoño e invierno. Esta matriz permite visualizar de manera inmediata qué especies presentan una permanencia prácticamente continua durante el año y cuáles muestran una mayor variabilidad en su expresión observable, particularmente dentro del componente herbáceo. La matriz constituye, por tanto, la síntesis operativa del modelo y el principal instrumento para interpretar la variación temporal esperada de la composición florística.

En términos metodológicos, el proceso puede resumirse en cinco etapas principales:

1) integración y depuración de las bases histórica y de campo;

2) clasificación de las especies según la evidencia disponible y su forma de vida;

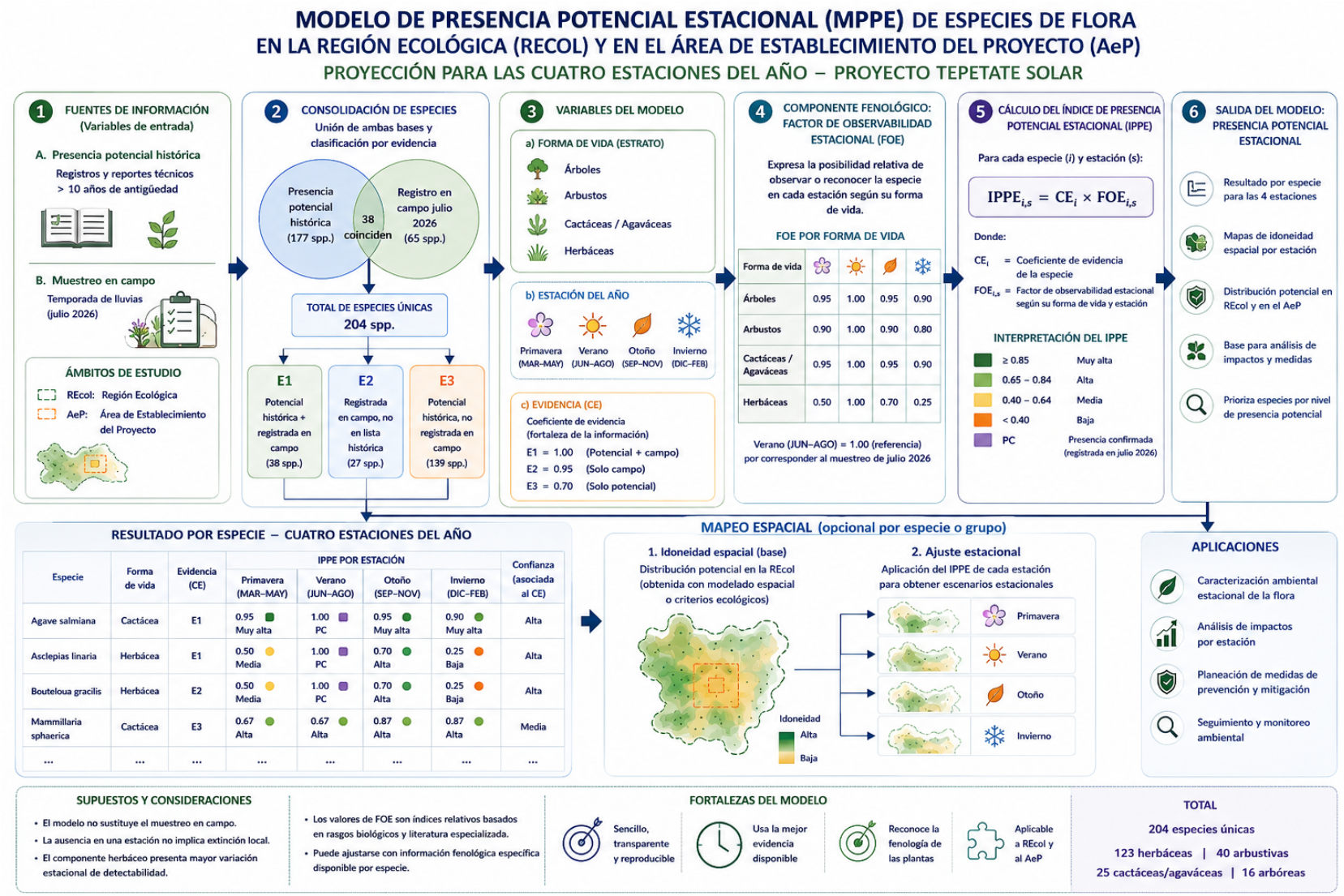
3) asignación de factores de observabilidad estacional;

4) cálculo del IPPE y clasificación de los resultados; y

5) integración de la matriz especie × cuatro estaciones. Cuando existe información fenológica específica y suficientemente confiable para especies de especial interés, por ejemplo, taxones endémicos, de distribución restringida o incluidos en categorías de riesgo, el modelo permite sustituir el factor genérico de su forma de vida por parámetros particulares de la especie, incrementando la precisión de la inferencia sin modificar la estructura general del procedimiento (el desarrollo del modelo se detalla en el apéndice III.13

En consecuencia, el MPPE permite incorporar a la caracterización ambiental una dimensión temporal explícita, utilizando de manera transparente la mejor información disponible y distinguiendo entre observación directa e inferencia. Su utilidad consiste en anticipar, con un nivel de incertidumbre conocido, el comportamiento probable de la flora a lo largo del ciclo anual y proporcionar un complemento técnico al muestreo realizado durante la temporada de lluvias. El modelo no pretende sustituir la evidencia que generaría una segunda campaña de campo durante el estiaje; más bien, proporciona una aproximación razonada y reproducible que permite a la autoridad valorar desde este momento la probable variación estacional de la flora y comprender que, en buena parte de las especies perennes, los cambios entre estaciones corresponden principalmente a variaciones fenológicas y de detectabilidad y no a su desaparición del sitio.

Figura 18


MODELO DE PRESENCIA POTENCIAL ESTACIONAL (MPPE) DE ESPECIES DE FLORA
EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RECOL) Y EN EL ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO (AeP)
PROYECCIÓN PARA LAS CUATRO ESTACIONES DEL AÑO – PROYECTO TEPETATE SOLAR
1 FUENTES DE INFORMACIÓN (Variables de entrada)
A. Presencia potencial histórica
Registros y reportes técnicos > 10 años de antigüedad
B. Muestreo en campo
Temporada de lluvias (julio 2026)
ÁMBITOS DE ESTUDIO
REcol: Región Ecológica
AeP: Área de Establecimiento del Proyecto
2 CONSOLIDACIÓN DE ESPECIES
Unión de ambas bases y clasificación por evidencia
Presencia potencial histórica (177 spp.)
38 coinciden
Registro en campo julio 2026 (65 spp.)
TOTAL DE ESPECIES ÚNICAS
204 spp.
E1
Potencial histórica + registrada en campo (38 spp.)
E2
Registrada en campo, no en lista histórica (27 spp.)
E3
Potencial histórica, no registrada en campo (139 spp.)
3 VARIABLES DEL MODELO
a) FORMA DE VIDA (ESTRATO)
Árboles
Arbustos
Cactáceas / Agaváceas
Herbáceas
b) ESTACIÓN DEL AÑO
Primavera (MAR–MAY)
Verano (JUN–AGO)
Otoño (SEP–NOV)
Invierno (DIC–FEB)
c) EVIDENCIA (CE)
Coeficiente de evidencia (fortaleza de la información)
E1 = 1.00 (Potencial + campo)
E2 = 0.95 (Solo campo)
E3 = 0.70 (Solo potencial)
4 COMPONENTE FENOLÓGICO: FACTOR DE OBSERVABILIDAD ESTACIONAL (FOE)
Expresa la posibilidad relativa de observar o reconocer la especie en cada estación según su forma de vida.
FOE POR FORMA DE VIDA
Forma de vida | Primavera | Verano | Otoño | Invierno
Árboles | 0.95 | 1.00 | 0.95 | 0.90
Arbustos | 0.90 | 1.00 | 0.90 | 0.80
Cactáceas / Agaváceas | 0.95 | 1.00 | 0.95 | 0.90
Herbáceas | 0.50 | 1.00 | 0.70 | 0.25
Verano (JUN–AGO) = 1.00 (referencia) por corresponder al muestreo de julio 2026
5 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESENCIA POTENCIAL ESTACIONAL (IPPE)
Para cada especie (i) y estación (s):
$IPPE_{i,s} = CE_i \times FOE_{i,s}$
Donde:
CE_i = Coeficiente de evidencia de la especie
$FOE_{i,s}$ = Factor de observabilidad estacional según su forma de vida y estación
INTERPRETACIÓN DEL IPPE
≥ 0.85 Muy alta
0.65 – 0.84 Alta
0.40 – 0.64 Media
< 0.40 Baja
PC Presencia confirmada (registrada en julio 2026)
6 SALIDA DEL MODELO: PRESENCIA POTENCIAL ESTACIONAL
Resultado por especie para las 4 estaciones
Mapas de idoneidad espacial por estación
Distribución potencial en REcol y en el AeP
Base para análisis de impactos y medidas
Prioriza especies por nivel de presencia potencial
RESULTADO POR ESPECIE – CUATRO ESTACIONES DEL AÑO
Especie | Forma de vida | Evidencia (CE) | IPPE POR ESTACIÓN: Primavera (MAR–MAY) | Verano (JUN–AGO) | Otoño (SEP–NOV) | Invierno (DIC–FEB) | Confianza (asociada al CE)
Agave salmiana | Cactácea | E1 | 0.95 Muy alta | 1.00 PC | 0.95 Muy alta | 0.90 Muy alta | Alta
Asclepias linaria | Herbácea | E1 | 0.50 Media | 1.00 PC | 0.70 Alta | 0.25 Baja | Alta
Bouteloua gracilis | Herbácea | E2 | 0.50 Media | 1.00 PC | 0.70 Alta | 0.25 Baja | Alta
Mammillaria sphaerica | Cactácea | E3 | 0.67 Alta | 0.67 Alta | 0.87 Alta | 0.87 Alta | Media
... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ...
MAPEO ESPACIAL (opcional por especie o grupo)
1. Idoneidad espacial (base)
Distribución potencial en la REcol (obtenida con modelado espacial o criterios ecológicos)
Idoneidad
Alta
Baja
2. Ajuste estacional
Aplicación del IPPE de cada estación para obtener escenarios estacionales
Primavera
Verano
Otoño
Invierno
APLICACIONES
Caracterización ambiental estacional de la flora
Análisis de impactos por estación
Planeación de medidas de prevención y mitigación
Seguimiento y monitoreo ambiental
SUPUESTOS Y CONSIDERACIONES
El modelo no sustituye el muestreo en campo.
La ausencia en una estación no implica extinción local.
El componente herbáceo presenta mayor variación estacional de detectabilidad.
Los valores de FOE son índices relativos basados en rasgos biológicos y literatura especializada.
Puede ajustarse con información fenológica específica disponible por especie.
FORTALEZAS DEL MODELO
Sencillo, transparente y reproducible
Usa la mejor evidencia disponible
Reconoce la fenología de las plantas
Aplicable a REcol y al AeP
TOTAL
204 especies únicas
123 herbáceas | 40 arbustivas
25 cactáceas/agaváceas | 16 arbóreas

FAUNA

Fauna de presencia potencial: la Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental**,** emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), requiere la integración de un listado de especies de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) con presencia potencial en el área de estudio, sin precisar el ámbito espacial específico al que debe referirse dicha relación dentro de los diferentes niveles de análisis que conforman la Manifestación de Impacto Ambiental Regional, es decir, la Región Ecológica (REcol), el Área de Influencia del Proyecto (AiP) o el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)**.**

En atención a esta circunstancia metodológica, y con el propósito de establecer un criterio homogéneo y técnicamente consistente, en el presente estudio el listado de especies de presencia potencial se refiere a la Región Ecológica (REcol). Esta decisión obedece a que tanto el Área de Influencia del Proyecto como el Área de Establecimiento del Proyecto se encuentran completamente contenidas dentro de dicha unidad territorial, por lo que constituyen subconjuntos espaciales de la misma.

Bajo este criterio, resulta razonable asumir que las especies cuya distribución potencial ha sido documentada en la literatura científica, bases de datos oficiales y plataformas especializadas para la Región Ecológica poseen, al menos desde una perspectiva biogeográfica, la posibilidad de encontrarse también dentro del Área de Influencia y del Área de Establecimiento del Proyecto, siempre que existan condiciones ambientales y de hábitat compatibles con sus requerimientos ecológicos. No obstante, la sola presencia potencial derivada de la distribución regional no implica necesariamente su presencia efectiva en dichos espacios, la cual únicamente puede corroborarse mediante los trabajos de campo desarrollados específicamente para el proyecto.

En consecuencia, el listado de especies de presencia potencial presentado en este capítulo constituye un referente biogeográfico regional que proporciona el universo de especies con posibilidad de ocurrencia dentro del sistema ambiental analizado, mientras que la determinación de las especies efectivamente registradas en el Área de Influencia y en el Área de Establecimiento del Proyecto deriva exclusivamente de los resultados obtenidos durante los inventarios y muestreos de campo realizados como parte de la presente Manifestación de Impacto Ambiental. Esta diferenciación metodológica permite distinguir con claridad entre la distribución potencial, sustentada en información documental y de modelación biogeográfica, y la presencia confirmada, respaldada por evidencia de campo, fortaleciendo así la consistencia técnica del diagnóstico de la fauna silvestre.

La caracterización de la fauna silvestre de la Región Ecológica (REcol) del proyecto permitió identificar una riqueza potencial de 185 especies de vertebrados terrestres, integrada por 8 especies de anfibios, 22 de reptiles, 114 de aves, 28 de mamíferos terrestres y 13 de mamíferos voladores (apéndice III.14). Esta composición faunística es consistente con la ubicación del proyecto en el sector norte del Estado de México, dentro de una zona de transición entre ambientes templados y zonas agrícolas, donde convergen especies de amplia distribución con otras asociadas a remanentes de vegetación natural. Si bien esta riqueza representa únicamente una

fracción de la biodiversidad faunística registrada para el Estado de México y para el territorio nacional, refleja una comunidad de vertebrados regionalmente representativa y ecológicamente funcional, particularmente por la elevada diversidad de aves, grupo que constituye cerca del **62 %** de las especies potenciales registradas para la REcol.

En el contexto estatal, donde se han documentado aproximadamente 49 especies de anfibios, 101 de reptiles, más de 500 de aves y alrededor de 130 mamíferos (CONABIO, 2024; Ceballos, 2014), la riqueza potencial estimada para la Región Ecológica del proyecto representa una muestra significativa de la diversidad característica de la porción norte del Estado de México. Asimismo, en el ámbito nacional, México es reconocido como uno de los países megadiversos del mundo, al albergar alrededor de 390 especies de mamíferos, 864 de reptiles, 376 de anfibios y más de 1,120 especies de aves (CONABIO, 2024; IUCN, 2024). En este contexto, la fauna potencial identificada para la REcol del proyecto constituye un subconjunto representativo de la biodiversidad regional, cuya conservación depende del mantenimiento de la conectividad ecológica y de la aplicación de medidas preventivas y de mitigación que permitan conservar la funcionalidad de los hábitats presentes en el área de influencia del proyecto.

Resultados de muestreo en campo: los muestreos de fauna realizados en campo se desarrollaron mediante técnicas sencillas, convencionales y ampliamente utilizadas en estudios de vertebrados terrestres**,** seleccionadas por su eficacia, facilidad de aplicación y probada utilidad en numerosos inventarios faunísticos y evaluaciones ambientales comparables; la descripción detallada de los procedimientos, el esfuerzo de muestreo y los criterios aplicados para cada grupo taxonómico se presenta en el apéndice III.15. Los trabajos de campo se efectuaron durante la temporada de lluvias, en el mes de julio de 2026, condición que favoreció la detección de diversos componentes de la fauna; adicionalmente, y con el propósito de ampliar la interpretación temporal de los resultados, este esfuerzo se complementó con un análisis de presencia potencial estacional**,** orientado a pronosticar el comportamiento esperado de las especies de vertebrados a lo largo de las cuatro estaciones del año. Este análisis constituye un complemento técnico relevante ante la imposibilidad práctica de incorporar, dentro de los tiempos propios de elaboración de una MIA, un segundo esfuerzo de muestreo durante la época seca —prevista para febrero o marzo de 2027—, cuyo desarrollo implicaría diferir de manera considerable la integración de los resultados ambientales del proyecto. En este contexto, el análisis estacional no sustituye al muestreo de campo, sino que amplía su alcance interpretativo mediante el uso de información histórica y ecológica disponible sobre la presencia temporal de las especies (Franklin, 2010)[37]; (MacKenzie *et al*., 2018)[38]. A continuación, se presentan de manera diferenciada los resultados obtenidos durante el muestreo para cada clase de vertebrados.

Síntesis general del muestreo: los muestreos realizados permitieron documentar los resultados del trabajo de muestreo en transectos (apéndice 16 y apéndice 17) una comunidad de vertebrados dominada ampliamente por la avifauna. Después de la depuración taxonómica de la matriz, se reconocieron 61 especies distintas, integradas por un anfibio, tres reptiles, 49 aves y ocho mamíferos terrestres. En

conjunto se contabilizaron 1,806 individuos, de los cuales 1,703 correspondieron a aves, 61 a mamíferos terrestres, 30 a anfibios y 12 a reptiles. La marcada contribución de las aves tanto a la riqueza como al número de registros resulta congruente con su elevada detectabilidad mediante recorridos lineales y con las características abiertas y agrícolas del paisaje donde se desarrolló el muestreo.

La distribución de las especies entre transectos también muestra diferencias importantes entre grupos. Mientras algunas aves fueron registradas en una proporción considerable de los 84 transectos —particularmente *Haemorhous mexicanus*, *Spinus psaltria*, *Passerina caerulea* e *Hirundo rustica*—, los anfibios, reptiles y la mayoría de los mamíferos terrestres presentaron una distribución mucho más localizada. Este comportamiento debe interpretarse conjuntamente con las diferencias de detectabilidad y movilidad propias de cada grupo y con la adecuación diferencial de los transectos lineales para su registro (Sutherland, 2006)[39]; (Bibby *et al.*, 2000)[40]. Los resultados se concentran en detalle siguiente:

Grupo	Riqueza registrada	Individuos registrados
Anfibios	1 especie	30
Reptiles	3 especies	12
Aves	49 especies	1,703
Mamíferos terrestres	8 especies	61
Mamíferos voladores	0 especies en esta matriz	—

En conjunto, estos grupos representan 61 especies taxonómicamente distintas y 1,806 registros de individuos contenidos en la matriz.

Anfibios: el muestreo registró una sola especie de anfibio, *Spea multiplicata*, (sapo montícola de espuelas), con un total de 30 individuos distribuidos en cuatro transectos. La concentración de numerosos individuos en pocas unidades de muestreo es congruente con el comportamiento agregado que pueden presentar los anuros en sitios temporalmente favorables, por lo que el número de individuos no debe confundirse con una distribución espacial amplia.

Especie	Nombre común	Individuos	Transectos con presencia
Spea multiplicata	Sapo montícola de espuela	30	4
Total		30	

Reptiles: se registraron tres especies de reptiles, con un total de 12 individuos. *Sceloporus torquatus* presentó el mayor número de individuos y la mayor distribución entre transectos, seguido de *Sceloporus grammicus*. *Thamnophis eques* estuvo representada por un único individuo.

Especie	Nombre común	Individuos	Transectos con presencia
Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa del mezquite	4	3
Sceloporus torquatus	Lagartija espinosa de collar	7	6
Thamnophis eques	Culebra nómada de agua	1	1
Total		12	

El patrón evidencia una riqueza reducida y registros espacialmente dispersos, característica que debe interpretarse considerando la detectabilidad relativamente baja de numerosos reptiles mediante recorridos lineales y la fuerte dependencia de su actividad de las condiciones térmicas y microambientales.

Aves: las aves constituyeron ampliamente el grupo mejor representado, con 49 especies y 1,703 individuos. Además de aportar la mayor riqueza específica, varias especies presentaron una distribución extensa entre los 84 transectos.

Especie	Nombre común	Individuos	Transectos con presencia
Columbina inca	Tortolita cola larga	51	18
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	3	1
Zenaida asiatica	Paloma alas blancas	6	3
Zenaida macroura	Huilota común	57	23
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho norteño	6	4
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	44	16
Ardea alba	Garza blanca	3	1
Ardea ibis	Garza ganadera occidental	3	2
Cathartes aura	Zopilote aura	2	2
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	2	2
Tyto furcata	Lechuza de campanario	7	4
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	1	1
Dryobates scalaris	Carpintero mexicano	7	5
Tyrannus vociferans	Tirano chibiú	26	17
Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	35	27
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	3	3
Corvus corax	Cuervo común	4	2
Eremophila alpestris	Alondra cornuda	21	12
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	175	49
Psaltriparus minimus	Sastrecillo	36	16
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	47	23
Thryomanes bewickii	Saltapared cola larga	29	14
Troglodytes aedon	Saltapared común	5	3
Toxostoma curvirostre	Cuicacoche pico curvo	56	30
Mimus polyglottos	Centzontle norteño	8	8
Turdus migratorius	Mirlo primavera	11	11
Passer domesticus	Gorrión doméstico	100	28
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	191	65
Spinus psaltria	Jilguerito dominico	140	57
Peucaea botterii	Zacatonero de Botteri	9	4
Spizella passerina	Gorrión cejas blancas	116	42
Spizella atrogularis	Gorrión barba negra	77	27
Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero	2	1
Melospiza melodia	Gorrión cantor	11	8
Melozone fusca	Rascador viejita	43	24
Pipilo maculatus	Rascador moteado	3	3
Sturnella lilianae	Pradero altiplanero	16	16
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento	74	42
Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	20	4
Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	43	24
Passerina caerulea	Picogordo azul	145	54
Geothlypis trichas	Mascarita común	4	2

Especie	Nombre común	Individuos	Transectos con presencia
Sturnus vulgaris	Estornino pinto	8	5
Salpinctes obsoletus	Saltapared de rocas	1	1
Colaptes auratus	Carpintero de pechera común	6	6
Ptiliogonys cinereus	Capulinero gris	6	4
Petrochelidon fulva	Golondrina pueblera	2	1
Anas platyrhynchos	Pato de collar	1	1
Aimophila ruficeps	Zacatonero corona canela	37	16
Total		1,703	

Dentro de este grupo destacan por abundancia *Haemorhous mexicanus* (191 individuos), *Hirundo rustica* (175), *Passerina caerulea* (145), *Spinus psaltria* (140), *Spizella passerina* (116) y *Passer domesticus* (100). También son las aves las que presentan la mayor distribución espacial: *Haemorhous mexicanus* apareció en 65 de los 84 transectos, *Spinus psaltria* en 57, *Passerina caerulea* en 54 y *Hirundo rustica* en 49.

La comparación es ilustrativa: fuentes recientes de CONABIO señalan para México alrededor de 975 especies de reptiles, 587 mamíferos, 430 anfibios y más de 1,100 aves. Por tanto, entre las cuatro clases que estamos utilizando en la caracterización de Tepetate Solar, las aves constituyen la clase taxonómicamente más rica del país.

Esto tiene una consecuencia importante para interpretar nuestros resultados de Tepetate: no es extraño que la avifauna domine tanto la relación de presencia potencial como los registros de campo. A su elevada riqueza nacional se añaden su capacidad de dispersión, utilización de múltiples estratos y hábitats, presencia de especies residentes y migratorias y, metodológicamente, una detectabilidad generalmente mayor mediante recorridos y transectos que la de anfibios, reptiles y numerosos mamíferos. Este patrón es consistente con una comunidad dominada por especies capaces de aprovechar ambientes abiertos, parcelas agrícolas, bordes, cercos, caminos y vegetación secundaria.

Migración: la avifauna constituye el grupo de vertebrados con mayor movilidad espacial y temporal dentro del área de estudio, por lo que su caracterización requiere considerar no sólo las especies registradas durante los trabajos de campo, sino también los movimientos migratorios y la estacionalidad regional. Con este propósito se analizó la ubicación del proyecto respecto de los principales corredores migratorios de Norteamérica y se integraron registros históricos de ocurrencia correspondientes a especies migratorias de invierno, migratorias de verano y especies transitorias. El análisis muestra que el proyecto Tepetate Solar se localiza aproximadamente a 159.8 km al oeste del corredor migratorio de aves rapaces identificado para la región, por lo que no se encuentra directamente sobre dicho corredor principal, aunque forma parte de un territorio utilizado estacionalmente por diversas especies migratorias.

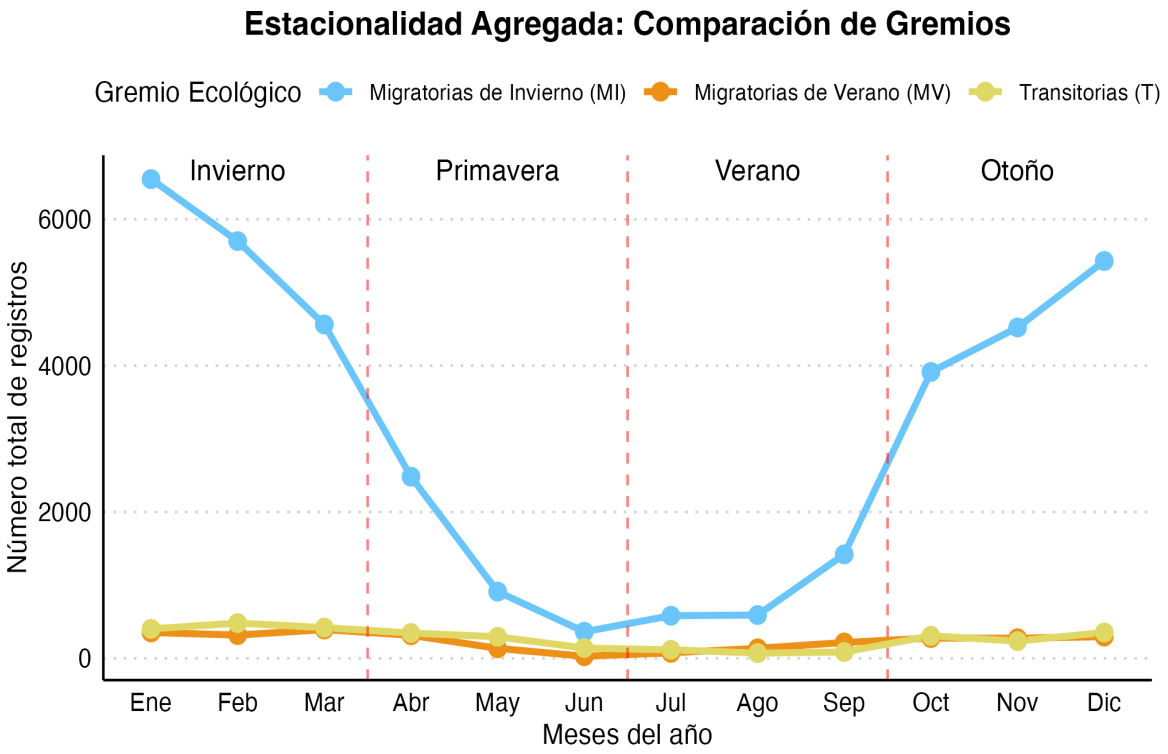
Los registros históricos muestran una marcada variación temporal entre los diferentes gremios migratorios. Las especies migratorias de invierno concentran su presencia durante los meses fríos, particularmente entre noviembre y febrero, mientras que las especies migratorias de verano muestran una mayor

representación durante los meses asociados con reproducción y disponibilidad estacional de recursos. Por su parte, las especies transitorias presentan ventanas de paso principalmente durante los movimientos migratorios de primavera y otoño. Estos patrones evidencian que la composición de la avifauna regional no permanece completamente constante durante el año, sino que incorpora temporalmente especies cuya presencia está asociada con los movimientos migratorios continentales. Esta información complementa los resultados obtenidos mediante los muestreos de campo, ya que permite interpretar los registros observados dentro de un contexto temporal más amplio y reconocer que determinadas especies pueden utilizar la Región Ecológica únicamente durante periodos específicos del año. En consecuencia, la ausencia de una especie migratoria durante una campaña de muestreo no constituye evidencia suficiente de ausencia regional, mientras que su registro puntual tampoco implica necesariamente residencia permanente. La integración de registros de campo y patrones migratorios históricos proporciona, por tanto, una caracterización más robusta de la avifauna y mejora la interpretación de los posibles efectos del proyecto sobre especies residentes y migratorias (La Sorte *et al*., 2014)[41].

Rutas migratorias: de acuerdo con La Sorte *et al.* (2014*, op. Cit.*), en Norteamérica se reconocen tres grandes corredores migratorios: la Ruta del Oeste (a lo largo de la vertiente del Pacífico), la Ruta Central y la Ruta del Este (a lo largo de la vertiente del Atlántico). Para el presente análisis, se utilizó la plataforma *Bird Migration Explorer*, la cual integra información geoespacial sobre el ciclo anual completo de las aves migratorias que se reproducen en Estados Unidos y Canadá, y que se desplazan hacia América Latina y el Caribe en diferentes temporadas.

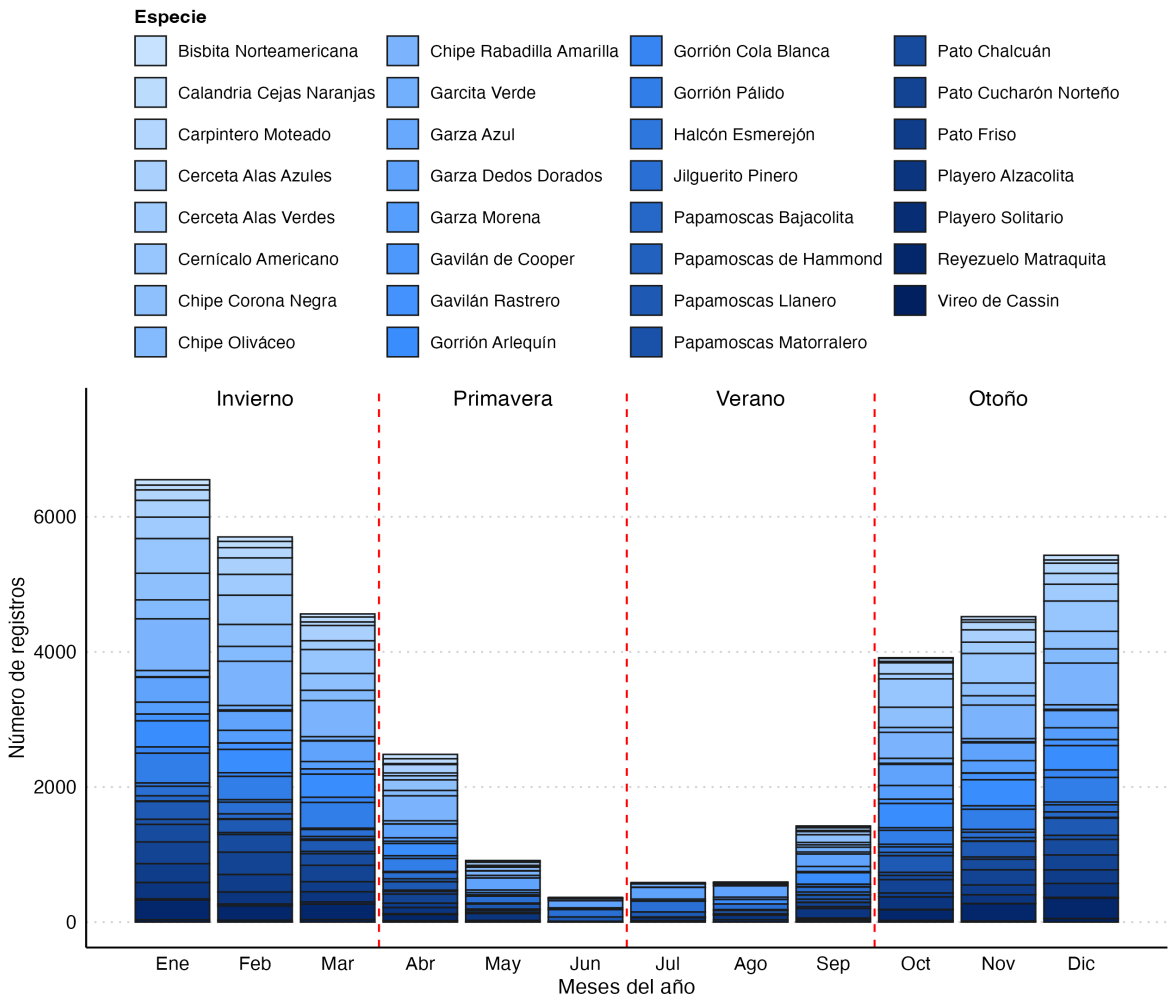
Al sobreponer las capas geográficas del proyecto, se encontró que el proyecto Fv Tepetate Solar se ubicará aproximadamente a 159.8 km al oeste del corredor migratorio de aves rapaces (Figura 19). El análisis agregado de los registros históricos recopilados a través de GBIF de los últimos 30 años (de 1996 a 2026) indica que la abundancia de estas especies migratorias en la zona del proyecto alcanza sus niveles máximos durante los meses de enero y febrero (tránsito de primavera), así como en noviembre y diciembre (tránsito de invierno) (Figuras 20 Y 21).

Figura 19 Estacionalidad



El gremio de aves migratorias de invierno (MI) indica un patrón de residencia invernal definido en el estado de Estado de México. La presencia de estas especies se concentra durante el periodo correspondiente a los meses fríos (noviembre a febrero), alcanzando su pico máximo de actividad y abundancia relativa en el mes de enero (acumulando un total de 6549 registros en la base de datos). Durante esta temporada, las especies dominantes que registran la mayor densidad y abundancia son el chipe rabadilla amarilla (*Setophaga coronata*), la garza dedos dorados (*Egretta thula*) y el cernícalo americano (*Falco sparverius*).

Figura 20 Estacionalidad de las aves migratorias de invierno



Respecto al gremio de aves migratorias de verano (MV), este se caracteriza por especies como el gorrión cejas blancas (*Spizella passerina*), papamoscas del oeste (*Contopus sordidulus*) , y calandria castaña (*Icterus spurius*). Estas aves arriban al Estado de México con fines reproductivos y de anidación, aprovechando la alta la abundancia de insectos y follaje que caracteriza el periodo, permitiéndoles criar a sus polluelos antes de migrar al inicio del otoño.

Por último, en el gremio de especies transitorias o de paso (T) se identifican dos ventanas de paso migratorio a través de Estado de México: la primera ocurre en el primer periodo del año (principalmente en el mes de febrero), y la segunda de regreso durante el otoño (en los meses de octubre a diciembre). Las especies de mayor representación de este grupo son la golondrina alas aserradas (*Stelgidopteryx serripennis*) y vencejo de vaux (*Chaetura vauxi*) (Figura 21).

Figura 21 Estacionalidad de aves migratorias de invierno

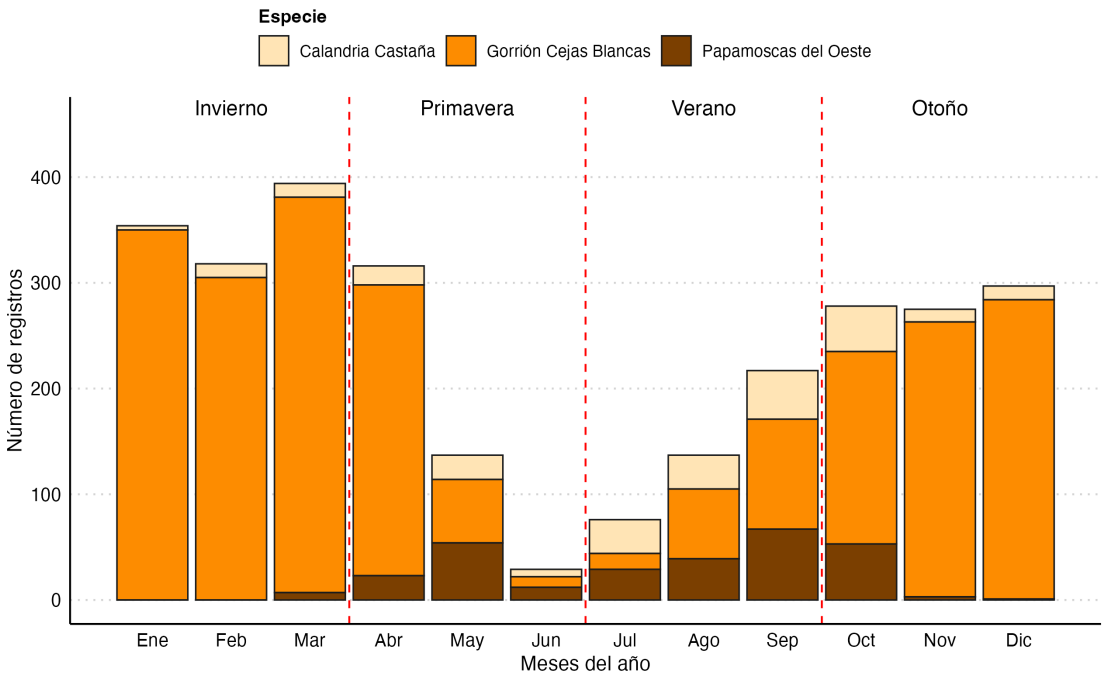
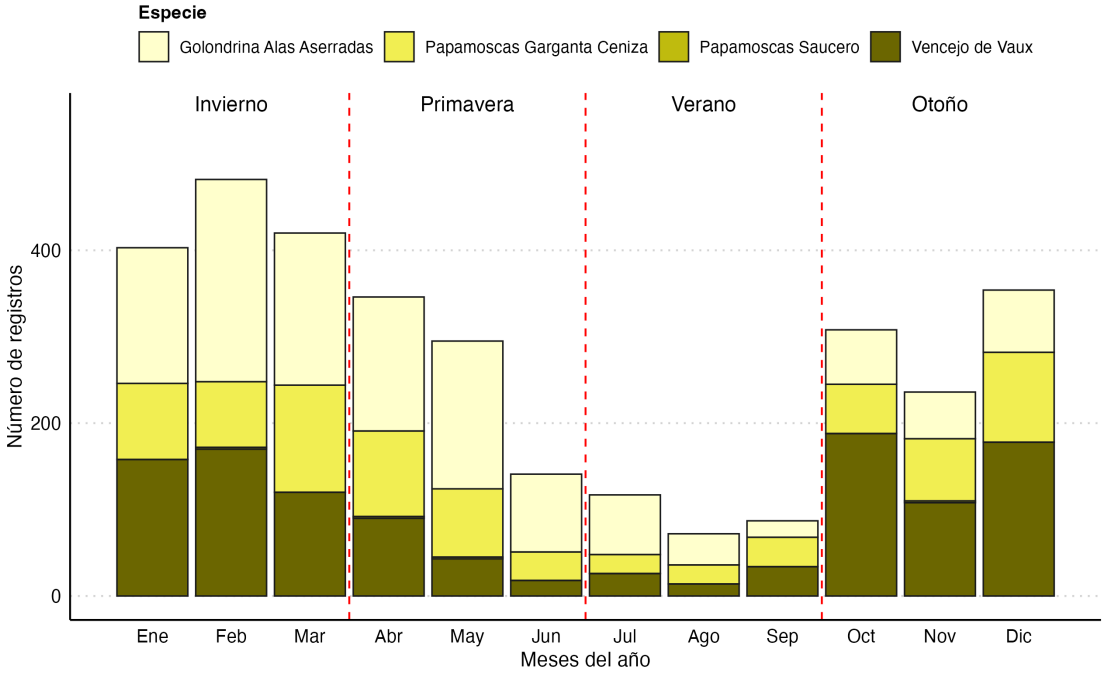


Figura 22 Estacionalidad de aves transitorias



La integración de la información sobre rutas migratorias, estacionalidad y registros históricos permite dimensionar con mayor precisión la importancia del área de

Tepetate Solar para la avifauna. El proyecto no se localiza sobre uno de los principales corredores migratorios continentales identificados para Norteamérica; particularmente, el corredor cartografiado para aves rapaces se encuentra aproximadamente a 159.8 km del sitio del proyecto. Esta separación espacial constituye un elemento relevante para la valoración ambiental, pues permite descartar que el AeP se encuentre directamente emplazado sobre dicho corredor principal; sin embargo, no implica que el territorio carezca de utilización por aves migratorias. Los registros históricos analizados muestran precisamente la presencia estacional de especies migratorias de invierno, verano y transitorias, con variaciones mensuales bien definidas. En consecuencia, la condición de Tepetate debe entenderse en términos intermedios: no constituye, con la evidencia disponible, un sitio de concentración asociado directamente con una ruta migratoria principal, pero sí forma parte de un paisaje regional utilizado temporalmente por especies migratorias**, co**ndición que debe reconocerse en la evaluación de impactos y en el seguimiento ambiental.

Esta distinción resulta particularmente importante al valorar los posibles efectos de la infraestructura fotovoltaica sobre las aves. A diferencia de los parques eólicos, en los cuales la mortalidad por colisión con aerogeneradores constituye un mecanismo ampliamente documentado —con estimaciones a escala estadounidense del orden de cientos de miles de aves por año—, una planta fotovoltaica carece de rotores elevados y elementos móviles comparables, por lo que no resulta técnicamente apropiado trasladar directamente el modelo de riesgo de colisión de la energía eólica a Tepetate Solar (Johnson *et al*., 2016)[42]. Ello no significa que las instalaciones fotovoltaicas sean inocuas para la avifauna. En instalaciones solares de gran escala se han documentado mortalidades de aves y, por esa razón, existen incluso protocolos específicos para estimarlas y corregir los sesgos derivados de la detección y desaparición de cadáveres (Huso *et al*., 2016)[43].

Para instalaciones fotovoltaicas —que son la referencia tecnológica más pertinente para proyecto como Tepetate—, Kosciuch *et al*. (2020)[44] analizaron instalaciones del suroeste de Estados Unidos y obtuvieron una estimación superior promedio de aproximadamente 2.49 aves/MW/año. Sin embargo, los propios autores advierten una incertidumbre considerable: en aproximadamente 61 % de los cadáveres intactos no pudo establecerse la causa de muerte y una proporción importante de los registros correspondió únicamente a acumulaciones de plumas; asimismo, señalaron que la extrapolación de sus resultados hacia otras regiones se encuentra limitada por la localización de las instalaciones estudiadas. Por tanto, la existencia de aves muertas dentro de una planta fotovoltaica no demuestra automáticamente que hayan colisionado contra los módulos, ni permite trasladar mecánicamente tasas obtenidas en instalaciones desérticas estadounidenses a un paisaje agrícola del centro de México (Kosciuch *et al*., 2020, *op. Cit.*).

Una hipótesis que merece consideración es el denominado “efecto lago” **(***lake effect***)**, según el cual la reflexión de luz polarizada por superficies extensas de módulos podría proporcionar a determinadas aves —especialmente especies asociadas con ambientes acuáticos— señales visuales semejantes a las producidas por cuerpos de agua, provocando aproximaciones, descensos o intentos de

aterrizaje. Sin embargo, la evidencia disponible exige cautela. Investigaciones del USGS (Huso *et al*., 2016*, op Cit.*) han encontrado una tendencia desproporcionada de animales voladores a descender sobre instalaciones fotovoltaicas respecto de áreas control, comportamiento compatible con una respuesta a señales relacionadas con agua; pero los propios investigadores señalan que la atracción o el descenso hacia una instalación no equivale necesariamente a ocupación, intento de aterrizaje ni mortalidad**,** y todavía no está determinado qué proporción de los individuos que responden visualmente a estas instalaciones llega efectivamente a exponerse a un peligro (Huso *et al*., 2016, *op. Cit.*).

Para el proyecto Tepetate, esta hipótesis debe además interpretarse considerando la composición real de la comunidad registrada y las características del paisaje. El área corresponde predominantemente a un ambiente terrestre agrícola y perturbado y, de acuerdo con el análisis migratorio desarrollado, se encuentra espacialmente separada de la principal ruta cartografiada de rapaces. Por ello, no existe actualmente evidencia que permita anticipar un riesgo elevado de mortalidad por colisión de aves migratorias asociado específicamente con el proyecto. Tampoco sería justificable afirmar que el riesgo es inexistente. Estudios recientes han demostrado que las aves encontradas muertas en instalaciones solares pueden proceder de poblaciones localizadas a cientos de kilómetros y que, en determinadas especies, los efectos potenciales de las energías renovables pueden trascender el entorno inmediato de las instalaciones (Conkling et al., 2022)[45].

Respecto de las aves residentes, la situación requiere una interpretación distinta. Su exposición potencial deriva principalmente de la utilización cotidiana del sitio y su entorno —alimentación, desplazamiento, descanso o reproducción— y no de atravesar Tepetate dentro de un corredor migratorio continental. La literatura disponible confirma que pueden producirse fatalidades en plantas fotovoltaicas, pero todavía existe incertidumbre acerca de la proporción atribuible específicamente a colisión con módulos y acerca de la posibilidad de generalizar las tasas observadas entre tecnologías, regiones y comunidades de aves (Walston *et al*., 2016)[46]; (Kosciuch *et al*., 2020*, op. Cit.*). Por ello, para Tepetate resulta más defendible evaluar el riesgo a partir de la composición faunística efectivamente registrada, el uso del espacio por las especies, las características particulares de la infraestructura y la verificación durante la operación, antes que asumir tasas de mortalidad provenientes de instalaciones con contextos ambientales diferentes.

En síntesis, la información disponible permite ubicar el tránsito migratorio de aves dentro de su dimensión ambiental real: es un proceso presente en la región y ambientalmente relevante, pero las evidencias disponibles no indican que el AeP constituya un corredor migratorio principal ni un sitio de concentración excepcional de aves migratorias**.** La distancia aproximada de 159.8 km respecto del corredor principal cartografiado de rapaces reduce la preocupación asociada con una interferencia directa sobre dicho corredor, sin justificar que el fenómeno sea descartado. En concordancia con el principio preventivo, la incertidumbre residual asociada con posibles colisiones, descensos o interacciones de aves residentes y migratorias con los módulos fotovoltaicos puede atenderse mediante medidas de diseño y, especialmente, mediante un programa de seguimiento de mortalidad

incidental durante la operación**,** con búsquedas sistemáticas y criterios que consideren detectabilidad y remoción de cadáveres. Este enfoque permitiría verificar empíricamente si el riesgo previsto como reducido se mantiene efectivamente en esa condición una vez que la planta entre en funcionamiento, siguiendo los principios metodológicos recomendados para instalaciones solares de gran escala (Huso et al., 2016 *op. Cit.*).

Mamíferos terrestres: se reconocen ocho especies de mamíferos terrestres, con un total de 61 individuos.

Especie	Nombre común	Individuos	Transectos con presencia
Otospermophilus variegatus	Ardillón de rocas	4	3
Heteromys irroratus	Ratón espinoso mexicano	6	6
Peromyscus labecula	Ratón norteamericano	5	4
Neotoma mexicana	Rata cambalachera mexicana	5	5
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	2
Sylvilagus floridanus	Conejo serrano	28	15
Canis latrans	Coyote	4	4
Bassariscus astutus	Cacomixtle norteño	7	6
Total		61	

El conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) fue claramente el mamífero terrestre más abundante y ampliamente distribuido, con 28 individuos registrados en 15 transectos. Los demás mamíferos presentaron frecuencias considerablemente menores, compatibles con organismos de menor densidad, actividad predominantemente nocturna o mayor dificultad de detección.

Mamíferos voladores: los trabajos de campo no evidenciaron la presencia de quirópteros en el área; por ello los registros en la matriz no contienen datos que evidencien la presencia de individuos del del orden Chiroptera.

Esto no significa que los quirópteros no hayan sido detectados mediante otras técnicas o que estén ausentes del área; únicamente indica que no forman parte de los registros de los 84 transectos en lo que se sustentó el trabajo de campo.

Los resultados aportan, por tanto, información simultánea sobre riqueza específica, abundancia relativa observada y frecuencia espacial de ocurrencia, siendo esta última expresada como el número de transectos en los cuales cada especie fue registrada. Estos tres atributos permiten diferenciar especies abundantes pero localizadas de aquellas ampliamente distribuidas en el paisaje, proporcionando una base particularmente útil para interpretar el uso del área por la fauna y para sustentar posteriormente los análisis de diversidad, acumulación de especies e identificación de impactos ambientales.

Riqueza potencial vs riqueza constatada en campo: al comparar la matriz de fauna de presencia potencial de la Región Ecológica con la matriz consolidada de registros obtenidos durante el muestreo de campo, se observa una correspondencia diferenciada entre los grupos de vertebrados.

Tabla 39 Comparación general entre riqueza potencial y riqueza registrada en campo

Grupo	Especies de presencia potencial en la REcol	Especies registradas en campo	Especies coincidentes	Potencial confirmado en campo (%)	Especies de campo no incluidas previamente en el listado potencial
Anfibios	8	1	1	12.5 %	0
Reptiles	22	3	3	13.6 %	0
Aves	114	49	41	36.0 %	8
Mamíferos terrestres	28	8	8	28.6 %	0
Mamíferos voladores (quirópteros)	13	0*	0	0 %*	—
Total	185	61	53	28.6 %	8

* La matriz de transectos analizada no contiene registros de quirópteros. Esto no debe interpretarse como ausencia de este grupo en la REcol, puesto que su caracterización requiere técnicas específicas distintas de los recorridos lineales.

En términos globales, de las 185 especies con presencia potencial**,** 53 fueron confirmadas mediante el muestreo analizada, equivalente al 28.6 % de la riqueza potencial regional**.** Visto desde la perspectiva inversa, 53 de las 61 especies registradas en campo (86.9 %) ya estaban contempladas en el inventario de presencia potencial, lo que muestra una correspondencia elevada entre ambos enfoques.

Anfibios: el inventario regional considera ocho especies de anfibios, mientras que durante los muestreos se registró únicamente *Spea multiplicata*. Esta especie forma parte del listado potencial, por lo que existe coincidencia completa respecto de la identidad del anfibio encontrado en campo, aunque la riqueza observada representa solamente 12.5 % de la riqueza potencial**.**

La diferencia es amplia: siete especies potenciales no fueron detectadas durante la campaña. Sin embargo, esta relación no debe interpretarse como evidencia de ausencia de dichas especies en la REcol. Los anfibios presentan una detectabilidad fuertemente condicionada por precipitación, humedad, temperatura, periodos reproductivos y disponibilidad temporal de cuerpos de agua; por ello, la fracción registrada durante una campaña puede representar solamente una parte reducida del conjunto regional potencialmente presente (Wells, 2007)[47].

Reptiles: para los reptiles se identificaron **22 especies de presencia potencial**, frente a **tres especies registradas en campo**:

- *Sceloporus grammicus*;
- *Sceloporus torquatus*;
- *Thamnophis eques*.

Las tres especies se encuentran incluidas en el listado potencial, de manera que existe una coincidencia del 100 % respecto de la identidad de las especies detectadas en campo. Sin embargo, éstas representan solamente 13.6 % de las 22 especies potenciales de la REcol.

El patrón es semejante al de los anfibios: una fracción relativamente pequeña de la riqueza potencial fue corroborada mediante registros directos. En reptiles, la detectabilidad también depende de temperatura, radiación solar, refugios, horario y hábitos crípticos o fosoriales, por lo que una riqueza de campo reducida no equivale necesariamente a una riqueza regional igualmente baja (Vitt & Caldwell, 2014)[48].

Aves: las aves presentan un comportamiento claramente diferente. El inventario regional comprende 114 especies potenciales**,** mientras que el muestreo documentó 49 especies taxonómicamente válidas de aves**.** De ellas**,** 41 coinciden con el inventario potencial**,** por lo que el trabajo de campo confirmó aproximadamente 36.0 % de la riqueza avifaunística potencial de la REcol**.**

Este es el grupo que presenta la mayor proporción de riqueza potencial confirmada durante el muestreo. Entre las especies coincidentes se encuentran, entre otras, *Columbina inca, Zenaida asiatica, Zenaida macroura, Cathartes aura, Buteo jamaicensis, Tyto furcata, Pyrocephalus rubinus, Hirundo rustica, Toxostoma curvirostre, Haemorhous mexicanus, Spinus psaltria, Passerina caerulea* y *Pheucticus melanocephalus*.

A diferencia de los demás grupos, el trabajo de campo incorporó ocho especies que no estaban incluidas en la relación de presencia potencial**:**

- *Aimophila ruficeps*;
- *Anas platyrhynchos*;
- *Colaptes auratus*;
- *Geothlypis trichas*;
- *Petrochelidon fulva*;
- *Ptiliogonys cinereus*;
- *Salpinctes obsoletus*;
- *Sturnus vulgaris*.

Este resultado es particularmente útil porque demuestra que el inventario de presencia potencial no constituye un listado cerrado. El muestreo de campo permitió ampliar la información regional y documentar especies cuya ocurrencia no había sido anticipada por la recopilación previa. En las aves, la elevada movilidad, los movimientos migratorios y la utilización temporal de ambientes agrícolas explican que el inventario observado pueda incorporar especies adicionales.

Mamíferos terrestres: la relación de presencia potencial comprende 28 especies de mamíferos terrestres**,** mientras que los muestreos registraron ocho especies**:**

- *Otospermophilus variegatus*;
- *Heteromys irroratus*;
- *Peromyscus labecula*;
- *Neotoma mexicana*;
- *Lepus californicus*;
- *Sylvilagus floridanus*;

- *Canis latrans*;
- *Bassariscus astutus*.

Las ocho especies están incluidas en el inventario potencial. Por consiguiente, el 100 % de los mamíferos terrestres encontrados en campo había sido previsto por la caracterización regional, mientras que la riqueza efectivamente registrada representa 28.6 % de las 28 especies potenciales.

Esta proporción es sensiblemente mayor que la encontrada para anfibios y reptiles, aunque menor que la de las aves. El resultado indica que el inventario potencial fue particularmente consistente para anticipar la identidad de las especies de mamíferos que actualmente utilizan los terrenos prospectados.

Mamíferos voladores: la Región Ecológica presenta 13 especies de quirópteros de presencia potencial. Los registros de las detecciones de los transectos analizada no contiene registros de este grupo, por lo que no es procedente calcular una coincidencia ecológica equivalente a la de los otros vertebrados.

El valor nominal de 0 de 13 especies no significa que los quirópteros estén ausentes del área. Los murciélagos requieren técnicas específicas —redes de niebla, detectores ultrasónicos, búsqueda de refugios, entre otras— y su evaluación debe realizarse con las bases generadas mediante esos métodos, separadamente de los transectos lineales.

Interpretación integrada: el resultado más relevante no es únicamente que la riqueza registrada sea inferior a la riqueza potencial —algo esperable porque ambos inventarios representan escalas y procesos diferentes—, sino la elevada concordancia taxonómica de las especies efectivamente detectadas. En anfibios, reptiles y mamíferos terrestres, todas las especies encontradas durante el trabajo de campo estaban previamente incluidas en la relación de presencia potencial. En aves, la coincidencia fue de 41 de 49 especies, equivalente al 83.7 % del inventario observado en campo.

Por otra parte, la proporción de la riqueza potencial que fue efectivamente confirmada muestra diferencias claras entre grupos: 12.5 % en anfibios, 13.6 % en reptiles, 36.0 % en aves y 28.6 % en mamíferos terrestres. Estas diferencias no deben interpretarse exclusivamente como diferencias reales de riqueza local. Reflejan también las distintas probabilidades de detección, movilidad, actividad diaria, estacionalidad y adecuación de las técnicas de muestreo para cada clase de vertebrados.

La marcada diferencia entre las 185 especies potenciales regionales y las 61 especies observadas mediante la matriz de campo también es coherente con la diferente escala espacial de ambos ejercicios. El listado potencial caracteriza el universo faunístico razonablemente asociado con la Región Ecológica, mientras que el muestreo registra únicamente aquella fracción que estuvo presente y fue detectable en los sitios y condiciones específicas en que se desarrolló la campaña. Desde el punto de vista de los modelos de distribución y de la teoría de ocupación,

la presencia regional potencial y la detección local son conceptos complementarios, pero no equivalentes (Guisan & Thuiller, 2005)[49]; (MacKenzie *et al*., 2018)[50].

Utilidad del análisis comparativo: este ejercicio permite evaluar la congruencia entre la caracterización faunística regional y la evidencia obtenida directamente en campo**.** La elevada correspondencia taxonómica observada demuestra que el inventario de presencia potencial constituye una referencia adecuada para anticipar la composición de la fauna del territorio, mientras que los registros adicionales obtenidos —particularmente en aves— permiten corregir y enriquecer dicha referencia. Al mismo tiempo, las diferencias entre riqueza potencial y riqueza observada permiten reconocer las limitaciones inherentes a la detectabilidad de cada grupo y evitan interpretar la ausencia de registros como evidencia automática de ausencia biológica. En conjunto, ambos inventarios proporcionan una línea base más robusta que cualquiera de ellos considerado aisladamente y constituyen un soporte directo para la identificación de impactos, la definición de especies de atención prioritaria y el diseño de las medidas de prevención, rescate, manejo y monitoreo de fauna del proyecto Tepetate Solar.

Especies con estatus de riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059)[51] y endemismo: en atención a los requerimientos establecidos en la nueva Guía para la elaboración de las manifestaciones de impacto ambiental emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y con el propósito de facilitar la identificación y evaluación de aquellos componentes de la fauna que presentan una condición particular de vulnerabilidad o relevancia para la conservación, en el Anexo III.14 se presenta la relación de las especies registradas durante los trabajos de campo que se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo o conservación reconocida por instrumentos nacionales o internacionales, asi como su carácter de endemismo correspondiente. Se destaca que del total de especies registradas para las cuatro clases de vertebrados, únicamente dos de ellas: *Scelopporus grammicus* (Pr) y *Tamnophis eques* (A)tienen un determinado estatus de riesgo en la NOM-059 y en las otras cinco, sin encontrarse en alguna categoría de riesgo o conservación en la NOM-059, se identificó diferente condición biogeográfica respecto de su endemismo.

La revisión considera, de manera prioritaria, la condición de las especies conforme a la NOM-059, instrumento normativo que establece las categorías de riesgo aplicables a las especies nativas de México. De manera complementaria, se incorpora la condición reportada por instrumentos internacionales de conservación, particularmente la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024)[52]**.** Esta última constituye un sistema de evaluación del riesgo de extinción a escala global y, por ello, su clasificación debe interpretarse como información complementaria y no como equivalente jurídico de las categorías establecidas por la NOM-059 y la IUCN, 2024*, op. Cit.*

La información de la correspondiente de los registros obtenidos durante los muestreos de campo, mediante la cual se identifica espacialmente el sitio en el que fue registrada cada especie de interés. La cartografía diferencia los registros

obtenidos dentro del Área de establecimiento del Proyecto (AeP) de aquellos localizados en el resto de la Región Ecológica (REcol**)**, permitiendo reconocer su distribución observada en los dos ámbitos espaciales considerados durante la caracterización faunística.

Esta representación espacial resulta particularmente relevante para la evaluación ambiental, ya que permite relacionar la presencia comprobada de especies con alguna condición de riesgo o conservación con la localización de las obras y actividades del proyecto y con los componentes ambientales de la REcol. De esta manera, los registros dejan de constituir únicamente un listado taxonómico y adquieren una expresión territorial verificable que puede utilizarse posteriormente para identificar posibles interacciones proyecto-fauna, valorar impactos y, cuando corresponda, orientar espacialmente las medidas de prevención, mitigación, rescate, protección o seguimiento.

Debe precisarse que los puntos representados en dicha cartografía corresponden a sitios de registro u observación obtenidos durante las campañas de muestreo, por lo que no representan por sí mismos la totalidad del área de distribución, hábitat o ámbito hogareño de cada especie. Su interpretación debe realizarse conjuntamente con las características ecológicas de los taxones, los ambientes disponibles y los demás resultados de la caracterización faunística desarrollada en este Anexo Técnico. Esta precisión evita atribuir al registro puntual un alcance espacial mayor al que efectivamente sustenta la evidencia de campo.

En consecuencia, el apéndice III.18 integra en un mismo producto técnico la condición normativa o de conservación de las especies de fauna de interés y la evidencia georreferenciada de su presencia observada en campo, proporcionando a la autoridad elementos objetivos para reconocer qué especies fueron registradas, cuál es su condición de riesgo o conservación y dónde fueron detectadas respecto del AeP y de la REcol**.**

Evaluación de la suficiencia y representatividad del muestreo faunístico mediante curvas de acumulación

A partir de los datos obtenidos en los 84 transectos lineales se construyeron curvas de acumulación de especies con el propósito de evaluar la relación entre el esfuerzo de muestreo y la riqueza registrada, así como estimar la proporción de la riqueza esperada que fue documentada durante los trabajos de campo. Para ello se utilizaron los estimadores no paramétricos Chao, Jackknife de primer orden, Jackknife de segundo orden y Bootstrap**,** cuyos resultados se presentan tanto para el conjunto de vertebrados como para el Área de establecimiento del Proyecto (AeP) y para la Región Ecológica (REcol) y los principales grupos faunísticos: herpetofauna, avifauna y mastofauna.

Las curvas de acumulación permiten examinar cómo aumenta la riqueza observada conforme se incorporan nuevas unidades de muestreo. Una reducción progresiva de la pendiente indica que cada nueva unidad aporta menos especies no registradas previamente y que el inventario se aproxima gradualmente a una condición de estabilización. Sin embargo, una aproximación visual a la asíntota no implica por sí

sola que la totalidad de las especies haya sido detectada; por ello, su interpretación debe realizarse conjuntamente con los estimadores de riqueza y con la biología y detectabilidad de los distintos grupos faunísticos (Gotelli & Colwell, 2001)[53]; (Colwell *et al*., 2012)[54].

Para efectos del presente análisis se utiliza el concepto de **completitud estimada del inventario**, calculado como la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada por cada procedimiento:

$$Completitud\ estimada\ del\ inventario = \frac{S_{observada}}{S_{estimada}}\ X\ 100$$

Este indicador expresa la proporción de la riqueza proyectada por cada estimador que efectivamente fue registrada durante el muestreo. No representa una probabilidad de detección ni una medida absoluta de eficacia del método, por lo que sus resultados deben interpretarse como una estimación relativa de la representatividad alcanzada por el inventario (Chao & Jost, 2012)[55].

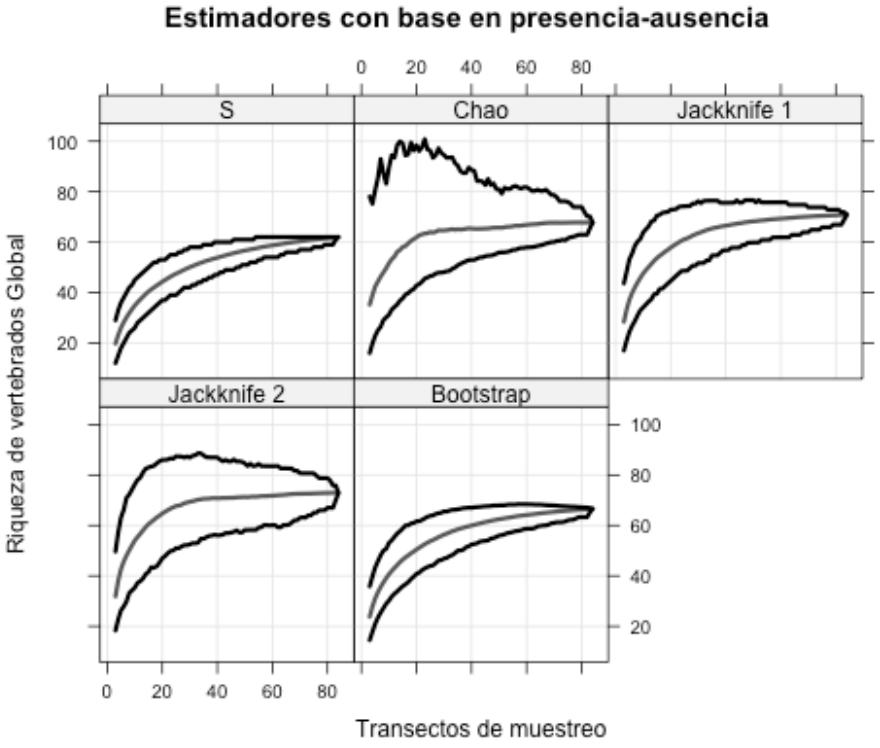
Vertebrados, evaluación global: el análisis conjunto de los vertebrados registrados en los 84 transectos mostró una reducción progresiva de la pendiente de las curvas hacia las últimas unidades de muestreo, indicando una aproximación general a la estabilización de la riqueza registrada (Figura 23). Durante el trabajo de campo se documentó una riqueza observada de 62 especies**.** Los cuatro estimadores proyectaron una riqueza total de entre 67 y 73 especies, lo que corresponde a una completitud estimada del inventario de entre 85 % y 93 %**.**

De manera específica, Chao estimó 68 especies, equivalente a una completitud de 91 %; Jackknife 1 proyectó 71 especies (87 %); Jackknife 2 estimó 73 especies (85 %); y Bootstrap calculó 67 especies (93 %). En términos absolutos, los estimadores sugieren que mediante el esfuerzo desarrollado pudieron permanecer sin registrarse entre 5 y 11 especies.

Estos resultados permiten considerar que el inventario global alcanzó una completitud alta, ya que incluso el estimador que proyectó la mayor riqueza reconoce que se documentó aproximadamente 85 % de las especies esperadas mediante el método empleado. No obstante, el inventario no debe considerarse exhaustivo, pues las curvas y estimadores todavía reconocen una fracción residual de especies probablemente no detectadas. Dicha fracción puede corresponder principalmente a especies poco frecuentes, crípticas, nocturnas, fosoriales, estacionales o con una probabilidad reducida de intercepción mediante transectos lineales.

Figura 23 Curvas de acumulación de vertebrados registrados

S = Riqueza de especies observada en campo. La línea central indica la evolución del modelo del estimador con 1000 permutaciones y las líneas externas indican el intervalo de confianza al 95%



Bootstrap no constituye necesariamente el estimador de “mejor ajuste”. Su valor produce la estimación de riqueza más próxima a la observada, pero la información disponible no incluye una prueba estadística externa que permita demostrar que representa el estimador de mayor desempeño. Por ello, resulta metodológicamente más sólido interpretar conjuntamente el rango generado por los cuatro procedimientos (tabla 40).

Tabla 40 Completitud estimada del inventario de vertebrados del proyecto

Estimador	Especies estimadas	Especies por registrar	Completitud estimada
Chao	68	6	91 %
Jackknife 1	71	9	87 %
Jackknife 2	73	11	85 %
Bootstrap	67	5	93 %

Evaluación espacial del muestreo

Área de establecimiento del Proyecto (AeP)

En los 20 transectos correspondientes al AeP se registró una riqueza observada de 42 especies. Los estimadores proyectaron una riqueza entre 48 y 69 especies, equivalente a una completitud estimada del inventario de entre 61 % y 88 %**.** Chao

estimó 69 especies (61 %), Jackknife 1 proyectó 56 especies (75 %), Jackknife 2 calculó 66 especies (64 %) y Bootstrap estimó 48 especies (88 %). Dependiendo del estimador considerado, entre 6 y 27 especies pudieron permanecer sin ser registradas mediante los transectos aplicados en esta área.

La amplitud existente entre las estimaciones indica que el AeP presenta una mayor incertidumbre en la completitud del inventario que la observada para el conjunto del proyecto y para la REcol. Esta divergencia puede estar asociada con el menor número de unidades de muestreo y con la influencia de especies registradas en pocos transectos. Por ello, las curvas del AeP deben interpretarse como indicativas de una completitud moderada y variable según el estimador, y no como evidencia de una saturación completa del inventario.

Tabla 41 Completitud estimada del inventario de vertebrados en el AeP

Estimador	Especies estimadas	Especies por registrar	Completitud estimada
Chao	69	27	61 %
Jackknife 1	56	14	75 %
Jackknife 2	66	24	64 %
Bootstrap	48	6	88

Región Ecológica

En los 37 transectos establecidos en la REcol se registraron 58 especies. Los estimadores proyectaron entre 63 y 71 especies, lo que corresponde a una completitud estimada de entre 82 % y 92 %**.** Chao calculó 65 especies (89 %), Jackknife 1 estimó 69 (84 %), Jackknife 2 proyectó 71 (82 %) y Bootstrap estimó 63 especies (92 %). En consecuencia, los modelos sugieren que entre 5 y 13 especies pudieron permanecer sin registrar.

La convergencia relativamente estrecha entre los estimadores y la aproximación de las curvas hacia la estabilización permiten considerar que la REcol alcanzó una completitud alta para la fauna detectable mediante transectos lineales. El resultado es coherente con el mayor número de unidades de muestreo y con la mayor diversidad de condiciones ambientales representadas a escala regional.

Tabla 42 Completitud estimada del inventario de vertebrados en la REcol

Estimador	Especies estimadas	Especies por registrar	Completitud estimada
Chao	65	7	89 %
Jackknife 1	69	11	84 %
Jackknife 2	71	13	82 %
Bootstrap	63	5	92 %

Herpetofauna: las curvas correspondientes a la herpetofauna muestran diferencias importantes entre el AeP y la REcol, condición consistente con la baja riqueza observada y con la menor detectabilidad que presentan numerosos anfibios y reptiles mediante recorridos lineales. La actividad superficial de estos organismos puede depender considerablemente de la temperatura, humedad, precipitación, horario y disponibilidad de refugios, por lo que una curva de acumulación construida únicamente a partir de transectos representa principalmente la fracción de la comunidad detectable bajo las condiciones prevalecientes durante la campaña (Vitt & Caldwell, 2014)[56]; (Wells, 2007)[57].

AeP: en los 20 transectos del AeP se registraron 2 especies de herpetofauna. Los estimadores proyectaron entre 3 y 6 especies, lo que representa una completitud estimada de entre 33 % y 67 %**.** Chao y Bootstrap estimaron tres especies (67 %), Jackknife 1 proyectó cuatro (50 %) y Jackknife 2 calculó seis (33 %).

Estos resultados indican que la representatividad alcanzada mediante transectos para este grupo en el AeP fue baja a moderada, por lo que la ausencia de especies adicionales no debe interpretarse como ausencia biológica. En este grupo cobra particular importancia la complementariedad con otras técnicas de búsqueda y con la información de presencia potencial.

REcol: en la REcol se registraron 4 especies de herpetofauna**.** Chao proyectó igualmente cuatro especies, produciendo una completitud nominal de 100 %**,** mientras que Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap proyectaron cinco especies, equivalentes a 80 % de completitud**.**

El valor de 100 % calculado por Chao debe interpretarse con cautela. Al tratarse de una riqueza observada pequeña, la coincidencia entre riqueza observada y estimada no demuestra por sí misma que el inventario sea exhaustivo. En consecuencia, resulta más prudente considerar que la REcol alcanzó una representatividad alta dentro de la información disponible, aunque condicionada por el bajo número de especies detectadas.

Avifauna**:** La avifauna presentó la mayor riqueza observada y las curvas con una aproximación más consistente a la estabilización, comportamiento compatible con la elevada detectabilidad de numerosas especies de aves mediante transectos lineales, particularmente en ambientes abiertos y agropecuarios.

AeP: en los 20 transectos del AeP se registraron 33 especies de aves**.** Los estimadores proyectaron entre 37 y 46 especies**,** correspondientes a una completitud estimada de entre 72 % y 89 **%**. Chao estimó 43 especies (77 %), Jackknife 1 proyectó 42 (79 %), Jackknife 2 calculó 46 (72 %) y Bootstrap estimó 37 (89 %).

Estos resultados permiten considerar que el inventario de aves del AeP alcanzó una completitud moderada a alta, aunque los estimadores sugieren que entre cuatro y trece especies adicionales pudieron permanecer sin detectar.

REcol: en los 37 transectos de la REcol se registraron 46 especies de aves**.** Los estimadores proyectaron entre 50 y 54 especies, con una completitud de entre 85 % y 92 %**.** Chao y Bootstrap estimaron 50 especies (92 %), Jackknife 1 proyectó 53 (87 %) y Jackknife 2 calculó 54 (85 %).

La reducida diferencia entre la riqueza observada y las estimaciones, así como la convergencia entre los cuatro procedimientos, permiten considerar que el inventario regional de avifauna alcanzó una completitud alta. Entre cuatro y ocho especies podrían haber permanecido sin registrar, lo cual resulta compatible con la presencia eventual de especies poco frecuentes, migratorias, nocturnas o de ocurrencia temporal.

Mastofauna**:** las curvas de mastofauna muestran una aproximación menos definida a la estabilización que la avifauna, reflejando la menor detectabilidad de diversos mamíferos mediante transectos. Especies nocturnas, fosoriales, de baja densidad o con grandes áreas de actividad pueden estar subrepresentadas en los recorridos lineales, aun cuando se encuentren presentes en el paisaje.

AeP: en el AeP se registraron 7 especies de mamíferos**.** Los estimadores proyectaron una riqueza de entre 9 y 14 especies, correspondiente a una completitud estimada de entre 50 % y 78 **%**. Chao estimó 13 especies (54 %), Jackknife 1 proyectó 11 (64 %), Jackknife 2 calculó 14 (50 %) y Bootstrap estimó nueve (78 %).

La mastofauna del AeP presenta, por tanto, una completitud baja a moderada, siendo uno de los componentes en los que permanece mayor incertidumbre respecto de la riqueza esperada. Los estimadores indican que entre dos y siete especies pudieron permanecer sin registrar mediante esta técnica.

REcol: en la REcol se registraron 8 especies de mamíferos**.** Los estimadores proyectaron entre 9 y 12 especies, equivalentes a una completitud de entre 67 % y 89 **%**. Chao estimó diez especies (80 %), Jackknife 1 proyectó once (73 %), Jackknife 2 calculó doce (67 %) y Bootstrap estimó nueve (89 %).

La REcol alcanzó una representatividad moderada a alta, aunque las curvas indican que existía margen para incorporar especies adicionales. La interpretación debe complementarse con las técnicas específicas utilizadas para mamíferos y con los registros indirectos o complementarios descritos en el apéndice metodológico.

Valoración integral de la suficiencia y representatividad del muestreo: en conjunto, las curvas de acumulación y los cuatro estimadores empleados permiten concluir que el esfuerzo desarrollado mediante los 84 transectos proporcionó una representación amplia de la comunidad de vertebrados detectable mediante el método aplicado. La completitud global del inventario se situó entre 85 % y 93 %**,** intervalo que permite considerar al inventario general como de alta representatividad, aunque no exhaustivo.

La REcol presentó los valores más consistentes de completitud, entre 82 % y 92 %**,** mientras que el AeP mostró una mayor dispersión entre estimadores, entre 61 % y 88 %. Esta diferencia debe interpretarse considerando, además de la composición

faunística, el número distinto de transectos y la ocurrencia de especies registradas en pocas unidades de muestreo.

Por grupos taxonómicos, la avifauna presentó la mayor y más consistente completitud, particularmente en la REcol, mientras que la herpetofauna y la mastofauna mostraron mayor variabilidad. Esta situación no constituye necesariamente evidencia de una caracterización deficiente, sino que refleja diferencias conocidas de detectabilidad y comportamiento entre grupos, así como la adecuación diferencial de los transectos lineales para registrar organismos con distintos hábitos ecológicos.

En consecuencia, las curvas de acumulación no deben interpretarse como prueba de que la totalidad de la fauna haya sido registrada, sino como evidencia cuantitativa de que el esfuerzo de muestreo permitió caracterizar con un grado razonable de completitud la comunidad observable mediante las técnicas utilizadas. Su interpretación conjunta con los registros derivados de métodos complementarios, la relación de fauna de presencia potencial y los antecedentes históricos proporciona una base más robusta para la caracterización faunística del proyecto.

Vinculación con el análisis de riqueza y diversidad**:** la evaluación precedente permite establecer el grado de representatividad alcanzado por el inventario y proporciona el sustento necesario para avanzar hacia el análisis de la estructura de las comunidades de vertebrados. Una vez verificado que el esfuerzo de muestreo permitió recuperar una proporción sustancial de la riqueza estimada, resulta procedente analizar cómo se distribuyen los individuos entre las especies registradas y comparar los patrones de riqueza, abundancia, diversidad y equidad entre el AeP y la REcol**.**

En el apartado siguiente se analizan, por tanto, los indicadores de riqueza y diversidad**,** considerando que estos índices no sustituyen la evaluación de suficiencia previamente desarrollada, sino que la complementan al describir la organización interna de las comunidades. De esta manera, las curvas de acumulación responden a la pregunta de qué tan completo fue el inventario, mientras que los índices de diversidad permitirán establecer cómo se estructura la comunidad efectivamente registrada, proporcionando conjuntamente una interpretación ecológica más sólida de la fauna presente en el área de estudio (Gotelli & Colwell, 2001*, op. Cit.*); (Magurran, 2013)[58].

SEGUNDO MUESTREO DE FAUNA

[**Análisis de representatividad temporal y pronóstico estacional complementario**]

Consideraciones sobre la representatividad temporal del muestreo**:** La caracterización de fauna silvestre constituye uno de los componentes relevantes para establecer la línea base ambiental de un proyecto y valorar posteriormente la naturaleza, magnitud y significancia de sus posibles impactos. En este sentido, los inventarios obtenidos mediante trabajo de campo representan una aproximación temporal a comunidades biológicas cuya composición, abundancia y detectabilidad pueden modificarse a lo largo del año como consecuencia de factores climáticos,

disponibilidad de recursos, ciclos reproductivos, migración y variaciones en la actividad de las especies (Bibby *et al*., 2000)[59]; (Sutherland, 2006, *op. Cit.*).
La Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del sector eléctrico, modalidad regional, establece como criterio para la caracterización de fauna que los muestreos permitan obtener información representativa de las condiciones ambientales del sistema y recomienda considerar la variación temporal de las comunidades, particularmente cuando existen diferencias estacionales que puedan modificar la presencia o detectabilidad de las especies. Esta consideración resulta especialmente pertinente en regiones donde existe una diferenciación marcada entre las temporadas de lluvias y estiaje.

Para el Proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar, los trabajos de caracterización de fauna fueron realizados durante julio, es decir, durante la temporada de verano y bajo condiciones asociadas al periodo de lluvias. En consecuencia, desde una perspectiva estrictamente temporal, un segundo levantamiento destinado a representar condiciones contrastantes debería efectuarse durante la temporada de estiaje.

En las condiciones climáticas regionales, dicha campaña tendría que desarrollarse preferentemente entre febrero y abril del año siguiente, de manera que existiera una separación temporal suficiente respecto del levantamiento efectuado en julio y que las condiciones ambientales correspondieran efectivamente a una fase distinta del ciclo anual. Esto implicaría esperar aproximadamente seis a nueve meses, dependiendo de la fecha finalmente seleccionada para la segunda campaña.

Tal intervalo representa una dificultad objetiva para la integración de la presente MIAR. Diferir durante ese periodo la caracterización ambiental significaría, en términos prácticos, posponer durante varios meses la conclusión del estudio únicamente para disponer de una segunda observación temporal de las comunidades faunísticas. Esta situación debe ponderarse considerando que una Manifestación de Impacto Ambiental constituye un instrumento preventivo de evaluación, cuyo propósito fundamental consiste en proporcionar a la autoridad información suficiente para identificar y valorar anticipadamente los efectos ambientales previsibles del proyecto y establecer, en su caso, las medidas de prevención, mitigación y compensación correspondientes, conforme a los artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Lo anterior no significa desconocer la utilidad ecológica de realizar observaciones en diferentes temporadas del año, ni asumir que un muestreo efectuado durante el verano representa necesariamente todas las condiciones estacionales. Por el contrario, se reconoce explícitamente que la detectabilidad de las especies puede variar temporalmente y que la ausencia de una especie durante una campaña determinada no demuestra necesariamente su ausencia del área, principio ampliamente reconocido en los estudios de ocupación y monitoreo de fauna (MacKenzie *et al*., 2002)[60]; (Kéry & Royle, 2016)[61].

Precisamente por esta razón, en lugar de asumir que la información obtenida en julio representa por sí sola el comportamiento anual de las comunidades faunísticas, se desarrolló un procedimiento complementario de análisis de registros históricos,

dirigido a proporcionar una aproximación independiente a la variación temporal potencial de la fauna de la Región Ecológica y de su contexto estatal.

Justificación de la aproximación complementaria

El planteamiento adoptado parte de una distinción metodológica fundamental: un registro histórico no equivale a una observación obtenida mediante el muestreo estandarizado realizado específicamente para el proyecto. Las bases de datos de biodiversidad integran observaciones obtenidas mediante esfuerzos, metodologías, años y localidades diferentes, por lo que sus frecuencias no pueden interpretarse directamente como estimaciones de abundancia poblacional.

Sin embargo, cuando son analizadas con las debidas precauciones, dichas bases constituyen una fuente complementaria de información particularmente útil para examinar patrones de distribución espacial y temporal, formular hipótesis sobre presencia potencial y reconocer periodos del año en los cuales determinadas especies han sido registradas con mayor frecuencia (GBIF, 2024)[62]; (Sullivan *et al*., 2009)[63].

Por esta razón, el análisis desarrollado para Tepetate Solar no pretende reconstruir artificialmente un segundo muestreo de campo, sino responder una pregunta más específica:

¿Qué cambios en la probabilidad relativa de registro de las especies podrían esperarse durante otras épocas del año, particularmente durante el periodo de estiaje, con base en el patrón temporal contenido en los registros históricos disponibles?

Esta delimitación conceptual resulta importante. Los resultados obtenidos deben interpretarse como un pronóstico de estacionalidad o detectabilidad potencial, y no como una predicción determinística del tamaño de las poblaciones que existirán en el sitio durante febrero, marzo o abril.

Metodología complementaria de análisis temporal

Para reducir la incertidumbre asociada a disponer de una sola campaña temporal de campo, se efectuó una revisión de registros históricos correspondientes a las especies consideradas potencialmente relevantes para el área del proyecto. Los registros fueron organizados de acuerdo con el mes del año y temporada, diferenciando adicionalmente aquellos correspondientes a la Región Ecológica del Proyecto FV Tepetate Solar de los disponibles para el resto del territorio estatal.

El procedimiento fue aplicado de manera homogénea a cinco grupos de vertebrados terrestres: aves, mamíferos terrestres, murciélagos, reptiles y anfibios. Para cada especie se examinó la distribución mensual de los registros y posteriormente éstos fueron agrupados estacionalmente, permitiendo identificar meses y temporadas con mayor y menor frecuencia histórica de observaciones.

Cuando existieron registros dentro de la propia Región Ecológica, éstos fueron considerados como evidencia espacialmente más próxima al proyecto. Cuando no existieron registros regionales suficientes, el patrón estatal se utilizó únicamente como referencia contextual de la fenología o estacionalidad potencial, evitando

asumir que una especie registrada en otra parte del estado necesariamente se encontrará dentro del área del proyecto.

Este último criterio es indispensable debido a que los datos de presencia provenientes de bases de biodiversidad están sujetos a sesgos espaciales y temporales relacionados con la intensidad desigual de observación, accesibilidad, preferencias de los observadores y diferencias metodológicas. Por ello, la frecuencia de registros constituye un indicador de actividad o detectabilidad histórica relativa, no una medida directa de densidad poblacional (Boakes *et a*l., 2010)[64]; (Isaac *et al*., 2014)[65].

Resultados generales del análisis prospectivo

Los cinco análisis muestran que la respuesta estacional esperada no es homogénea entre grupos ni entre especies. Este resultado es ecológicamente relevante porque demuestra precisamente por qué sería incorrecto extrapolar linealmente los resultados obtenidos en julio al resto del año.

Aves: La avifauna presenta uno de los patrones estacionales más complejos debido a la coexistencia de especies residentes y migratorias. Los registros analizados muestran especies con máximos durante invierno, otras durante primavera y otras durante verano. Por ejemplo, *Phainopepla nitens* presenta su mayor frecuencia estatal en enero, mientras que *Leiothlypis celata* muestra una concentración particularmente marcada durante invierno: de 3,309 registros estatales, 1,722 corresponden a esa temporada y febrero concentra 640 observaciones. En contraste, *Saucerottia beryllina* presenta su mayor frecuencia durante septiembre, con 669 registros, y *Tringa solitaria* alcanza su máximo en agosto.

El patrón adquiere particular relevancia para evaluar las limitaciones del muestreo de julio. La golondrina tijereta (*Hirundo rustica*), por ejemplo, alcanza precisamente en julio su mayor frecuencia estatal, con 771 registros, mientras que otras especies presentan máximos en meses completamente distintos. De manera inversa, la tortolita cola larga (*Columbina inca*) presenta su máximo estatal en abril, con 1,068 registros, aunque dentro de la Región Ecológica el único registro histórico disponible corresponde a junio.

Por tanto, el análisis permite anticipar que una campaña realizada entre febrero y abril no produciría simplemente una versión empobrecida del inventario obtenido en julio. Es razonable esperar cambios en composición y detectabilidad, particularmente por la incorporación o mayor representación de especies invernantes y migratorias y por modificaciones en la actividad de especies residentes.

Este resultado constituye precisamente una de las aportaciones más importantes del ejercicio: permite reconocer anticipadamente qué componente de incertidumbre permanece en la caracterización realizada durante verano, en lugar de ignorarlo.

Mamíferos terrestres: Los mamíferos terrestres presentan igualmente diferencias temporales, aunque generalmente menos marcadas que las observadas para algunas aves migratorias. Por ejemplo, *Mephitis macroura* registra su máximo estatal en octubre y cuenta con un registro dentro de la Región Ecológica correspondiente a enero. *Urocyon cinereoargenteus* presenta también un máximo estatal en octubre, aunque su registro regional corresponde a enero.

Otros patrones muestran incrementos durante primavera. *Sylvilagus floridanus*, por ejemplo, alcanza su mayor frecuencia en mayo, mientras que *Didelphis virginiana* presenta su máximo en abril, con 113 registros estatales.

Por consiguiente, también para mamíferos terrestres existe evidencia de que la detectabilidad no permanece constante durante el ciclo anual, aunque los registros sugieren para varias especies una presencia potencial relativamente amplia entre estaciones.

Murciélagos: El análisis de quirópteros evidencia patrones temporales particularmente interesantes. *Mormoops megalophylla* presenta su mayor frecuencia histórica en abril; *Nyctinomops macrotis* concentra sus tres registros disponibles entre enero y marzo; *Eptesicus fuscus* muestra máximos en abril y octubre; *Aeorestes cinereus* concentra nueve de sus veinte registros en abril; y *Myotis californicus* presenta cinco de sus diez registros en marzo.

Otros taxones presentan respuestas distintas. *Tadarida brasiliensis* cuenta con registros distribuidos entre primavera, verano y otoño, alcanzando su máximo estatal en abril; dentro de la Región Ecológica existen registros en mayo y noviembre. *Myotis velifer*, por su parte, presenta su mayor frecuencia en mayo y cuenta con tres registros regionales precisamente en dicho mes.

Estos resultados indican que una campaña complementaria realizada hacia finales del estiaje —particularmente marzo-abril— podría modificar la probabilidad de detección de determinados quirópteros respecto del muestreo efectuado en julio.

Reptiles: En reptiles se observa un patrón diferente. Una proporción importante de las especies analizadas presenta máximos durante primavera o verano. *Kinosternon integrum* alcanza su mayor frecuencia en septiembre; *Barisia imbricata* y *Phrynosoma orbiculare* también presentan máximos en septiembre, mientras *Sceloporus grammicus* registra su máximo en abril y *Sceloporus mucronatus*, *S. spinosus* y *S. torquatus* muestran frecuencias máximas durante mayo.

Las serpientes tampoco presentan una respuesta uniforme. *Crotalus aquilus* alcanza su máximo en agosto; *Conopsis lineata* y *Pituophis deppei* en julio; *Thamnophis eques* presenta máximos durante mayo-junio, mientras *Thamnophis scalaris* alcanza su mayor frecuencia en octubre.

Esto implica una consideración relevante: un muestreo exclusivamente durante estiaje tampoco puede asumirse automáticamente como superior al realizado en julio para todos los grupos taxonómicos. Para diversos reptiles, las condiciones de primavera avanzada y verano pueden favorecer su actividad y, consecuentemente, su detectabilidad.

Anfibios: La dependencia de los anfibios respecto de las condiciones de humedad hace especialmente importante interpretar temporalmente sus registros. El patrón histórico muestra, por ejemplo, que *Spea multiplicata* presenta su máxima frecuencia en julio y una elevada representación durante verano, mientras *Incilius occidentalis* alcanza su máximo en septiembre.

Dryophytes arenicolor y *D. eximius* presentan sus máximos durante octubre, después del periodo de lluvias, mientras que *Ambystoma velasci* constituye una excepción importante al mostrar su máxima frecuencia en febrero.

Estos resultados son especialmente relevantes porque indican que el levantamiento efectuado durante verano no constituye necesariamente una condición desfavorable para la caracterización de anfibios; para diversas especies puede coincidir con periodos de elevada actividad, mientras que una campaña efectuada exclusivamente durante el estiaje podría reducir sustancialmente la probabilidad de detección de algunos taxones.

Interpretación integrada

El análisis conjunto de los cinco grupos (apéndice III.19)permite extraer una conclusión metodológicamente más sólida que simplemente afirmar que "faltó un segundo muestreo".

La fauna de la Región Ecológica potencialmente presenta diferentes ventanas temporales de detectabilidad, determinadas por los ciclos biológicos particulares de cada grupo y especie (figura 24). Los documentos analizados muestran máximos durante invierno para determinadas aves y algunos mamíferos o murciélagos; durante primavera para numerosos reptiles, aves y quirópteros; y durante verano y otoño para diversos anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Por tanto, no existe una única temporada que garantice por sí misma la detección máxima del conjunto de vertebrados terrestres. La recomendación de efectuar muestreos temporalmente contrastantes tiene precisamente como propósito capturar esta variabilidad.

El muestreo realizado en julio proporcionó una observación directa de las condiciones de verano, mientras que el análisis histórico desarrollado permite identificar los cambios que razonablemente podrían producirse durante otras temporadas y, particularmente, reconocer aquellas especies cuya frecuencia de registro aumenta durante febrero-abril.

En consecuencia, el análisis documental no sustituye al segundo muestreo recomendado por la Guía, pero sí reduce de manera explícita y trazable la incertidumbre asociada a no disponer de él al momento de integrar la MIAR. Esta formulación resulta más defendible técnicamente que pretender establecer una equivalencia entre ambos procedimientos.

Figura 24

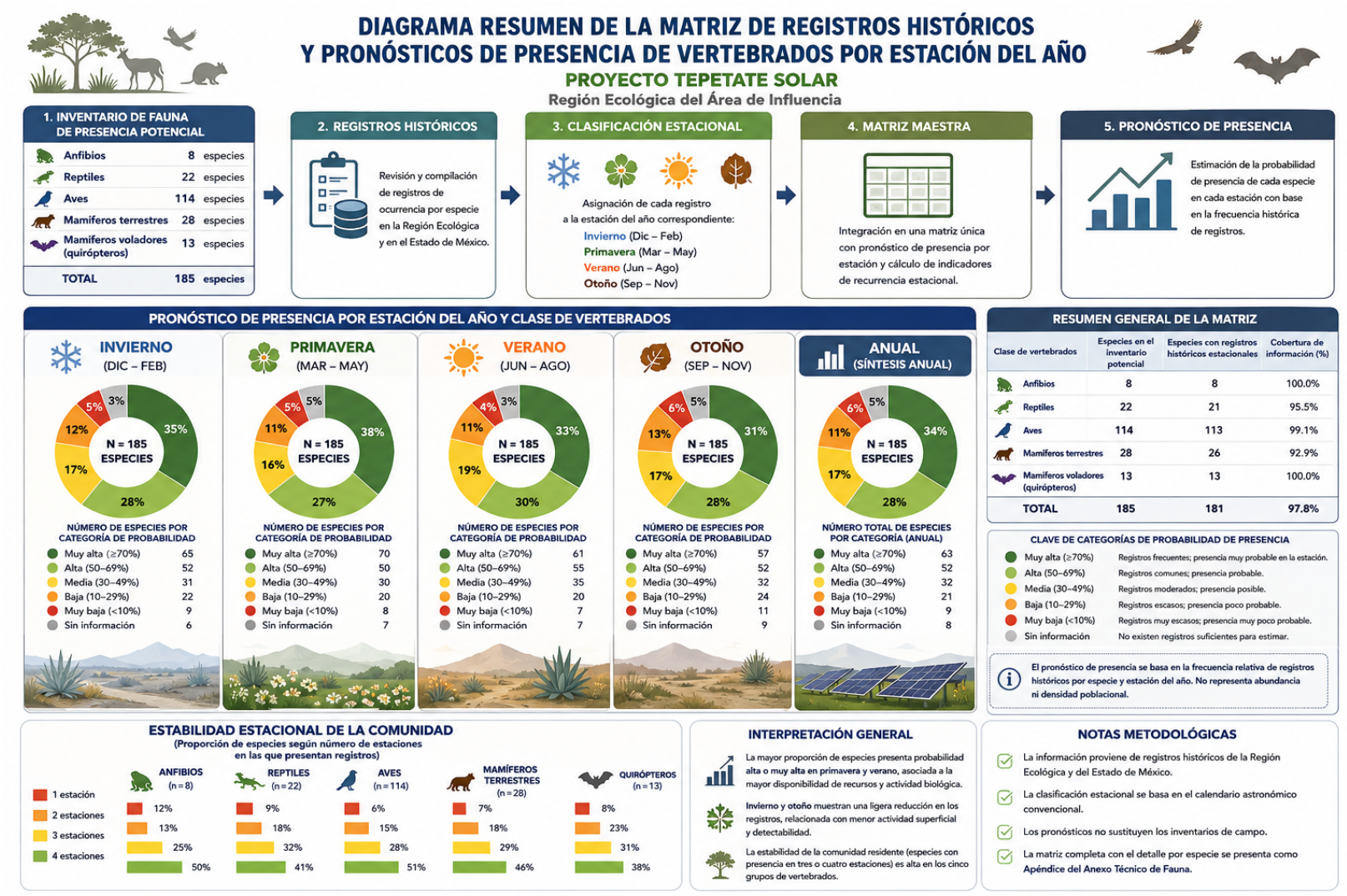


DIAGRAMA RESUMEN DE LA MATRIZ DE REGISTROS HISTÓRICOS
Y PRONÓSTICOS DE PRESENCIA DE VERTEBRADOS POR ESTACIÓN DEL AÑO
PROYECTO TEPETATE SOLAR
Región Ecológica del Área de Influencia
1. INVENTARIO DE FAUNA DE PRESENCIA POTENCIAL
Anfibios 8 especies
Reptiles 22 especies
Aves 114 especies
Mamíferos terrestres 28 especies
Mamíferos voladores (quirópteros) 13 especies
TOTAL 185 especies
2. REGISTROS HISTÓRICOS
Revisión y compilación de registros de ocurrencia por especie en la Región Ecológica y en el Estado de México.
3. CLASIFICACIÓN ESTACIONAL
Asignación de cada registro a la estación del año correspondiente:
Invierno (Dic – Feb)
Primavera (Mar – May)
Verano (Jun – Ago)
Otoño (Sep – Nov)
4. MATRIZ MAESTRA
Integración en una matriz única con pronóstico de presencia por estación y cálculo de indicadores de recurrencia estacional.
5. PRONÓSTICO DE PRESENCIA
Estimación de la probabilidad de presencia de cada especie en cada estación con base en la frecuencia histórica de registros.
PRONÓSTICO DE PRESENCIA POR ESTACIÓN DEL AÑO Y CLASE DE VERTEBRADOS
INVIERNO (DIC – FEB)
N = 185 ESPECIES
35% 28% 17% 12% 5% 3%
NÚMERO DE ESPECIES POR CATEGORÍA DE PROBABILIDAD
Muy alta (≥70%) 65
Alta (50–69%) 52
Media (30–49%) 31
Baja (10–29%) 22
Muy baja (<10%) 9
Sin información 6
PRIMAVERA (MAR – MAY)
N = 185 ESPECIES
38% 27% 16% 11% 5% 5%
NÚMERO DE ESPECIES POR CATEGORÍA DE PROBABILIDAD
Muy alta (≥70%) 70
Alta (50–69%) 50
Media (30–49%) 30
Baja (10–29%) 20
Muy baja (<10%) 8
Sin información 7
VERANO (JUN – AGO)
N = 185 ESPECIES
33% 30% 19% 11% 4% 3%
NÚMERO DE ESPECIES POR CATEGORÍA DE PROBABILIDAD
Muy alta (≥70%) 61
Alta (50–69%) 55
Media (30–49%) 35
Baja (10–29%) 20
Muy baja (<10%) 7
Sin información 7
OTOÑO (SEP – NOV)
N = 185 ESPECIES
31% 28% 17% 13% 6% 5%
NÚMERO DE ESPECIES POR CATEGORÍA DE PROBABILIDAD
Muy alta (≥70%) 57
Alta (50–69%) 52
Media (30–49%) 32
Baja (10–29%) 24
Muy baja (<10%) 11
Sin información 9
ANUAL (SÍNTESIS ANUAL)
N = 185 ESPECIES
34% 28% 17% 11% 6% 5%
NÚMERO TOTAL DE ESPECIES POR CATEGORÍA (ANUAL)
Muy alta (≥70%) 63
Alta (50–69%) 52
Media (30–49%) 32
Baja (10–29%) 21
Muy baja (<10%) 9
Sin información 8
RESUMEN GENERAL DE LA MATRIZ
Clase de vertebrados | Especies en el inventario potencial | Especies con registros históricos estacionales | Cobertura de información (%)
Anfibios 8 8 100.0%
Reptiles 22 21 95.5%
Aves 114 113 99.1%
Mamíferos terrestres 28 26 92.9%
Mamíferos voladores (quirópteros) 13 13 100.0%
TOTAL 185 181 97.8%
CLAVE DE CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD DE PRESENCIA
Muy alta (≥70%) Registros frecuentes; presencia muy probable en la estación.
Alta (50–69%) Registros comunes; presencia probable.
Media (30–49%) Registros moderados; presencia posible.
Baja (10–29%) Registros escasos; presencia poco probable.
Muy baja (<10%) Registros muy escasos; presencia muy poco probable.
Sin información No existen registros suficientes para estimar.
El pronóstico de presencia se basa en la frecuencia relativa de registros históricos por especie y estación del año. No representa abundancia ni densidad poblacional.
ESTABILIDAD ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD
(Proporción de especies según número de estaciones en las que presentan registros)
ANFIBIOS (n = 8)
REPTILES (n = 22)
AVES (n = 114)
MAMÍFEROS TERRESTRES (n = 28)
QUIRÓPTEROS (n = 13)
1 estación 12% 9% 6% 7% 8%
2 estaciones 13% 18% 15% 18% 23%
3 estaciones 25% 32% 28% 29% 31%
4 estaciones 50% 41% 51% 46% 38%
INTERPRETACIÓN GENERAL
La mayor proporción de especies presenta probabilidad alta o muy alta en primavera y verano, asociada a la mayor disponibilidad de recursos y actividad biológica.
Invierno y otoño muestran una ligera reducción en los registros, relacionada con menor actividad superficial y detectabilidad.
La estabilidad de la comunidad residente (especies con presencia en tres o cuatro estaciones) es alta en los cinco grupos de vertebrados.
NOTAS METODOLÓGICAS
La información proviene de registros históricos de la Región Ecológica y del Estado de México.
La clasificación estacional se basa en el calendario astronómico convencional.
Los pronósticos no sustituyen los inventarios de campo.
La matriz completa con el detalle por especie se presenta como Apéndice del Anexo Técnico de Fauna.

Alcances y limitaciones del pronóstico

Debe destacarse que los resultados obtenidos no constituyen una predicción cuantitativa de abundancia poblacional. Las diferencias en el número mensual de registros pueden responder simultáneamente a procesos biológicos reales y a diferencias históricas en el esfuerzo de observación. Por esta razón, no sería metodológicamente correcto afirmar, por ejemplo, que una especie será determinada cantidad de veces más abundante en febrero que en julio únicamente porque existan más registros históricos durante febrero.

Lo que sí permiten establecer los datos es una expectativa relativa de ocurrencia o detectabilidad estacional, útil para reconocer periodos potencialmente importantes y para valorar qué componentes de la fauna podrían estar subrepresentados en el levantamiento realizado durante verano.

Esta distinción es consistente con los principios modernos del análisis de distribución de especies, según los cuales la observación de fauna resulta de la combinación entre el proceso ecológico real —presencia de la especie— y el proceso de observación —probabilidad de detectarla—, por lo que ambos componentes deben diferenciarse conceptualmente (MacKenzie *et al*., 2002, *op. Cit.*); (Kéry & Royle, 2016, *op. Cit.*).

Conclusión: La realización de un segundo muestreo de fauna durante la temporada de estiaje habría requerido esperar hasta aproximadamente febrero-abril del siguiente ciclo anual, generando un intervalo mínimo cercano a seis o siete meses respecto del levantamiento efectuado en julio. Diferir por ese periodo la integración de la MIAR únicamente para disponer de una segunda campaña temporal resultaría difícilmente compatible con los tiempos requeridos para la evaluación ambiental del Proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar.

Sin embargo, esta circunstancia no fue utilizada para asumir que los resultados obtenidos en julio representan invariablemente la fauna presente durante todo el año. Por el contrario, se reconoció expresamente la variabilidad estacional como una fuente de incertidumbre y se desarrolló un procedimiento complementario basado en el análisis mensual y estacional de registros históricos correspondientes a aves, mamíferos terrestres, murciélagos, reptiles y anfibios.

Los resultados permiten prever que durante febrero-abril podría incrementarse la detectabilidad de determinadas especies —particularmente algunas aves migratorias, quirópteros y ciertos reptiles—, mientras que para otros taxones el verano o el periodo posterior a las lluvias representa una ventana igual o incluso más favorable de detección. Esta heterogeneidad confirma que ninguna campaña aislada representa íntegramente la dinámica anual de todos los grupos faunísticos.

Por ello, la combinación del muestreo directo realizado en julio, la caracterización ambiental de la Región Ecológica y el análisis retrospectivo de la distribución mensual y estacional de registros históricos proporciona una base razonable para identificar la fauna conocida y potencial del área, reconocer explícitamente la incertidumbre temporal existente y anticipar los cambios de composición y detectabilidad que podrían presentarse durante el estiaje.

Desde una perspectiva preventiva, esta información puede además utilizarse para orientar las medidas de manejo ambiental del proyecto. En particular, aquellas especies de interés ecológico o normativo cuya probabilidad histórica de registro aumente durante febrero-abril pueden incorporarse explícitamente a los programas de vigilancia, recorridos prospectivos previos a las actividades de preparación del sitio y protocolos de rescate y reubicación, evitando que la incertidumbre temporal del inventario se traduzca en una ausencia de medidas de protección.

De esta manera, el procedimiento adoptado no elimina ni oculta la limitación derivada de contar con una sola campaña de campo; la identifica, la analiza y la incorpora explícitamente a la gestión preventiva del proyecto. Este enfoque es consistente con el carácter preventivo de la evaluación de impacto ambiental y proporciona a la autoridad elementos adicionales para valorar la suficiencia de la línea base faunística y las medidas propuestas para reducir los riesgos sobre la fauna silvestre.

Con el propósito de integrar en una sola lectura la información obtenida mediante el muestreo directo de fauna realizado durante el verano y el análisis complementario de estacionalidad basado en registros históricos, se elaboró el siguiente diagrama técnico comparativo. Ambos procedimientos aportan información de naturaleza distinta y, por ello, deben considerarse complementarios y no equivalentes. El primero documenta directamente las especies detectadas, su distribución y abundancia relativa bajo las condiciones ambientales existentes durante la campaña de campo; el segundo amplía la escala temporal del diagnóstico, al identificar los periodos del ciclo anual en los que determinadas especies podrían presentar una mayor probabilidad relativa de ocurrencia o detección. Esta diferenciación es congruente con el análisis desarrollado en el presente capítulo, donde se reconoce que la detectabilidad faunística varía entre grupos taxonómicos y estaciones del año, y que ningún levantamiento aislado puede representar íntegramente la dinámica anual de las comunidades.

La utilidad de integrar ambos enfoques radica, por tanto, en reducir la incertidumbre temporal de la línea base. El muestreo físico proporciona evidencia primaria, verificable y georreferenciada de la fauna que efectivamente utiliza la REcol y el AeP durante el periodo evaluado, mientras que el pronóstico estacional permite reconocer especies potencialmente subrepresentadas durante dicha campaña y anticipar variaciones asociadas a migración, reproducción, precipitación, temperatura o cambios estacionales en la actividad. Este enfoque resulta particularmente pertinente considerando que las curvas de acumulación mostraron una completitud global elevada, aunque no exhaustiva, con valores estimados entre 85 y 93 % para el inventario general; la REcol alcanzó valores de entre 82 y 92 %, mientras que el AeP presentó mayor variabilidad, entre 61 y 88 %.

El diagrama que se presenta a continuación sintetiza esta relación metodológica, destacando qué información aporta cada procedimiento, sus principales fortalezas y limitaciones y, sobre todo, el valor de su utilización conjunta para sustentar la evaluación ambiental. Bajo esta perspectiva, el análisis histórico no pretende sustituir un segundo levantamiento de campo, sino complementar la observación

realizada en verano mediante una aproximación prospectiva al comportamiento estacional de la fauna y proporcionar elementos adicionales para orientar las medidas de prevención, vigilancia y seguimiento ambiental del Proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar.

Figura 25


ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA UTILIDAD DE LOS DOS MUESTREOS DE FAUNA
Proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar
DOS ENFOQUES COMPLEMENTARIOS PARA COMPRENDER LA DINÁMICA ANUAL DE LA FAUNA
1. MUESTREO FÍSICO EN VERANO
(Trabajo de campo realizado en julio)
ENFOQUE Y ALCANCE
• Observación directa en el área del proyecto.
• Registros obtenidos bajo condiciones ambientales reales (temporada de lluvias).
• Métodos estandarizados: transectos, puntos de conteo, trampas, etc.
FORTALEZAS
• Datos primarios, verificables y georreferenciados.
• Permite determinar uso real del sitio, abundancia relativa y comportamiento.
• Alta certeza para especies detectadas.
LIMITACIONES
• Representa solo una "fotografía" estacional (verano).
• No capta variaciones interanuales ni especies con actividad en otras temporadas.
• Menor detectabilidad para especies estacionales o con fenología diferente.
RESULTADO PRINCIPAL
Inventario de fauna observado en julio: especies presentes, abundancias relativas y distribución dentro del área del proyecto.
COMPLEMENTARIEDAD
Mide lo que SUCEDIÓ en el sitio en verano
Estima lo que PODRÍA SUCEDER en otras temporadas del ciclo anual
COMPRENSIÓN MÁS COMPLETA Y CON MENOR INCERTIDUMBRE
¿QUÉ PREGUNTAS RESPONDE CADA ENFOQUE?
Muestreo físico en verano
• ¿Qué especies están actualmente en l sitio?
• ¿Cómo usan el hábitat durante el verano?
• ¿Cuál es su abundancia relativa actual?
Modelo de pronóstico estacional
• ¿Qué especies podrían presentarse en otras temporadas?
• ¿En qué meses aumenta la probabilidad de detección?
• ¿Qué especies podrían estar subrerpresentadas en verano?
2. MUESTREO BASADO EN MODELO
(Pronóstico estacional con registros Históricos)
ENFOQUE Y ALCANCE
• Análisis de registros históricos estatales y regionales.
• Estimación mensual y estacional de la probabilidad relativa de presencia.
• Modelo basado en patrones de observación acumulada (no es una medición de abundancia).
FORTALEZAS
• Permite anticipar cambios de detectabilidad a lo largo del año.
• Identifica especies con mayor probabilidad en otras temporadas (invierno, primavera, otoño).
• Reduce la incertidumbre temporal del inventario de verano.
LIMITACIONES
• No sustituye el muestreo de campo.
• Los registros históricos pueden tener sesgos de esfuerzo y localización.
• Proporciona probabilidad relativa, no abundancia poblacional.
RESULTADO PRINCIPAL
Calendario anual de probabilidad relativa de presencia por especie o grupo, que indica en qué meses se espera mayor o menor detectabilidad.
COMPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE APORTA CADA MUESTREO
ASPECTO | MUESTREO FÍSICO EN VERANO | COMPARACIÓN | MUESTREO BASADO EN MODELO (PRONÓSTICO)
Escala espacial | Área del proyecto (observación directa) | ↑ | Regional / Estatal (patrones históricos aplicados al sitio)
Escala temporal | Un momento del año (julio) | ↔ | Ciclo anual completo (12 meses)
Tipo de información | Presencia/ausencia, abundancia relativa, comportamiento | ↔ | Probabilidad relativa de presencia por mes/temporada
Certeza / incertidumbre | Alta certeza para especies detectadas en julio | ↔ | Incertidumbre mayor, pero útil para anticipar patrones
Utilidad principal | Describir la condición actual del sitio | ↑ | Anticipar variación estacional y especies potenciales
EJEMPLO ILUSTRATIVO (Patrón estacional)
Especie hipotética
Alta
Baja
Probabilidad relativa de presencia
Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic
Muestreo físico (Julio)
Modelo estacional (pronóstico)
INTEGRACIÓN DE AMBOS ENFOQUES
El muestreo de campo en verano y el análisis estacional basado en registros históricos se integran para generar una línea base faunística más robusta, con menor sesgo temporal y mayor capacidad para la toma de decisiones.
CONCLUSIÓN GENERAL
La combinación del muestreo físico en verano y del modelo de pronóstico estacional permite reducir la incertidumbre, reconecer las limitaciones temporales del inventario y fortalecer la evaluación de impactos ambientales del proyecto.
APLICACIÓN EN LA MIA
• Identificación de especies y grupos a monitorear en otras temporadas.
• Definición de medidas preventivas y de manejo temporal.
• Diseño de programas de seguimiento y monitoreo anual.
NOTA: El pronóstico estacional se basa en registros históricos disponibles y representa una estimación de probabilidad relativa de presencia. No sustituye la necesidad de muestreos complementarios cuando sea factible realizarlos.

En términos integrales, los resultados de la caracterización faunística deben interpretarse dentro del contexto ambiental real de la Región Ecológica y del Área de establecimiento del Proyecto, y no frente a la condición hipotética de un ecosistema primario o poco intervenido. La REcol corresponde a un paisaje predominantemente productivo y fragmentado, donde la agricultura constituye el uso territorial dominante y donde la infraestructura vial —incluida la autopista Arco Norte y una extensa red de caminos secundarios y rurales—, los asentamientos humanos y otras actividades económicas han modificado progresivamente la configuración original del territorio. El propio diagnóstico de la MIAR reconoce una matriz agropecuaria dominante, parches de vegetación natural y secundaria, corredores remanentes, nodos aislados y barreras asociadas a infraestructura, cuya interacción determina actualmente la funcionalidad ecológica regional.

En consecuencia, la riqueza y composición faunística registrada tanto en la REcol como en el AeP constituyen una expresión coherente de un paisaje rural transformado, en el que persisten comunidades de vertebrados capaces de utilizar áreas agrícolas, vegetación secundaria, linderos, cauces temporales, árboles aislados y otros elementos residuales del paisaje, pero donde la continuidad y calidad de los hábitats naturales han sido reducidas. Este patrón resulta consistente con la literatura ecológica reciente, que reconoce al cambio de uso del suelo y particularmente a la expansión agrícola como importantes impulsores de la pérdida y reorganización de la biodiversidad, mientras que la fragmentación incrementa el aislamiento entre hábitats y puede reducir la conectividad ecológica (Cabernard *et al.*, 2024)[66]; (Kerr & Remmel, 2024)[67].

La presencia de infraestructura de transporte constituye otro elemento relevante en esta interpretación, ya que las carreteras y vías asociadas pueden actuar simultáneamente como barreras al desplazamiento, fuentes de mortalidad y factores de fragmentación, modificando la conectividad entre los remanentes de hábitat (Cork et al., 2024)[68]. No obstante, la persistencia de linderos vegetados, vegetación secundaria, cauces temporales, nopaleras, magueyeras y árboles aislados mantiene todavía una conectividad residual que permite el desplazamiento y refugio de diversas especies; el propio documento reconoce que, aun cuando el AeP no constituye un ecosistema natural continuo, continúa formando parte del sistema funcional regional y participa en procesos ecológicos que trascienden sus límites.

Por ello, los resultados obtenidos no describen un territorio carente de biodiversidad, pero tampoco un sistema con elevada integridad ecológica equivalente a la de un ambiente conservado. Describen, con mayor propiedad, una comunidad biológica adaptada a un mosaico territorial sometido desde tiempo atrás a presiones antrópicas acumulativas. La agricultura, el desarrollo de asentamientos, las vías de comunicación y la intensificación progresiva de las actividades económicas han reducido y fragmentado los espacios naturales, generando ecosistemas que conservan componentes y procesos ecológicos relevantes, pero cuya integridad funcional se encuentra disminuida y depende cada vez más de la permanencia de los remanentes de vegetación y de los elementos que mantienen la conectividad del paisaje.

Esta condición constituye el escenario de línea base sobre el cual deberá evaluarse el Proyecto Planta Fotovoltaica Tepetate Solar. En consecuencia, la gestión ambiental del proyecto no deberá limitarse a evitar afectaciones directas a individuos de fauna, sino orientarse también a evitar una reducción adicional de la funcionalidad residual del sistema**, co**nservando en la medida técnica y ambientalmente posible los elementos de refugio y conectividad, incorporando medidas de rescate y protección de fauna y dando seguimiento a las comunidades biológicas durante las etapas posteriores del proyecto. Desde esta perspectiva, la conservación de los componentes remanentes de conectividad adquiere especial relevancia precisamente porque se trata de un territorio cuya integridad ecosistémica ya ha sido progresivamente disminuida por procesos históricos de transformación.

Figura 26



Nota: La completitud estimada se calculó como (Riqueza observada / Riqueza estimada) × 100, usando los estimadores Chao, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap.

HÁBITATS Y RECURSOS ECOLÓGICOS

Los hábitats de la Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar están conformados por una matriz territorial predominantemente agropecuaria, dentro de la cual subsisten parcelas de agricultura de temporal, áreas de uso pecuario, vegetación secundaria, remanentes fragmentados de vegetación xerófila, linderos, caminos rurales, cauces intermitentes, bordos y pequeñas depresiones donde se concentra temporalmente la humedad. Esta configuración refleja un paisaje históricamente transformado, pero no carente de funcionalidad biológica, ya que los elementos seminaturales dispersos proporcionan recursos de alimentación, refugio, reproducción y desplazamiento para distintas especies de flora y fauna silvestres. La cartografía de uso del suelo y vegetación constituye una herramienta adecuada para reconocer esta distribución espacial y diferenciar las coberturas naturales, inducidas, agrícolas y pecuarias presentes en el territorio (INEGI, 2026)[69].

En la REcol, que comprende una superficie de 2,719.8454 ha, la disponibilidad de hábitats no depende únicamente de la extensión de las coberturas naturales, sino también de la heterogeneidad del paisaje y de la permanencia de componentes secundarios que mantienen cierta conectividad ecológica. El documento de caracterización identifica un predominio de la agricultura de temporal y, en menor proporción, de áreas pecuarias, agricultura de riego, asentamientos humanos, infraestructura y remanentes de vegetación natural y secundaria. Estos últimos se localizan principalmente en linderos, cauces, elevaciones y terrenos de menor aptitud agrícola, donde funcionan como refugios y puntos de enlace entre áreas con mayor transformación.

La importancia ecológica de estos elementos no debe minimizarse por su tamaño reducido. En paisajes agrícolas, los márgenes de parcelas, setos, franjas herbáceas, árboles aislados, vegetación de bordes y otros hábitats seminaturales pueden incrementar la riqueza y abundancia de aves, pequeños mamíferos, reptiles, polinizadores y organismos controladores de plagas. Asimismo, la heterogeneidad espacial favorece la coexistencia de especies generalistas y de especies asociadas a hábitats abiertos, aun cuando la matriz dominante haya sido modificada por actividades productivas (Zhang et al., 2026)[70]; de la (Peña-Domene *et al*., 2025)[71].

Hábitats presentes en la Región Ecológica

Dentro de la REcol pueden reconocerse, desde una perspectiva funcional, los siguientes tipos principales de hábitat:

Hábitats agropecuarios. Constituyen la matriz dominante y están representados principalmente por parcelas de agricultura de temporal, terrenos en descanso, superficies de pastoreo y áreas intervenidas de manera recurrente. Aunque presentan una estructura vegetal simplificada y una marcada variación estacional, mantienen recursos alimenticios temporales como semillas, granos, insectos, brotes y pequeños vertebrados. Por ello, pueden ser utilizados por aves granívoras e insectívoras, pequeños mamíferos, reptiles y especies oportunistas. Su valor

ecológico depende, sin embargo, de la intensidad de manejo, del uso de agroquímicos, de la permanencia de cobertura herbácea y de la proximidad de elementos seminaturales.

Vegetación secundaria y remanentes xerófilos. Estos componentes concentran una mayor diversidad estructural y florística que las parcelas agrícolas. La caracterización regional reporta especies arbóreas, arbustivas, cactáceas, agaváceas y herbáceas adaptadas a condiciones semiáridas, alta radiación y disponibilidad limitada de agua. Los remanentes de vegetación nativa y secundaria proporcionan refugio, áreas de percha, sitios de nidificación, alimento y protección térmica, además de contribuir a la estabilidad del suelo y a la continuidad de procesos ecológicos locales.

Linderos, cercas, bordes de caminos y franjas ruderales. Aunque son elementos lineales y generalmente estrechos, cumplen funciones relevantes en la movilidad de pequeños vertebrados, insectos y aves. La vegetación herbácea y arbustiva que se establece en estos espacios incrementa la diversidad de microhábitats, sirve como refugio frente a depredadores y perturbaciones, y facilita el desplazamiento entre parcelas y remanentes de vegetación. En paisajes agrícolas semiáridos, estos elementos pueden sostener una proporción importante de la biodiversidad residual.

Cauces intermitentes, bordos y depresiones temporales. Estos espacios concentran temporalmente humedad, materia orgánica e insectos, y por ello incrementan la disponibilidad local de recursos durante la temporada de lluvias. Los bordos y encharcamientos temporales pueden ser utilizados por anfibios, aves, reptiles y mamíferos como sitios de bebida, alimentación o refugio. Los cauces intermitentes, además, actúan como franjas de conectividad ecológica y como rutas naturales de desplazamiento, particularmente cuando conservan vegetación en sus márgenes.

Árboles y arbustos aislados. Dentro de una matriz agrícola abierta, los individuos leñosos aislados adquieren una importancia funcional desproporcionada respecto de su superficie. Pueden ser utilizados como sitios de descanso, vigilancia, refugio, alimentación o nidificación por aves, además de proporcionar sombra, materia orgánica y microhábitats para invertebrados y pequeños vertebrados.

Hábitats y recursos ecológicos en el municipio de Hueypoxtla

En el ámbito municipal, Hueypoxtla presenta una estructura territorial predominantemente rural, caracterizada por la alternancia de campos agrícolas, áreas de pastoreo, caminos, asentamientos dispersos y remanentes de vegetación secundaria. Esta combinación genera un mosaico ambiental donde la calidad del hábitat varía considerablemente entre sitios. Las áreas con mayor continuidad de vegetación y menor intensidad de manejo conservan una mayor capacidad para sostener especies nativas, mientras que las superficies agrícolas intensivamente utilizadas ofrecen recursos más temporales y están dominadas por especies tolerantes a la perturbación.

Los principales recursos ecológicos disponibles para la fauna municipal corresponden a semillas, frutos, néctar, follaje, artrópodos, pequeños vertebrados, agua temporal, cavidades, refugios bajo piedras y estructuras vegetales. La disponibilidad de estos recursos cambia a lo largo del año: durante la temporada de lluvias aumenta la productividad de las herbáceas, la floración, la presencia de insectos y la disponibilidad de agua; durante la temporada seca, los recursos se concentran en cactáceas, agaváceas, arbustos perennes, semillas persistentes, bordos y remanentes de vegetación con mayor cobertura.

La capacidad del municipio para mantener su biodiversidad depende, por tanto, de la permanencia de una red de elementos seminaturales distribuidos dentro de la matriz productiva. La eliminación acumulativa de linderos, matorrales, árboles aislados, cauces vegetados o bordos reduciría la heterogeneidad ambiental y provocaría una simplificación adicional del paisaje. Este tipo de intensificación agrícola se relaciona con pérdida de hábitat, aislamiento de poblaciones, deterioro del suelo y disminución de polinizadores y enemigos naturales de plagas (Ahmed *et al*., 2025)[72].

Hábitats y recursos ecológicos en el Área de Establecimiento del Proyecto

El Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) Tepetate Solar se localiza principalmente sobre terrenos agrícolas de temporal previamente transformados, con presencia limitada de caminos, linderos y vegetación secundaria. En consecuencia, no constituye un ecosistema natural continuo ni conserva una estructura de vegetación comparable con la de los remanentes xerófilos mejor conservados de la REcol. Su función ecológica actual corresponde a la de un hábitat agropecuario abierto, sometido a ciclos de siembra, desarrollo del cultivo, cosecha, barbecho y periodos de suelo parcialmente descubierto.

A pesar de esta transformación histórica, el AeP no debe considerarse biológicamente inerte. Las parcelas agrícolas proporcionan recursos estacionales para aves, pequeños mamíferos, reptiles e insectos; los linderos y franjas de vegetación secundaria ofrecen refugio y rutas de desplazamiento; y los árboles, arbustos, cactáceas o agaváceas aislados incrementan localmente la complejidad del hábitat. Durante la temporada de lluvias, la cobertura herbácea y los cultivos aumentan la producción de biomasa, semillas e insectos; en la época seca, la disponibilidad de recursos disminuye y se concentra en los elementos perennes o en estructuras que conservan humedad.

Los recursos ecológicos de mayor importancia dentro del AeP son, por tanto:

- La cobertura herbácea temporal, que aporta alimento, refugio y protección del suelo;
- Los linderos y bordes parcelarios, que funcionan como microcorredores;
- Los arbustos, cactáceas, agaváceas y árboles aislados, que proporcionan alimento, refugio y sitios de percha;
- Los suelos con grietas, piedras, madrigueras y materia orgánica, utilizados como microhábitats;

- Los escurrimientos, bordos o depresiones temporales, cuando están presentes;
- La disponibilidad estacional de semillas, artrópodos y pequeños vertebrados.

La evidencia disponible permite inferir que la calidad del hábitat dentro del AeP es baja a intermedia, debido al predominio del uso agrícola y a la simplificación estructural de la vegetación; sin embargo, algunos elementos puntuales conservan una relevancia funcional mayor que la matriz productiva que los rodea. En consecuencia, la evaluación del proyecto no debe basarse únicamente en la superficie total ocupada, sino en la identificación de los elementos que concentran recursos y funciones ecológicas.

Interacción del proyecto con los hábitats y recursos ecológicos: la influencia directa del proyecto se concentrará en el AeP, donde la preparación del sitio, el tránsito de maquinaria, la instalación de módulos, caminos, zanjas, cercado e infraestructura eléctrica pueden reducir temporalmente la disponibilidad de refugio, alimento y espacios de desplazamiento. La mayor sensibilidad se presentará durante la etapa de construcción, particularmente si se eliminan linderos, vegetación secundaria, árboles aislados, cactáceas, agaváceas o depresiones que concentran humedad.

No obstante, dado que la mayor parte del AeP corresponde a terrenos agrícolas previamente modificados, el proyecto no implica la sustitución de un ecosistema natural continuo. Su efecto sobre los hábitats dependerá principalmente de la intensidad de despalme, del mantenimiento de superficies permeables, de la conservación de elementos vegetales relevantes y del manejo de la cobertura herbácea durante la operación.

En la etapa operativa, el área podría mantener parte de su función como hábitat secundario si se conserva vegetación herbácea bajo y entre las hileras de módulos, se evita el uso indiscriminado de herbicidas, se mantienen corredores y franjas de vegetación, se controla la iluminación nocturna y se permite el desplazamiento de fauna mediante un diseño adecuado del cercado. La cobertura herbácea contribuiría, además, a conservar humedad, reducir erosión, sostener artrópodos y mantener recursos alimenticios para especies de hábitos terrestres.

Debe evitarse, sin embargo, concluir anticipadamente que la planta generará una mejora neta del hábitat. El sombreado, la modificación microclimática, el mantenimiento periódico, la presencia humana, la iluminación y el cercado podrían beneficiar a algunas especies generalistas y perjudicar a otras. Por ello, el balance ambiental dependerá de la aplicación efectiva de medidas de manejo y de su seguimiento durante la operación.

Síntesis: la REcol y el municipio de Hueypoxtla conforman un paisaje semiárido de carácter agropecuario, en el que la biodiversidad se mantiene mediante un mosaico de parcelas productivas, vegetación secundaria, remanentes xerófilos, cauces, bordos, linderos y elementos vegetales aislados. Aunque la transformación histórica ha reducido la continuidad de los hábitats naturales, los componentes seminaturales restantes conservan funciones relevantes de alimentación, refugio, reproducción y conectividad.

El AeP presenta una menor calidad ecológica que los remanentes de vegetación natural de la REcol, debido a su uso agrícola predominante; no obstante, mantiene recursos estacionales y elementos puntuales que deben ser identificados y manejados de manera diferenciada. En consecuencia, la compatibilidad del proyecto con el subsistema biótico dependerá de evitar la remoción innecesaria de vegetación, conservar linderos y cauces, rescatar los individuos vegetales que corresponda, mantener cobertura herbácea, reducir la fragmentación y preservar la permeabilidad del terreno para la fauna.

Conectividad ecológica y fragmentación.

La conectividad ecológica constituye una propiedad fundamental del paisaje que determina la capacidad de los organismos para desplazarse entre diferentes hábitats, intercambiar material genético, recolonizar áreas perturbadas y mantener procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la polinización, la búsqueda de alimento y los movimientos asociados a los ciclos de vida de las especies. Esta conectividad depende tanto de la continuidad física de la cobertura vegetal (**conectividad estructural**) como de la posibilidad real de que las distintas especies utilicen el territorio para desplazarse (**conectividad funcional**), la cual varía según sus requerimientos ecológicos y su capacidad de movilidad (Taylor et al., 1993)[73]; (Tischendorf & Fahrig, 2000)[74].

La fragmentación del paisaje representa el proceso inverso, mediante el cual un hábitat originalmente continuo se divide en fragmentos de menor tamaño, incrementando su aislamiento y reduciendo la permeabilidad del territorio para numerosas especies. No obstante, en paisajes rurales como los presentes en el norte del Estado de México, la fragmentación no implica necesariamente la pérdida total de la conectividad ecológica, ya que ésta puede mantenerse mediante elementos seminaturales como linderos, cercas vivas, árboles aislados, vegetación secundaria, cauces temporales, bordos y pequeñas agrupaciones de arbustos, cactáceas y agaváceas que funcionan como corredores o "escalones ecológicos" (*stepping stones*), facilitando el movimiento de la fauna y la continuidad de diversos procesos biológicos (Burel & Baudry, 2005)[75]; (Saura et al., 2014)[76].

Conectividad ecológica y fragmentación en la Región Ecológica: la Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar comprende un territorio cuya matriz dominante corresponde a superficies agrícolas y pecuarias, resultado de un prolongado proceso de transformación del paisaje. Esta condición ha provocado la fragmentación de la vegetación natural original, mayoritariamente constituida por matorral crasicaule; sin embargo, permanecen diversos componentes seminaturales que mantienen una conectividad funcional importante entre los distintos ambientes presentes en la región.

Los principales elementos que actualmente favorecen dicha conectividad corresponden a los cauces temporales, bordos, linderos parcelarios, vegetación secundaria, árboles aislados, nopaleras, magueyeras y pequeños remanentes de vegetación xerófila, los cuales constituyen sitios de alimentación, refugio, descanso, reproducción y desplazamiento para numerosos grupos de fauna. En consecuencia, la conectividad regional no depende de un corredor biológico único, sino de una red de elementos dispersos que, en conjunto, conservan la funcionalidad ecológica del paisaje.

Esta condición resulta particularmente importante para aves y murciélagos, cuya movilidad les permite utilizar extensas áreas agrícolas siempre que existan sitios de refugio y alimentación distribuidos dentro del territorio. En contraste, reptiles, anfibios y pequeños mamíferos presentan una mayor dependencia de la cobertura vegetal, de la presencia de piedras, madrigueras, vegetación arbustiva, cauces y depresiones temporales, por lo que son más sensibles al incremento de la fragmentación.

En términos generales, la REcol presenta una fragmentación estructural de moderada a alta, derivada del uso agropecuario del suelo, aunque conserva una conectividad funcional también moderada, sustentada principalmente por la permanencia de elementos seminaturales distribuidos en toda la región.

Conectividad ecológica y fragmentación en el municipio de Hueypoxtla: el territorio del municipio conserva una configuración territorial eminentemente rural, integrada por un mosaico de parcelas agrícolas, zonas pecuarias, asentamientos humanos, caminos rurales y remanentes de vegetación secundaria. Este patrón genera un paisaje heterogéneo donde la conectividad ecológica depende más de la distribución espacial de los elementos seminaturales que de grandes extensiones continuas de vegetación natural**.**

Los cauces intermitentes, los linderos agrícolas, la vegetación establecida en los bordes de caminos y las agrupaciones aisladas de árboles, arbustos y cactáceas constituyen la infraestructura ecológica que permite mantener la movilidad de numerosas especies. Durante la temporada de lluvias esta conectividad aumenta debido al desarrollo de la cobertura herbácea, la disponibilidad temporal de agua y el incremento de recursos alimenticios; mientras que durante la época seca los desplazamientos se concentran hacia los remanentes permanentes de vegetación y hacia los sitios donde persiste humedad superficial.

Aunque la fragmentación histórica ha reducido considerablemente la continuidad de la vegetación original, el municipio conserva una permeabilidad suficiente para mantener poblaciones de fauna adaptadas a ambientes agrícolas y semiáridos. Sin embargo, la eliminación gradual de linderos, vegetación secundaria, árboles aislados y pequeños remanentes naturales representa actualmente el principal proceso de deterioro de la conectividad ecológica municipal.

Conectividad ecológica y fragmentación en el Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) se localiza principalmente sobre terrenos agrícolas de temporal, previamente transformados por actividades agropecuarias, por lo que no constituye un núcleo de vegetación natural ni un corredor biológico regional. Desde el punto de vista ecológico, el predio forma parte de la matriz agrícola que conecta diferentes componentes del paisaje mediante superficies abiertas utilizadas por especies de hábitos generalistas**.**

En estas condiciones, la conectividad existente dentro del AeP depende principalmente de la permanencia de linderos, vegetación secundaria localizada en los límites del predio (setos), árboles aislados, cactáceas, agaváceas, cauces temporales y pequeñas depresiones que funcionan como sitios de refugio y alimentación para distintas especies.

El establecimiento de la planta fotovoltaica incrementará la fragmentación local principalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, debido a la remoción de vegetación, circulación de maquinaria y actividades propias de la obra. Sin embargo, considerando que el predio ya forma parte de una matriz agrícola previamente fragmentada, no se prevé la interrupción de un corredor biológico regional de alta relevancia.

Durante la etapa de operación, el principal elemento susceptible de afectar la conectividad corresponderá al cercado perimetral, cuya influencia dependerá de sus características de diseño. La incorporación de pasos de fauna, la conservación de vegetación en linderos y escurrimientos, el mantenimiento de cobertura herbácea entre las hileras de módulos y la preservación de individuos arbóreos, arbustivos, cactáceas y agaváceas que técnicamente sea posible conservar contribuirán a mantener la permeabilidad del paisaje y a reducir los efectos de fragmentación.

En consecuencia, se estima que la influencia del proyecto sobre la conectividad ecológica será de escala local, limitada principalmente al Área de Establecimiento del Proyecto, mientras que la conectividad funcional de la Región Ecológica continuará dependiendo de la conservación del mosaico agropecuario y de los elementos seminaturales que actualmente articulan el paisaje.

Conclusión: desde una perspectiva de ecología del paisaje, la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar corresponde a un sistema previamente fragmentado por actividades agropecuarias, cuya funcionalidad ecológica depende de una red de elementos naturales y seminaturales distribuidos dentro de una matriz agrícola. En este contexto, el proyecto no implica la fragmentación de un ecosistema continuo de alta naturalidad, sino la modificación parcial de un paisaje previamente transformado. No obstante, la conservación de linderos, vegetación secundaria, árboles aislados, cactáceas, agaváceas, cauces temporales y pasos para fauna constituye una medida indispensable para mantener la conectividad funcional del territorio y minimizar la pérdida adicional de permeabilidad ecológica.

Procesos e interacciones ecosistémicas

Los procesos e interacciones ecosistémicas comprenden el conjunto de mecanismos biológicos, físicos y ecológicos que permiten el funcionamiento de un ecosistema, manteniendo el flujo de energía, el reciclaje de la materia, la dinámica de las poblaciones y la estabilidad de las comunidades biológicas. A diferencia de la composición biológica —representada por la flora y la fauna—, estos procesos describen la forma en que los organismos interactúan entre sí y con el medio físico, permitiendo la conservación de la biodiversidad, la productividad ecológica y la resiliencia del paisaje. Entre los procesos más relevantes en ecosistemas terrestres semiáridos se encuentran la producción primaria, la polinización, la dispersión de semillas, las relaciones tróficas, el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, la regeneración de la vegetación y la sucesión ecológica (Odum & Barrett, 2005)[77]; (Chapin et al., 2011)[78].

En paisajes con predominio agropecuario, estos procesos no desaparecen como consecuencia de la transformación del territorio, sino que modifican su intensidad, distribución espacial y grado de dependencia respecto de los remanentes de vegetación natural y de los elementos seminaturales que permanecen dentro de la matriz agrícola. En consecuencia, la evaluación ambiental debe centrarse no sólo en identificar las especies presentes, sino también en determinar si las condiciones actuales permiten que dichos procesos continúen desarrollándose con un nivel funcional suficiente para mantener la estabilidad ecológica del territorio (MEA, 2005)[79].

Procesos e interacciones ecosistémicas en la Región Ecológica: la Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar constituye un paisaje semiárido cuya dinámica ecológica está determinada por una marcada estacionalidad climática, caracterizada por una temporada de lluvias relativamente corta y un periodo seco prolongado. Esta condición regula la productividad primaria, la disponibilidad de agua, la fenología de la vegetación, la abundancia de insectos, la actividad reproductiva de numerosas especies y la intensidad de las interacciones biológicas.

La producción primaria constituye el proceso ecológico que sustenta el funcionamiento de todo el ecosistema. La vegetación transforma la energía solar en biomasa mediante la fotosíntesis, proporcionando alimento y hábitat para herbívoros, insectos, aves, reptiles y mamíferos. En la REcol este proceso alcanza su máxima intensidad durante la temporada de lluvias, cuando la cobertura

herbácea aumenta considerablemente y se incrementa la disponibilidad de recursos alimenticios para la fauna. Durante la época seca, la productividad disminuye, permaneciendo activa principalmente en especies perennes adaptadas a condiciones de baja disponibilidad hídrica, como arbustos, cactáceas y agaváceas (Nobel, 2002)[80].

La polinización representa otro proceso ecológico esencial para la reproducción de numerosas especies vegetales presentes en la región. Diversos insectos, aves y murciélagos participan en el transporte de polen entre flores, favoreciendo la producción de semillas y la regeneración de las comunidades vegetales. En ecosistemas semiáridos, donde muchas especies presentan floraciones concentradas en periodos relativamente cortos, la conservación de polinizadores resulta determinante para mantener la diversidad vegetal y la estabilidad del ecosistema (Ollerton, Winfree, & Tarrant, 2011)[81].

La **dispersión de semillas** constituye un mecanismo fundamental para la regeneración natural y el mantenimiento de la diversidad genética. En la REcol este proceso ocurre mediante diferentes mecanismos: dispersión por viento, agua, gravedad y fauna. Las aves, pequeños mamíferos y algunos reptiles contribuyen al transporte de semillas entre distintos fragmentos del paisaje, favoreciendo la recolonización de áreas perturbadas y la permanencia de las poblaciones vegetales.

Las **interacciones tróficas** mantienen el equilibrio entre las poblaciones de organismos. Los productores primarios sostienen comunidades de herbívoros, mientras que éstos constituyen alimento para depredadores de diferentes niveles. Paralelamente, numerosos insectos participan en la descomposición de materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes, permitiendo que los elementos minerales sean reincorporados nuevamente al suelo y aprovechados por la vegetación. Estas relaciones forman redes tróficas complejas cuya estabilidad depende de la permanencia simultánea de diversos grupos funcionales y no únicamente de especies individuales (Odum & Barrett, 2005, *op. Cit.*).

La **regeneración natural** constituye otro proceso relevante dentro de la REcol. La persistencia de bancos de semillas en el suelo, el rebrote de especies perennes y la dispersión natural permiten la recuperación parcial de la vegetación después de perturbaciones agrícolas o climáticas. Esta capacidad resulta particularmente importante en ambientes semiáridos, donde la vegetación ha evolucionado bajo condiciones recurrentes de sequía y disturbios naturales.

Procesos e interacciones ecosistémicas en el municipio de Hueypoxtla: A escala municipal, los procesos ecosistémicos conservan características similares a las observadas en la REcol, aunque se encuentran condicionados por una mayor influencia de las actividades agropecuarias y por la heterogeneidad del uso del suelo. La agricultura de temporal domina la dinámica ecológica anual, generando pulsos de productividad asociados al ciclo agrícola que modifican temporalmente la disponibilidad de alimento, refugio y sitios reproductivos para numerosas especies.

Durante la temporada de lluvias aumenta significativamente la biomasa vegetal, la abundancia de insectos y la actividad reproductiva de aves, reptiles y pequeños

mamíferos. En contraste, durante la época seca disminuye la productividad primaria y gran parte de las interacciones ecológicas se concentran en remanentes de vegetación secundaria, árboles aislados, bordos, cauces temporales y otros elementos capaces de conservar humedad y recursos alimenticios.

La polinización y la dispersión de semillas mantienen una importancia particular dentro del municipio debido a la coexistencia de vegetación silvestre y sistemas agrícolas. Diversos polinizadores utilizan simultáneamente especies nativas y cultivos agrícolas, mientras que aves y mamíferos dispersan semillas entre remanentes naturales y superficies perturbadas, favoreciendo la conectividad ecológica y la regeneración vegetal. De manera paralela, numerosos depredadores naturales contribuyen al control biológico de insectos y pequeños vertebrados, constituyendo un proceso regulador que disminuye la necesidad de controles artificiales y favorece el equilibrio ecológico del paisaje (MEA, 2005, *op. Cit.*).

En consecuencia, los procesos ecosistémicos del municipio dependen en gran medida de la permanencia de una matriz territorial heterogénea que conserve elementos seminaturales suficientes para mantener las interacciones entre flora, fauna y ambiente físico.

Procesos e interacciones ecosistémicas en el Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) corresponde principalmente a terrenos agrícolas previamente transformados, donde los procesos ecosistémicos están estrechamente asociados al manejo agropecuario y a la dinámica estacional de los cultivos. Aunque la productividad primaria depende en gran medida de las especies cultivadas y de la vegetación herbácea temporal, el área continúa participando en procesos ecológicos relevantes para el funcionamiento del paisaje.

La producción de biomasa durante la temporada de lluvias proporciona alimento para insectos, aves y pequeños mamíferos; la vegetación presente en linderos y bordes parcelarios mantiene recursos florales utilizados por polinizadores; los remanentes de arbustos, cactáceas y agaváceas constituyen sitios de alimentación y refugio para diversas especies; y la fauna que utiliza el predio participa en la dispersión de semillas y en el control natural de poblaciones de insectos y pequeños vertebrados.

Las interacciones tróficas dentro del AeP presentan una complejidad menor que la observada en ecosistemas naturales debido al predominio agrícola; sin embargo, mantienen un funcionamiento ecológico suficiente para sostener poblaciones de especies generalistas adaptadas a ambientes rurales. La mayor parte de estas interacciones se desarrolla en los linderos, franjas con vegetación secundaria, árboles aislados y pequeñas estructuras vegetales presentes dentro y alrededor del predio.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto se prevé una reducción temporal de la producción primaria, de la disponibilidad de refugios y de la intensidad de algunas interacciones ecológicas, como consecuencia de la remoción de vegetación y del incremento de la actividad humana. Sin embargo, dado que el área ya presenta un grado importante de transformación antrópica,

estos efectos se concentrarán principalmente en procesos de escala local y no modificarán significativamente el funcionamiento ecosistémico de la REcol.

En la etapa de operación, la conservación de cobertura herbácea entre las hileras de módulos fotovoltaicos, el mantenimiento de linderos y vegetación secundaria, la protección de individuos vegetales de importancia ecológica, el control de la iluminación nocturna y la implementación de programas de rescate de flora y fauna contribuirán a mantener procesos como la polinización, la dispersión de semillas, la producción primaria y las interacciones tróficas dentro del predio. Estas medidas permitirán conservar la participación funcional del AeP dentro de la dinámica ecológica regional, aun cuando su estructura física sea modificada por la infraestructura fotovoltaica.

.**Integridad ecológica y estado de conservación**

La integridad ecológica representa el grado en que un ecosistema conserva su composición biológica, su estructura física y la funcionalidad de los procesos ecológicos que le son característicos bajo las condiciones ambientales propias de la región. Un ecosistema con alta integridad ecológica mantiene poblaciones viables de especies nativas, comunidades vegetales relativamente completas, procesos ecológicos funcionales y una capacidad suficiente para recuperarse frente a perturbaciones naturales o antrópicas. En contraste, la degradación progresiva del hábitat, la fragmentación, el cambio de uso del suelo y la sustitución de la vegetación natural reducen dicha integridad al modificar simultáneamente la composición, la estructura y el funcionamiento del sistema ecológico (Parrish, Braun & Unnasch, 2003)[82]; (CBD, 2021)[83].

La integridad funcional constituye la expresión operativa de este concepto y se refiere específicamente a la capacidad del ecosistema para mantener activos los procesos ecológicos que sustentan su estabilidad, tales como la producción primaria, la regeneración natural, la polinización, la dispersión de semillas, las relaciones tróficas, el reciclaje de nutrientes, la infiltración del agua, el mantenimiento del suelo y el intercambio biológico entre poblaciones. En consecuencia, un ecosistema puede conservar parcialmente algunos elementos estructurales de la vegetación y, sin embargo, presentar una integridad funcional reducida cuando dichos procesos han sido alterados por actividades humanas.

Integridad ecológica de la Región Ecológica: la Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar corresponde originalmente al ámbito de distribución del matorral crasicaule, comunidad vegetal característica de las zonas semiáridas del Altiplano Central mexicano, integrada principalmente por cactáceas columnares y globosas, agaváceas, arbustos xerófilos y especies herbáceas adaptadas a condiciones de baja disponibilidad hídrica. Este ecosistema evolucionó bajo un régimen natural de sequías recurrentes, elevada radiación solar y precipitaciones estacionales, desarrollando mecanismos fisiológicos y ecológicos que le permiten mantener procesos funcionales aún bajo condiciones ambientales limitantes (Rzedowski, 2006)[84]; (Challenger & Soberón, 2008)[85].

Sin embargo, el estado actual de la REcol refleja un prolongado proceso histórico de transformación derivado principalmente del establecimiento de agricultura de temporal, actividades pecuarias, apertura de caminos, crecimiento de asentamientos humanos y aprovechamiento de la vegetación. Como consecuencia, la cobertura original del matorral crasicaule ha sido sustituida en una parte importante del territorio por parcelas agrícolas y otras coberturas antropizadas, permaneciendo únicamente remanentes de vegetación natural y secundaria distribuidos de manera discontinua dentro del paisaje.

Desde el punto de vista estructural, esta transformación ha reducido la continuidad espacial del ecosistema y ha incrementado su fragmentación. No obstante, la caracterización ambiental realizada demuestra que aún persisten numerosos elementos propios del matorral crasicaule, incluyendo especies arbóreas, arbustivas, cactáceas y agaváceas características de esta comunidad vegetal, así como una diversidad importante de fauna asociada a ambientes semiáridos. Ello indica que la REcol conserva todavía una proporción significativa de su identidad ecológica original.

La situación resulta más evidente cuando se analiza la funcionalidad del ecosistema. A pesar de la modificación estructural del paisaje, continúan desarrollándose procesos ecológicos esenciales como la producción primaria estacional, la polinización, la dispersión de semillas, la regeneración de especies perennes, las relaciones depredador-presa, el reciclaje de nutrientes y la movilidad de la fauna entre los diferentes componentes del territorio. La permanencia de linderos, vegetación secundaria, cauces temporales, bordos, árboles aislados, nopaleras, magueyeras y otros elementos seminaturales permite mantener una conectividad funcional suficiente para sostener estos procesos ecológicos.

En consecuencia, la REcol no puede considerarse un ecosistema íntegro en términos de su estructura original, ya que la transformación agropecuaria ha modificado profundamente la cobertura vegetal natural. Sin embargo, tampoco corresponde a un ecosistema funcionalmente colapsado, puesto que conserva procesos ecológicos activos, poblaciones silvestres representativas y capacidad de regeneración. Por ello, técnicamente puede caracterizarse como un ecosistema con integridad ecológica intermedia, donde la estructura presenta un grado moderado de alteración, mientras que la funcionalidad ecológica permanece parcialmente conservada.

Estado de conservación del municipio de Hueypoxtla: El municipio de Hueypoxtla presenta condiciones similares a las observadas en la REcol. La expansión histórica de las actividades agropecuarias ha reducido la superficie ocupada por comunidades naturales continuas, generando un paisaje fragmentado dominado por parcelas agrícolas y áreas de pastoreo. No obstante, la permanencia de remanentes de vegetación secundaria, cauces temporales, árboles aislados y otros componentes seminaturales mantiene procesos ecológicos suficientes para sostener poblaciones de flora y fauna propias de ambientes semiáridos.

En este contexto, el estado de conservación municipal puede calificarse como moderadamente transformado, donde la mayor parte de la pérdida de integridad

estructural ocurrió previamente al desarrollo del proyecto, mientras que la funcionalidad ecológica depende actualmente de la conservación de pequeños remanentes distribuidos dentro de la matriz agrícola.

Integridad ecológica del Área de Establecimiento del Proyecto: la condición ecológica del Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) difiere de la observada a escala regional. El predio se localiza principalmente sobre terrenos agrícolas de temporal que han sido objeto de manejo agropecuario durante un periodo prolongado, lo que ha modificado profundamente la estructura original del matorral crasicaule.

En consecuencia, el AeP ya no conserva la composición ni la estructura propias de un matorral crasicaule bien conservado. La vegetación natural ha sido sustituida casi en su totalidad por superficies agrícolas, permaneciendo únicamente elementos aislados de vegetación secundaria, linderos, árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas dispersos dentro y en los límites del predio.

No obstante, esta condición no implica la desaparición absoluta de la funcionalidad ecológica. El área continúa participando en procesos regionales como la producción primaria estacional, el desplazamiento de fauna, la dispersión de semillas, la actividad de polinizadores, el reciclaje de materia orgánica y diversas interacciones tróficas propias de los ambientes agrícolas. La matriz agropecuaria mantiene una permeabilidad suficiente para especies generalistas y para aquellas adaptadas a ecosistemas abiertos.

Desde esta perspectiva, el AeP presenta una integridad estructural baja, debido a la pérdida histórica de la cobertura natural del matorral crasicaule; sin embargo, conserva una integridad funcional parcial, sustentada principalmente por los elementos seminaturales que permanecen en el predio y por su integración ecológica con el paisaje circundante.

Esta diferenciación resulta particularmente importante para la evaluación ambiental del proyecto. La principal afectación potencial no recaerá sobre un ecosistema natural continuo con alta integridad ecológica, sino sobre una superficie previamente transformada cuya funcionalidad depende de un conjunto limitado de elementos naturales residuales. Por ello, la conservación de linderos, vegetación secundaria, árboles aislados, cactáceas, agaváceas, cauces temporales y cobertura herbácea adquiere una relevancia estratégica para mantener la integridad funcional residual del área durante la operación de la planta fotovoltaica.

Evaluación integrada: el análisis conjunto de la composición biológica, la estructura del paisaje, la conectividad ecológica, los procesos ecosistémicos y el estado de conservación permite concluir que la Región Ecológica conserva una integridad ecológica intermedia, propia de un paisaje semiárido ampliamente transformado por actividades agropecuarias, pero que aún mantiene procesos ecológicos funcionales y una biodiversidad representativa del matorral crasicaule.

En contraste, el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una integridad ecológica baja a intermedia, debido a que la pérdida de la estructura original del matorral ocurrió con anterioridad al proyecto. Sin embargo, conserva una integridad

funcional parcial, sustentada por la permanencia de procesos ecológicos y de elementos seminaturales que continúan contribuyendo al funcionamiento del paisaje regional.

Desde el punto de vista de la evaluación de impacto ambiental, esta condición inicial constituye la línea base sobre la cual deberán valorarse los impactos del proyecto y diseñarse las medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento ambiental orientadas a conservar la funcionalidad ecológica residual del ecosistema.

Resiliencia y capacidad de recuperación: en ecología moderna se reconoce que la resiliencia no es sinónimo de capacidad de recuperación, aunque ambos conceptos están estrechamente relacionados.

- Resiliencia ecológica: capacidad del ecosistema para absorber perturbaciones y mantener su estructura, funciones e identidad ecológica (Holling, 1973)[86].
- Capacidad de recuperación (*recoverability***)**: rapidez y posibilidad con la que el ecosistema retorna a un estado funcional después de una perturbación (SER, 2019)[87].

La resiliencia ecológica representa la capacidad de un ecosistema para absorber perturbaciones naturales o antrópicas, reorganizarse y mantener sus principales características estructurales y funcionales sin cambiar de manera permanente hacia un estado ecológico diferente. Este concepto incorpora la resistencia del sistema frente a las perturbaciones, la permanencia de los procesos ecológicos esenciales y la posibilidad de mantener la biodiversidad y las funciones ecosistémicas aun cuando ocurran modificaciones temporales de algunos de sus componentes. Complementariamente, la capacidad de recuperación se refiere a la aptitud del ecosistema para restablecer gradualmente su estructura y funcionamiento después de que la perturbación ha cesado, dependiendo de la disponibilidad de propágulos, la regeneración natural, la conectividad ecológica, la calidad del suelo y la permanencia de procesos ecológicos activos (Holling, 1973, *op. Cit.*); (Society for Ecological Restoration, SER, 2019, *op. Cit.*).

En ecosistemas semiáridos, como el matorral crasicaule característico del norte del Estado de México, la resiliencia constituye una propiedad particularmente relevante debido a que estas comunidades vegetales han evolucionado bajo condiciones ambientales marcadas por sequías prolongadas, alta radiación solar, variaciones térmicas importantes y una elevada variabilidad interanual de las precipitaciones. Como consecuencia, numerosas especies presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten soportar perturbaciones naturales recurrentes y reiniciar su crecimiento cuando las condiciones ambientales vuelven a ser favorables (Nobel, 2002, *op. Cit.*; Rzedowski, 2006, *op. Cit.*).

Resiliencia y capacidad de recuperación en la Región Ecológica: la Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar presenta una resiliencia condicionada tanto por las características propias del matorral crasicaule como por el prolongado proceso de transformación agropecuaria que ha experimentado el territorio. La sustitución histórica de amplias superficies de vegetación natural por agricultura de temporal y áreas pecuarias ha reducido la integridad estructural del ecosistema; sin embargo, diversos procesos ecológicos permanecen activos y permiten conservar una capacidad importante de reorganización ecológica.

La vegetación perenne característica del matorral crasicaule posee mecanismos de rebrote, elevada longevidad y estrategias fisiológicas que favorecen su permanencia frente a condiciones ambientales adversas. De manera complementaria, numerosas especies herbáceas mantienen bancos persistentes de semillas en el suelo, cuya germinación ocurre al inicio de la temporada de lluvias, favoreciendo la recuperación anual de la cobertura vegetal. Estos mecanismos permiten que la productividad primaria y parte de la estructura del ecosistema se restablezcan de forma natural después de perturbaciones estacionales o de intensidad moderada (Baskin & Baskin, 2014)[88].

La resiliencia regional también depende de la permanencia de procesos como la polinización, la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes, la regeneración natural y la conectividad funcional entre remanentes de vegetación. La existencia de linderos, cauces temporales, vegetación secundaria, árboles aislados, nopaleras y magueyeras facilita la recolonización de áreas perturbadas y mantiene fuentes de propágulos para la recuperación de la vegetación.

No obstante, esta capacidad presenta límites ecológicos claramente identificables. La eliminación continua de remanentes de vegetación natural, la intensificación agrícola, la erosión del suelo, la pérdida de conectividad y la simplificación del paisaje reducen progresivamente la resiliencia del ecosistema. Cuando estos procesos superan determinados umbrales, la recuperación natural puede volverse lenta, incompleta o incluso inviable sin la aplicación de medidas activas de restauración ecológica (Chapin *et al*., 2011)[89].

En consecuencia, la REcol puede caracterizarse como un ecosistema con resiliencia ecológica moderada, capaz de mantener su funcionamiento frente a perturbaciones localizadas, pero cuya capacidad de recuperación disminuye conforme aumenta la pérdida acumulativa de vegetación natural y de elementos seminaturales.

Resiliencia y capacidad de recuperación en el municipio de Hueypoxtla: en el territorio del municipio la resiliencia ecológica está estrechamente relacionada con la heterogeneidad del paisaje agropecuario. Aunque la mayor parte del territorio presenta usos agrícolas y pecuarios consolidados, la permanencia de vegetación secundaria, árboles aislados, cauces temporales, linderos y pequeños remanentes de matorral permite conservar procesos ecológicos que favorecen la recuperación natural del sistema.

La estacionalidad climática constituye el principal factor que regula esta capacidad de recuperación. Durante la temporada de lluvias aumenta rápidamente la cobertura herbácea, se incrementa la actividad biológica de insectos y polinizadores, se restablecen parcialmente las cadenas tróficas y se favorece el establecimiento de plántulas procedentes del banco de semillas. Esta respuesta periódica demuestra que el paisaje conserva mecanismos funcionales suficientes para reorganizar parte de su estructura biológica después de la época seca.

Sin embargo, la resiliencia municipal se encuentra condicionada por la disponibilidad de hábitats remanentes y por la conservación de la calidad del suelo. La pérdida continua de vegetación natural, la compactación del suelo, el uso intensivo de agroquímicos y la eliminación de linderos reducen gradualmente la capacidad del territorio para recuperar sus funciones ecológicas, particularmente aquellas relacionadas con la biodiversidad y la conectividad.

Resiliencia y capacidad de recuperación del Área de Establecimiento del Proyecto: el AeP presenta condiciones distintas a las observadas en la REcol debido a que corresponde a terrenos agrícolas de temporal previamente transformados. En consecuencia, su resiliencia estructural es relativamente limitada, ya que la vegetación original del matorral crasicaule fue sustituida desde hace décadas por cultivos agrícolas.

No obstante, el predio conserva una capacidad de recuperación funcional sustentada por la regeneración anual de la cobertura herbácea, la permanencia de vegetación secundaria en algunos linderos, la existencia de árboles, arbustos, cactáceas y agaváceas aislados, así como por la conectividad que mantiene con el paisaje circundante. Estos elementos continúan proporcionando propágulos, refugios y recursos ecológicos que favorecen la recolonización de organismos después de perturbaciones de escala local.

Durante la etapa de construcción del proyecto se producirá una disminución temporal de la cobertura vegetal y de algunas funciones ecológicas locales; sin embargo, considerando que el sitio corresponde a un ecosistema previamente transformado, la mayor parte de los procesos ecológicos regionales permanecerán operando fuera del área directamente intervenida.

La recuperación funcional del AeP dependerá en gran medida de las medidas de manejo ambiental que acompañen la operación del proyecto. La conservación de linderos y vegetación secundaria, el mantenimiento de cobertura herbácea entre las estructuras fotovoltaicas, el rescate y reubicación de individuos de flora silvestre, la protección del suelo frente a procesos erosivos y el control de especies invasoras incrementarán la capacidad del predio para mantener procesos ecológicos y favorecer su reorganización a largo plazo.

En estas condiciones, el Área de Establecimiento del Proyecto puede caracterizarse como un sistema con resiliencia moderada a baja desde el punto de vista estructural**,** pero con una capacidad de recuperación funcional moderada**,** debido a que continúa integrado al funcionamiento ecológico de la Región Ecológica y conserva elementos que facilitan la regeneración de diversos procesos biológicos.

Evaluación integrada: el análisis conjunto permite concluir que el ecosistema del matorral crasicaule presente en la Región Ecológica conserva una resiliencia ecológica intermedia**,** sustentada principalmente en las adaptaciones propias de las especies xerófitas, la permanencia de procesos ecológicos activos y la existencia de una red de elementos seminaturales que mantienen la conectividad y favorecen la regeneración natural.

Por el contrario, el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una resiliencia estructural reducida**,** como consecuencia de la transformación histórica del uso del suelo; sin embargo, mantiene una capacidad de recuperación funcional significativa, derivada de su integración con el paisaje circundante y de la permanencia de mecanismos naturales de regeneración. En consecuencia, la aplicación de medidas de conservación, restauración y manejo ambiental permitirá preservar la funcionalidad ecológica residual del predio y favorecer su recuperación durante la operación de la planta fotovoltaica, minimizando el riesgo de una degradación adicional del ecosistema regional.

Capacidad de soporte ecológico: la capacidad de soporte ecológico puede entenderse como la aptitud de un territorio para mantener, de manera persistente, la biodiversidad, los hábitats, los procesos ecológicos y las funciones ecosistémicas que le son propios, sin que las presiones naturales o antrópicas ocasionen una degradación progresiva o la pérdida irreversible de su funcionalidad. Este concepto integra la disponibilidad de recursos, la calidad y continuidad de los hábitats, la productividad biológica, la conservación del suelo y del agua, la conectividad del paisaje y la capacidad del sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse posteriormente.

En el contexto de la evaluación de impacto ambiental, la capacidad de soporte ecológico no debe confundirse con la capacidad de carga poblacional, entendida como el número máximo de individuos de una especie que un ambiente puede sostener. Su alcance es más amplio, pues se refiere a la capacidad integral del ecosistema para mantener comunidades biológicas, interacciones ecológicas y procesos funcionales dentro de límites compatibles con su conservación. Por ello, no representa un valor fijo o inmutable, sino una propiedad dinámica que varía según las condiciones climáticas, la disponibilidad estacional de recursos, el estado de conservación, la intensidad de las perturbaciones y la conectividad con otros ambientes (Odum & Barrett, 2005, *op. Cit.*); (Chapin et al., 2011, *op. Cit.*).

En los ecosistemas semiáridos, la capacidad de soporte está determinada en gran medida por la disponibilidad limitada y estacional del agua, la productividad primaria asociada al periodo de lluvias, la estabilidad del suelo y la presencia de vegetación perenne capaz de ofrecer refugio y alimento durante la temporada seca. En el matorral crasicaule, las cactáceas, agaves, arbustos xerófilos y demás especies perennes cumplen una función relevante al mantener recursos ecológicos aun en condiciones de baja precipitación, mientras que el estrato herbáceo incrementa temporalmente la productividad y disponibilidad de alimento durante la época húmeda (Rzedowski, 2006, *op. Cot*); (Nobel, 2002, *op. Cit.*).

Capacidad de soporte ecológico de la Región Ecológica: la REcol del proyecto Tepetate Solar presenta una capacidad de soporte condicionada por la transformación histórica del matorral crasicaule y por el predominio actual de una matriz agrícola. La sustitución de extensas superficies de vegetación natural por terrenos de cultivo, pastizales inducidos, caminos y asentamientos ha reducido la continuidad de los hábitats y la disponibilidad permanente de recursos característicos del ecosistema original.

No obstante, la REcol conserva remanentes de vegetación natural y secundaria, linderos, cauces temporales, nopaleras, magueyeras, árboles aislados y áreas con cobertura herbácea estacional. Estos elementos incrementan la heterogeneidad del paisaje y proporcionan alimento, refugio, sitios de reproducción, sustratos para el establecimiento vegetal y rutas para el desplazamiento de la fauna. Su presencia permite que el territorio mantenga comunidades de plantas y vertebrados asociadas tanto al matorral crasicaule como a los ambientes agrícolas y secundarios.

La disponibilidad de recursos presenta una marcada variación estacional. Durante la temporada de lluvias aumenta la cobertura herbácea, la producción de semillas, la actividad de insectos y la disponibilidad temporal de agua, lo que incrementa la capacidad del paisaje para sostener fauna y procesos ecológicos. Durante la estación seca, dicha capacidad disminuye y depende principalmente de la vegetación perenne, de la materia orgánica acumulada, de los refugios disponibles y de los recursos concentrados en cauces, linderos y remanentes de vegetación.

La matriz agrícola también aporta recursos temporales, principalmente semillas, biomasa vegetal e insectos; sin embargo, su capacidad para mantener biodiversidad es menor que la de un matorral crasicaule bien conservado, debido a la simplificación estructural, la homogeneidad de los cultivos y la discontinuidad temporal derivada de las labores agrícolas. Las parcelas productivas pueden funcionar como áreas de alimentación o tránsito para especies generalistas, pero resultan insuficientes para sostener por sí solas especies con requerimientos especializados de refugio, reproducción o alimentación.

En este contexto, la REcol presenta una capacidad de soporte ecológico intermedia**.** Aunque la transformación del uso del suelo ha reducido la calidad y extensión de los hábitats originales, la permanencia de elementos seminaturales, la conectividad funcional y la diversidad de coberturas permiten conservar recursos y procesos suficientes para mantener una comunidad biológica representativa de los ambientes semiáridos regionales. Esta capacidad, sin embargo, es vulnerable a la eliminación acumulativa de remanentes, linderos, cauces y vegetación aislada.

Capacidad de soporte ecológico en el municipio de Hueypoxtla**:** en el municipio de Hueypoxtla, la capacidad de soporte ecológico se encuentra estrechamente relacionada con la configuración del paisaje agropecuario. La agricultura de temporal constituye uno de los usos dominantes y genera una oferta de recursos altamente estacional, determinada por el ciclo de cultivo y por el régimen de lluvias.

Los ambientes agrícolas sostienen principalmente especies generalistas, oportunistas y tolerantes a la presencia humana. La capacidad municipal para

mantener una biodiversidad más amplia depende de los remanentes de matorral crasicaule, la vegetación secundaria, los linderos, las barrancas, los escurrimientos temporales, las nopaleras, las magueyeras y otros componentes que aumentan la complejidad del paisaje. Estos elementos funcionan como reservorios de biodiversidad y como áreas complementarias de refugio, alimentación y desplazamiento.

La capacidad de soporte municipal puede reducirse por la eliminación de vegetación secundaria, la intensificación agrícola, el uso indiscriminado de agroquímicos, la compactación y erosión del suelo, la pérdida de cauces temporales y la fragmentación progresiva del hábitat. Tales presiones no necesariamente producen una pérdida inmediata de todas las especies, pero disminuyen la disponibilidad y diversidad de recursos, simplifican las comunidades biológicas y reducen la estabilidad funcional del territorio.

Por ello, el municipio puede caracterizarse como un sistema con capacidad de soporte ecológico moderada, variable entre localidades y dependiente de la permanencia de los elementos naturales y seminaturales insertos en la matriz agropecuaria.

Capacidad de soporte ecológico del Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto corresponde predominantemente a terrenos agrícolas de temporal previamente transformados, por lo que su capacidad de soporte actual difiere de la que tendría un matorral crasicaule conservado. La sustitución histórica de la vegetación natural redujo la diversidad estructural del hábitat, la disponibilidad permanente de refugios y la presencia de recursos especializados para la fauna.

La mayor parte de los recursos disponibles dentro del AeP presenta un carácter temporal. Durante el ciclo agrícola y la época de lluvias se incrementan la biomasa vegetal, la producción de semillas, la presencia de artrópodos y la cobertura herbácea. Estos recursos pueden ser aprovechados por aves granívoras e insectívoras, pequeños mamíferos, reptiles y otros organismos adaptados a espacios abiertos. Después de la cosecha y durante la temporada seca, la oferta disminuye y se concentra en los linderos, la vegetación secundaria, los árboles y arbustos aislados, las cactáceas, los agaves y los refugios asociados al suelo.

En consecuencia, el AeP conserva capacidad para sostener principalmente especies generalistas, móviles y tolerantes a la modificación del hábitat. Su aptitud para mantener especies especialistas o dependientes de una cobertura continua de matorral es limitada, debido a la simplificación previa de la vegetación y a la ausencia de una comunidad natural continua.

No obstante, los elementos naturales residuales presentes en el área poseen una importancia ecológica mayor que la que podría inferirse únicamente de su superficie. Los árboles aislados pueden servir como sitios de percha, alimentación y descanso; las cactáceas y los agaves proporcionan flores, frutos y refugios; los linderos concentran vegetación y fauna; y la cobertura herbácea contribuye a proteger el suelo, producir biomasa y sostener comunidades de invertebrados. La

eliminación conjunta de estos componentes podría disminuir de manera desproporcionada la capacidad funcional del predio.

Por estas razones, el AeP puede caracterizarse como un espacio con capacidad de soporte ecológico baja a intermedia**,** inferior a la de los remanentes de matorral crasicaule, pero suficiente para mantener procesos ecológicos locales y proporcionar recursos complementarios a distintas especies de fauna. Su valor no radica en conservar un ecosistema natural íntegro, sino en formar parte de una matriz territorial funcionalmente permeable y en contener elementos residuales que contribuyen al soporte de la biodiversidad regional.

Relación con el establecimiento y operación del proyecto: durante la preparación del sitio y la construcción de la planta fotovoltaica se producirá una reducción temporal de la capacidad de soporte del AeP, principalmente por la remoción de cobertura herbácea, la alteración del suelo, el desplazamiento de fauna, el ruido y la presencia de maquinaria y personal. La magnitud de esta reducción dependerá de la superficie intervenida simultáneamente, de la conservación de los elementos naturales residuales y de la rapidez con que se restablezca la cobertura vegetal.

En la etapa de operación, el área podrá conservar una capacidad de soporte parcial siempre que se mantenga una cobertura vegetal compatible con la infraestructura y se evite el manejo intensivo y homogéneo del suelo. El mantenimiento de vegetación herbácea de porte bajo entre las estructuras fotovoltaicas, la protección de linderos y cauces, la conservación o reubicación de cactáceas y agaves, la reducción del uso de herbicidas, el control de especies invasoras y la permeabilidad del cercado favorecerán la permanencia de recursos y procesos ecológicos.

La capacidad de soporte del predio durante la operación no deberá evaluarse exclusivamente con base en la cantidad de vegetación presente, sino también en su calidad, diversidad, distribución espacial y utilidad ecológica. Una cobertura herbácea uniforme y sometida a desbroces frecuentes puede proteger parcialmente el suelo, pero ofrecer menos recursos que una cobertura heterogénea manejada de manera selectiva. Por ello, el manejo adaptativo de la vegetación será determinante para conservar la funcionalidad ecológica residual del AeP.

Evaluación integrada: La Región Ecológica conserva una capacidad de soporte ecológico intermedia, derivada de la coexistencia de áreas agrícolas con remanentes de matorral crasicaule y otros elementos seminaturales que mantienen recursos, hábitats y procesos ecológicos. Su principal limitante es la fragmentación y la reducción acumulativa de las coberturas naturales, mientras que su principal fortaleza es la heterogeneidad del paisaje y la persistencia de elementos que funcionan como refugios, fuentes de alimento y conectores ecológicos.

El Área de Establecimiento del Proyecto presenta una capacidad de soporte baja a intermedia**,** acorde con su condición predominantemente agrícola y previamente transformada. Su capacidad para sostener comunidades especialistas es limitada, pero aún ofrece recursos estacionales y elementos de importancia para especies generalistas y para el mantenimiento de procesos ecológicos locales.

En términos de evaluación ambiental, el proyecto no se establecerá sobre una superficie continua de matorral crasicaule con alta capacidad de soporte, sino sobre una matriz agrícola cuya funcionalidad ecológica depende de componentes residuales y de su relación con el paisaje circundante. En consecuencia, las medidas ambientales deberán orientarse a evitar una reducción adicional de dicha capacidad, conservar los elementos de mayor valor ecológico y favorecer que la superficie ocupada continúe funcionando como un espacio permeable y complementario para la biodiversidad regional.

Servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la sociedad obtiene del funcionamiento de los ecosistemas. Estos beneficios derivan de la interacción entre la biodiversidad, los procesos ecológicos y las características físicas del territorio, contribuyendo al bienestar humano mediante el suministro de bienes materiales, la regulación de procesos ambientales, el mantenimiento de funciones ecológicas esenciales y la provisión de valores culturales y recreativos. En consecuencia, los servicios ecosistémicos representan la expresión práctica de la funcionalidad de un ecosistema y constituyen un elemento fundamental para evaluar la importancia ambiental de un territorio (MEA, 2005, *op. Cit.*); (IPBES, 2019)[90].

De acuerdo con la clasificación internacionalmente aceptada, los servicios ecosistémicos se agrupan en cuatro categorías principales: servicios de provisión, relacionados con el suministro de alimentos, agua y materias primas; servicios de regulación, que contribuyen al control del clima, la erosión, el ciclo hidrológico y otros procesos ambientales; servicios de soporte, que sostienen la productividad y el funcionamiento ecológico mediante procesos como la formación del suelo, el reciclaje de nutrientes y la polinización; y servicios culturales, asociados con valores paisajísticos, recreativos, educativos, científicos e identitarios.

Servicios ecosistémicos de la Región Ecológica**:** La Región Ecológica (REcol) del proyecto Tepetate Solar constituye un paisaje semiárido donde el ecosistema original de matorral crasicaule coexiste con una matriz agrícola de temporal. Esta condición determina que los servicios ecosistémicos actuales sean el resultado de la interacción entre remanentes de vegetación natural, vegetación secundaria y sistemas productivos rurales.

Entre los servicios de provisión destacan la producción agrícola de temporal, el aprovechamiento pecuario, la disponibilidad de forraje estacional y la obtención de productos derivados de especies nativas como nopales, magueyes y otras plantas adaptadas al ambiente semiárido. Aunque la extracción directa de recursos silvestres es actualmente limitada, estos componentes continúan representando una reserva potencial de recursos genéticos y biológicos.

Los servicios de regulación poseen una relevancia particularmente alta en la región. La cobertura vegetal reduce la erosión hídrica y eólica, favorece la infiltración del agua de lluvia, disminuye el escurrimiento superficial, contribuye a la estabilización del suelo, regula parcialmente el microclima y participa en la captura y almacenamiento de carbono atmosférico mediante la biomasa vegetal y la materia

orgánica del suelo. Asimismo, la vegetación proporciona hábitats para insectos polinizadores y organismos que participan en el control biológico de plagas agrícolas.

Los servicios de soporte incluyen la producción primaria, la formación y conservación del suelo, el reciclaje de nutrientes, la polinización, la dispersión de semillas, la regeneración natural de la vegetación y el mantenimiento de cadenas tróficas que permiten la permanencia de la biodiversidad regional. Estos procesos sustentan simultáneamente los servicios de provisión y regulación, constituyendo la base ecológica sobre la cual funciona el paisaje.

En cuanto a los servicios culturales, la REcol conserva valores paisajísticos propios del matorral crasicaule y del mosaico agropecuario tradicional del Altiplano mexicano. Estos ambientes poseen importancia para actividades de educación ambiental, investigación científica, apreciación del paisaje y conservación del patrimonio natural regional, además de contribuir a la identidad territorial de las comunidades rurales.

En conjunto, la REcol mantiene una oferta diversificada de servicios ecosistémicos que, aunque inferior a la que proporcionaría un ecosistema natural completamente conservado, continúa siendo funcional y relevante para el bienestar ambiental y productivo de la región.

Servicios ecosistémicos del municipio de Hueypoxtla: En el municipio de Hueypoxtla predominan los servicios ecosistémicos asociados a la producción agropecuaria y al mantenimiento de las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de estas actividades. La agricultura de temporal constituye el principal servicio de provisión, mientras que los remanentes de vegetación natural y secundaria complementan la regulación hidrológica, la protección del suelo, la polinización y la conservación de la biodiversidad.

La capacidad del territorio para generar estos servicios depende de la conservación de la heterogeneidad del paisaje. Los linderos vegetados, árboles aislados, barrancas, cauces temporales, nopaleras y magueyeras incrementan la diversidad biológica y fortalecen procesos ecológicos que benefician directamente la productividad agrícola, particularmente mediante la regulación de plagas, el mantenimiento de polinizadores y la reducción de procesos erosivos.

Desde el punto de vista cultural, el paisaje rural de Hueypoxtla constituye un componente representativo de la región norte del Estado de México y mantiene valores asociados al uso tradicional del territorio, al conocimiento local sobre el manejo de especies xerófitas y a la identidad de las comunidades rurales.

Servicios ecosistémicos del Área de Establecimiento del Proyecto: El Área de Establecimiento del Proyecto presenta una oferta de servicios ecosistémicos acorde con su condición predominantemente agrícola. Su principal servicio de provisión corresponde a la producción de cultivos de temporal, mientras que los servicios derivados de la vegetación natural se concentran en los elementos residuales presentes dentro del predio.

Los linderos, árboles aislados, cactáceas, agaves y vegetación secundaria generan servicios de regulación y soporte desproporcionadamente importantes respecto de la superficie que ocupan. Estos componentes favorecen la infiltración del agua, reducen la erosión del suelo, proporcionan refugio para fauna silvestre, mantienen polinizadores, facilitan la dispersión de semillas y contribuyen a conservar la conectividad ecológica del paisaje agrícola.

Aunque la superficie del AeP no constituye actualmente un ecosistema natural continuo, continúa formando parte del sistema funcional regional y participa en procesos ecológicos que trascienden los límites del predio. Por ello, la pérdida o conservación de estos elementos naturales puede influir directamente en la calidad de los servicios ecosistémicos disponibles para el entorno inmediato.

Durante la operación de la planta fotovoltaica, la permanencia de cobertura herbácea compatible con la infraestructura, la conservación de linderos y vegetación secundaria, la protección del suelo, el manejo adecuado del drenaje superficial y la implementación de medidas de restauración ecológica permitirán mantener una proporción importante de los servicios de regulación y soporte actualmente presentes, aun cuando cambie el uso productivo del terreno.

Relación entre los servicios ecosistémicos y el proyecto: El establecimiento del proyecto implicará la sustitución del servicio de provisión asociado a la agricultura de temporal por la generación de energía eléctrica a partir de una fuente renovable, servicio ambiental que contribuye indirectamente a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con tecnologías convencionales de generación eléctrica.

Al mismo tiempo, el proyecto deberá preservar en la mayor medida posible los servicios de regulación y soporte que actualmente proporciona el predio. La conservación de la cobertura vegetal compatible con la operación de la planta, la protección del suelo, el mantenimiento de corredores ecológicos, la conservación de árboles aislados y especies xerófitas, así como la implementación de programas de restauración y monitoreo ambiental, permitirán reducir la pérdida de funcionalidad ecológica y mantener una oferta significativa de servicios ecosistémicos durante la vida útil del proyecto.

En consecuencia, la evaluación ambiental deberá considerar no únicamente la superficie intervenida, sino también la permanencia de los procesos ecológicos que sustentan dichos servicios y la capacidad del proyecto para integrarse funcionalmente al paisaje regional.

Evaluación integrada: La Región Ecológica conserva una oferta intermedia de servicios ecosistémicos**,** resultado de la interacción entre remanentes de matorral crasicaule y una matriz agropecuaria ampliamente establecida. Los servicios de regulación y soporte mantienen una elevada importancia ecológica, mientras que los servicios de provisión están dominados por la agricultura de temporal y el aprovechamiento pecuario**.**

El municipio de Hueypoxtla mantiene una oferta de servicios estrechamente vinculada con la funcionalidad del paisaje rural, donde los componentes naturales

remanentes desempeñan un papel estratégico en el mantenimiento de la productividad agrícola y de la biodiversidad.

Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una oferta baja a intermedia de servicios ecosistémicos, acorde con su condición de terreno agrícola previamente transformado. No obstante, los elementos naturales residuales continúan aportando servicios de regulación, soporte y conectividad de elevada importancia ecológica. En este contexto, las medidas de manejo ambiental previstas para el proyecto permitirán conservar una proporción significativa de estos servicios y favorecerán que la planta fotovoltaica opere con una funcionalidad ecológica compatible con el paisaje regional.

Sensibilidad y vulnerabilidad del subsistema biótico

La sensibilidad ecológica representa el grado en que los componentes biológicos de un ecosistema responden frente a perturbaciones naturales o inducidas por las actividades humanas. Un ecosistema altamente sensible experimenta modificaciones importantes en su composición, estructura o funcionamiento aun cuando las perturbaciones sean de baja intensidad, mientras que ecosistemas con menor sensibilidad presentan una mayor capacidad para mantener sus características ecológicas bajo condiciones de alteración moderada.

Por su parte, la vulnerabilidad ecológica expresa la probabilidad de que dichas perturbaciones produzcan efectos adversos permanentes o de larga duración sobre el ecosistema. La vulnerabilidad depende de tres elementos fundamentales: la sensibilidad propia del sistema, el grado de exposición a la perturbación y la capacidad de resiliencia y recuperación ecológica. En consecuencia, un ecosistema puede ser altamente sensible, pero presentar una vulnerabilidad moderada si conserva una elevada capacidad de recuperación; de igual forma, ecosistemas con resiliencia reducida pueden resultar altamente vulnerables aun frente a perturbaciones relativamente pequeñas (IPCC, 2023)[91]; (IUCN, 2020)[92].

En los ecosistemas semiáridos, como el matorral crasicaule característico del norte del Estado de México, la sensibilidad y la vulnerabilidad están estrechamente relacionadas con la disponibilidad limitada de agua, el lento crecimiento de numerosas especies perennes, la regeneración relativamente prolongada de las cactáceas y agaves, la fragilidad del suelo frente a procesos erosivos y la creciente fragmentación derivada del cambio histórico de uso del suelo (Rzedowski, 2006, *op. Cit.*); (Challenger & Soberón, 2008. *Op. Cit.*).

Sensibilidad y vulnerabilidad de la Región Ecológica: la Región Ecológica (REcol) presenta un nivel de sensibilidad ecológica moderado, debido a que el ecosistema original de matorral crasicaule ha sido transformado parcialmente por actividades agrícolas y pecuarias desarrolladas durante varias décadas. Como consecuencia, gran parte de la pérdida estructural del ecosistema ocurrió con anterioridad al establecimiento del proyecto.

No obstante, los remanentes de vegetación natural y secundaria, los cauces temporales, los linderos, las nopaleras, las magueyeras y los árboles aislados continúan desempeñando funciones ecológicas relevantes. Estos elementos

sostienen la conectividad funcional, proporcionan refugio y alimento para numerosas especies y mantienen procesos ecológicos esenciales como la polinización, la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y la regeneración natural. Por ello, aun cuando ocupan superficies relativamente reducidas, presentan una sensibilidad superior a la del resto de la matriz agrícola.

La vulnerabilidad regional también puede considerarse moderad**a**. La REcol conserva resiliencia suficiente para absorber perturbaciones localizadas y mantener el funcionamiento general del paisaje; sin embargo, la eliminación continua de remanentes de vegetación natural, la intensificación agrícola y la pérdida de conectividad podrían disminuir progresivamente esta capacidad y conducir a una degradación acumulativa del ecosistema.

En consecuencia, la principal vulnerabilidad de la REcol no deriva de una perturbación aislada, sino de la acumulación gradual de modificaciones que reduzcan la heterogeneidad del paisaje y simplifiquen los procesos ecológicos que actualmente permanecen activos.

Sensibilidad y vulnerabilidad del municipio de Hueypoxtla: el municipio de Hueypoxtla presenta condiciones semejantes a las observadas en la REcol. La matriz agropecuaria dominante posee una sensibilidad relativamente baja frente a modificaciones puntuales del uso del suelo, debido a que corresponde a un territorio históricamente transformado. En contraste, los remanentes de vegetación natural, la vegetación secundaria, las barrancas, los cauces temporales y los linderos muestran una sensibilidad considerablemente mayor, ya que concentran buena parte de la biodiversidad y de los procesos ecológicos del municipio.

La vulnerabilidad municipal depende principalmente del mantenimiento de estos elementos naturales dentro del paisaje agrícola. La eliminación sucesiva de vegetación secundaria, la pérdida de árboles aislados, la modificación de cauces temporales, la degradación del suelo y el aislamiento progresivo de los remanentes naturales reducirían la resiliencia del territorio y afectarían la provisión de servicios ecosistémicos asociados a la regulación hídrica, la polinización y el control biológico.

Por ello, el municipio puede caracterizarse como un territorio con sensibilidad heterogénea y vulnerabilidad moderada**,** donde la mayor parte de las funciones ecológicas se concentra en componentes naturales dispersos dentro de la matriz agropecuaria.

Sensibilidad y vulnerabilidad del Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una situación distinta a la observada en los remanentes mejor conservados de la REcol. Debido a que corresponde principalmente a terrenos agrícolas de temporal previamente transformados, la sensibilidad de la matriz agrícola frente al cambio de uso del suelo es relativamente baja, ya que la estructura original del matorral crasicaule fue modificada antes del desarrollo del proyecto.

Sin embargo, los elementos naturales residuales presentes dentro del predio muestran una sensibilidad considerablemente mayor. Los árboles aislados, la vegetación secundaria, las cactáceas, los agaves, los linderos y los cauces

temporales representan componentes ecológicos de elevada importancia funcional, ya que proporcionan refugio, alimento, sitios de reproducción y conectividad para numerosas especies silvestres.

En consecuencia, la vulnerabilidad del AeP no se encuentra asociada a la totalidad de la superficie agrícola, sino principalmente a estos componentes residuales, cuya pérdida podría reducir la capacidad de soporte ecológico, la conectividad funcional y la provisión de diversos servicios ecosistémicos.

Durante la etapa de construcción se producirá la mayor exposición del subsistema biótico a perturbaciones derivadas de la preparación del sitio, el movimiento de maquinaria, la remoción de vegetación y el incremento temporal del ruido y de la presencia humana. No obstante, la vulnerabilidad efectiva del predio disminuirá mediante la aplicación de las medidas preventivas y de mitigación contempladas para el proyecto, particularmente el rescate y reubicación de flora silvestre, la protección del suelo, la conservación de elementos vegetales estratégicos, el manejo de la cobertura herbácea, la implementación de corredores ecológicos y el seguimiento mediante programas de vigilancia ambiental.

Durante la operación de la planta, la exposición a perturbaciones disminuirá considerablemente y el sistema tenderá a estabilizarse, siempre que se mantenga una gestión ambiental compatible con la conservación de los procesos ecológicos remanentes.

Relación entre sensibilidad, vulnerabilidad y el proyecto: el análisis integrado permite establecer que la sensibilidad y la vulnerabilidad del subsistema biótico no son homogéneas dentro del área de estudio. La mayor sensibilidad ecológica se concentra en los remanentes del matorral crasicaule, la vegetación secundaria, los árboles aislados, las cactáceas, los agaves, los linderos y los cauces temporales, mientras que la matriz agrícola presenta una sensibilidad relativamente menor por corresponder a un ambiente previamente transformado.

Asimismo, la vulnerabilidad del proyecto dependerá principalmente de la capacidad para conservar dichos elementos ecológicos durante las diferentes etapas de desarrollo. En este sentido, la incorporación de medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento ambiental reducirá significativamente la exposición de los componentes más sensibles y permitirá mantener la funcionalidad ecológica del paisaje.

Evaluación integrada: el diagnóstico ecológico permite concluir que la Región Ecológica presenta una sensibilidad ecológica moderada y una vulnerabilidad igualmente moderada**,** derivadas de la transformación histórica del matorral crasicaule y de la permanencia de procesos ecológicos funcionales que aún mantienen la integridad del paisaje**.**

El municipio de Hueypoxtla muestra un patrón semejante, donde la sensibilidad se concentra en los elementos naturales remanentes y la vulnerabilidad depende de su conservación dentro de la matriz agropecuaria.

Por su parte, el Área de Establecimiento del Proyecto presenta una sensibilidad baja a moderada para la matriz agrícola y moderada a alta para los elementos naturales

residuales, mientras que su vulnerabilidad general puede considerarse **moderada**, debido a que corresponde a un terreno previamente transformado que conserva resiliencia funcional y capacidad de recuperación parcial.

En consecuencia, el establecimiento del proyecto no se desarrollará sobre un ecosistema natural con alta sensibilidad ecológica, sino sobre una superficie predominantemente agrícola cuya funcionalidad depende de un conjunto de componentes naturales estratégicos. La protección de estos elementos, junto con la aplicación de las medidas ambientales previstas, permitirá mantener la integridad funcional del subsistema biótico y reducir el riesgo de efectos adversos acumulativos sobre el paisaje regional.

Síntesis funcional del subsistema biótico

El análisis integral del subsistema biótico permite establecer que la Región Ecológica donde se desarrollará el proyecto Tepetate Solar corresponde a un paisaje semiárido cuya configuración actual es resultado de un prolongado proceso de transformación del matorral crasicaule hacia una matriz predominantemente agropecuaria. A pesar de esta modificación histórica, el territorio conserva una estructura ecológica funcional integrada por remanentes de vegetación natural y secundaria, árboles aislados, nopaleras, magueyeras, linderos, cauces temporales y otros elementos seminaturales que mantienen procesos ecológicos indispensables para la conservación de la biodiversidad regional.

Desde el punto de vista florístico, la región mantiene una riqueza potencial de especies característica de los ambientes xerófilos del Altiplano Mexicano (figura 27), aunque su distribución espacial refleja distintos grados de modificación derivados del cambio histórico de uso del suelo. La vegetación natural ha disminuido en extensión y continuidad; sin embargo, los remanentes existentes continúan desempeñando funciones ecológicas fundamentales relacionadas con la estabilización del suelo, la regulación hidrológica, la captura de carbono, la producción primaria, la provisión de hábitats y el mantenimiento de la conectividad funcional del paisaje.

La fauna silvestre responde a esta configuración territorial mediante comunidades dominadas por especies adaptadas a paisajes abiertos y agropecuarios, coexistiendo con especies asociadas a los remanentes de vegetación natural. La diversidad potencial registrada para la Región Ecológica evidencia que el territorio continúa proporcionando recursos suficientes para sostener una comunidad faunística representativa de los ambientes semiáridos, particularmente gracias a la heterogeneidad espacial del paisaje y a la permanencia de elementos naturales dispersos dentro de la matriz agrícola.

Los procesos ecológicos fundamentales permanecen funcionales. La productividad primaria mantiene la base energética del sistema; la polinización, la dispersión de semillas y las interacciones tróficas permiten la continuidad de las comunidades biológicas; el reciclaje de nutrientes sostiene la fertilidad del suelo; y la regeneración natural favorece la recuperación parcial de la vegetación después de perturbaciones locales. Estos procesos constituyen el soporte de los servicios ecosistémicos que

actualmente proporciona la región y explican la persistencia de su funcionalidad ambiental, aun bajo un contexto de modificación histórica del paisaje.

Figura 27



El análisis de los hábitats, la conectividad ecológica, la integridad, la resiliencia y la capacidad de soporte permite concluir que la funcionalidad del subsistema biótico depende menos de grandes extensiones continuas de vegetación natural que de la permanencia e interconexión de numerosos elementos seminaturales distribuidos dentro del paisaje agropecuario. Los linderos vegetados, árboles aislados, cactáceas, agaves, vegetación secundaria y cauces temporales constituyen componentes estratégicos cuya importancia ecológica resulta significativamente mayor que la superficie que ocupan, al concentrar recursos para la fauna, facilitar el desplazamiento de organismos y mantener procesos ecológicos esenciales.

Como resultado de esta configuración territorial, la Región Ecológica conserva una integridad ecológica intermedia, una resiliencia moderada, una capacidad de soporte ecológico intermedia, una oferta igualmente intermedia de servicios ecosistémicos y una sensibilidad y vulnerabilidad moderadas. Estas características reflejan un ecosistema que ha experimentado modificaciones importantes en su estructura original, pero que aún mantiene procesos ecológicos funcionales y capacidad para sostener una biodiversidad representativa del ambiente regional.

En el municipio de Hueypoxtla se observa un patrón funcional semejante. La matriz agrícola constituye el componente dominante del paisaje, mientras que los remanentes de vegetación natural y secundaria funcionan como reservorios de biodiversidad, áreas de alimentación, refugio y reproducción para numerosas

especies, además de contribuir a la regulación hidrológica, la protección del suelo, la polinización y la conectividad ecológica. En consecuencia, la funcionalidad ambiental municipal depende de la conservación de estos componentes naturales dentro del sistema productivo regional.

El Área de Establecimiento del Proyecto presenta una condición diferente. Corresponde principalmente a terrenos agrícolas de temporal previamente transformados, donde la estructura original del matorral crasicaule fue sustituida desde hace varias décadas. No obstante, el predio mantiene elementos naturales residuales que continúan aportando recursos ecológicos relevantes para diversas especies de flora y fauna. Estos componentes incrementan la heterogeneidad del sitio y permiten que el área siga participando en la dinámica ecológica regional mediante procesos de alimentación, refugio, desplazamiento y conectividad biológica.

Desde la perspectiva funcional, el establecimiento de la planta fotovoltaica no implica la ocupación de un ecosistema natural continuo con elevados niveles de conservación, sino la transformación de un terreno predominantemente agrícola cuya funcionalidad ecológica depende de componentes naturales dispersos. Por ello, la conservación de árboles aislados, vegetación secundaria, cactáceas, agaves, linderos y demás elementos de importancia ecológica adquiere un papel determinante para mantener la integridad funcional del paisaje durante la construcción y operación del proyecto.

Las medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento ambiental propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental se orientan precisamente a conservar estos componentes estratégicos, reducir la fragmentación adicional del paisaje, mantener la conectividad funcional, proteger la biodiversidad remanente y favorecer la permanencia de los procesos ecológicos y de los servicios ecosistémicos que actualmente caracterizan a la Región Ecológica.

En conjunto, el subsistema biótico puede caracterizarse como un sistema ecológico funcionalmente estable, moderadamente transformado y ambientalmente viable, cuya conservación depende de la permanencia de la heterogeneidad espacial del paisaje y del manejo adecuado de los elementos naturales que aún persisten dentro de la matriz agropecuaria. Bajo estas condiciones, y considerando las medidas ambientales previstas para el proyecto, es técnicamente factible mantener la funcionalidad ecológica regional durante la vida útil de la planta fotovoltaica, minimizando la pérdida de biodiversidad y favoreciendo la continuidad de los procesos ecológicos esenciales.

Subsistema socioeconómico:

El subsistema socioeconómico y de infraestructura de la Región Ecológica representa el conjunto de actividades humanas, formas de ocupación del territorio e infraestructura física que interactúan con los procesos naturales del sistema ambiental regional. Su caracterización tiene como propósito comprender la manera en que la población utiliza y transforma el territorio, identificar los elementos que pueden influir en la viabilidad ambiental del proyecto y reconocer aquellos componentes cuya funcionalidad pudiera verse modificada por su establecimiento y operación. En congruencia con el enfoque ecosistémico adoptado en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, el análisis se concentra en los aspectos sustantivos que guardan una relación directa con la funcionalidad territorial y con la interacción entre el proyecto y su entorno, evitando incorporar información demográfica o estadística que no resulte relevante para la evaluación ambiental.

Con este propósito, el presente apartado aborda el patrón de ocupación del territorio, como expresión de la distribución espacial de los asentamientos humanos y de las actividades que se desarrollan en la Región Ecológica; el uso actual del suelo y las actividades productivas, que permiten identificar la vocación económica predominante y la forma en que el territorio ha sido aprovechado; la tenencia de la tierra, por su importancia en la estructura de la propiedad y en la viabilidad territorial del proyecto; la infraestructura carretera y la accesibilidad, como elementos que condicionan la conectividad regional y el desarrollo de las distintas etapas del proyecto; la infraestructura eléctrica, indispensable para la interconexión y operación de la planta fotovoltaica; la compatibilidad territorial del proyecto, mediante el análisis de su correspondencia con los usos predominantes y la funcionalidad de la Región Ecológica; y, finalmente, el patrimonio cultural y los elementos de valor social**,** con el fin de identificar aquellos bienes materiales e inmateriales que requieren ser considerados para garantizar su preservación.

En conjunto, estos componentes permiten caracterizar la estructura y funcionamiento del subsistema socioeconómico desde una perspectiva territorial, proporcionando el contexto necesario para evaluar la interacción del proyecto Tepetate Solar con las actividades humanas y la infraestructura existente, así como para sustentar el análisis de impactos y las medidas de manejo ambiental que se desarrollan en los capítulos posteriores de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional.

Patrón de ocupación del territorio

El patrón de ocupación del territorio constituye la expresión espacial de la forma en que la población ha utilizado y transformado el paisaje a lo largo del tiempo. Su análisis permite identificar la distribución de los asentamientos humanos, la organización de las actividades productivas y el grado de intervención antrópica sobre los ecosistemas naturales, proporcionando elementos para comprender la funcionalidad territorial de la Región Ecológica y la interacción potencial entre el proyecto y su entorno. Desde la perspectiva de la evaluación de impacto ambiental, este componente resulta particularmente relevante porque permite establecer si el proyecto se inserta en un territorio predominantemente natural, agropecuario,

urbano o mixto, así como valorar la compatibilidad de sus características con la dinámica territorial existente.

La Región Ecológica delimitada para el proyecto Tepetate Solar presenta un patrón de ocupación eminentemente rural, en el que predominan amplias superficies destinadas a actividades agropecuarias, interrumpidas por pequeños centros de población y una red de caminos rurales que articulan las comunidades con la cabecera municipal y con las principales vías regionales de comunicación. La configuración territorial refleja un proceso histórico de transformación del paisaje, donde gran parte de la vegetación natural fue sustituida por áreas agrícolas de temporal y zonas destinadas al aprovechamiento pecuario, conservándose únicamente remanentes aislados de vegetación natural asociados a cauces, pequeñas elevaciones o áreas con limitaciones para el cultivo.

Este patrón de ocupación responde a la aptitud agropecuaria de los terrenos y a la disponibilidad histórica de recursos hídricos y vías de comunicación, factores que favorecieron el establecimiento de comunidades rurales dispersas cuya economía continúa vinculada principalmente a las actividades del sector primario. Como resultado, la matriz territorial dominante corresponde a un paisaje agrícola de baja densidad poblacional, donde los asentamientos humanos ocupan una proporción relativamente reducida respecto de la superficie total de la Región Ecológica.

Particularmente en el municipio de **Hueypoxtla**, el patrón de ocupación del territorio conserva estas características. La población se concentra principalmente en la cabecera municipal y en diversas localidades rurales, entre las que destacan Santa María Ajoloapan**,** Tlapanaloya**,** San Francisco Zacacalco**,** Tezontlalpan**,** Jilotzingo y otras comunidades de menor tamaño, las cuales se encuentran conectadas mediante carreteras estatales y caminos rurales. Entre estos núcleos urbanos predominan extensas áreas agrícolas dedicadas principalmente al cultivo de temporal, con parcelas de dimensiones variables delimitadas por cercas vivas, caminos parcelarios y pequeños escurrimientos estacionales.

La ocupación territorial del municipio ha evolucionado sin dar lugar a procesos intensivos de urbanización o industrialización que modifiquen significativamente el carácter rural del paisaje. Aunque existen corredores de comunicación que favorecen la conectividad con municipios vecinos y con la Zona Metropolitana del Valle de México, el crecimiento urbano se ha concentrado principalmente alrededor de las localidades existentes, manteniéndose amplias superficies dedicadas a actividades agropecuarias. Esta condición permite conservar una matriz territorial relativamente continua, donde los espacios abiertos siguen constituyendo el elemento dominante del paisaje.

El **Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)** se localiza precisamente dentro de esta matriz agropecuaria. Los terrenos destinados al proyecto corresponden a parcelas utilizadas históricamente para actividades agrícolas, sin presencia de centros de población, infraestructura urbana relevante o desarrollos industriales en su interior. La ocupación humana permanente dentro del predio es prácticamente inexistente, limitándose a las labores agrícolas estacionales y al tránsito ocasional asociado al manejo de las parcelas. En consecuencia, el proyecto no implica la

sustitución de áreas urbanizadas ni la modificación de asentamientos humanos consolidados, sino el cambio de uso funcional de terrenos previamente destinados a la producción agropecuaria.

Desde el punto de vista territorial, la localización del proyecto resulta congruente con el patrón regional de ocupación del suelo. La infraestructura fotovoltaica se incorpora a un paisaje ampliamente transformado por las actividades agropecuarias, donde la presencia de parcelas agrícolas constituye el elemento dominante y la cobertura vegetal natural es reducida y discontinua. Esta condición disminuye la probabilidad de generar conflictos con la estructura de ocupación del territorio, ya que la planta fotovoltaica no inducirá procesos de expansión urbana, no requerirá la creación de nuevos centros de población y tampoco modificará la organización espacial de las comunidades existentes.

Asimismo, la fase de operación del proyecto demandará una plantilla reducida de personal permanente y un tránsito limitado de vehículos, por lo que no se prevén cambios significativos en la dinámica demográfica o en la ocupación territorial de la Región Ecológica. Las principales interacciones con el medio socioeconómico estarán relacionadas con la utilización de la infraestructura existente, la generación temporal de empleo durante la construcción y la diversificación del aprovechamiento productivo del territorio mediante la incorporación de infraestructura para la generación de energía eléctrica renovable.

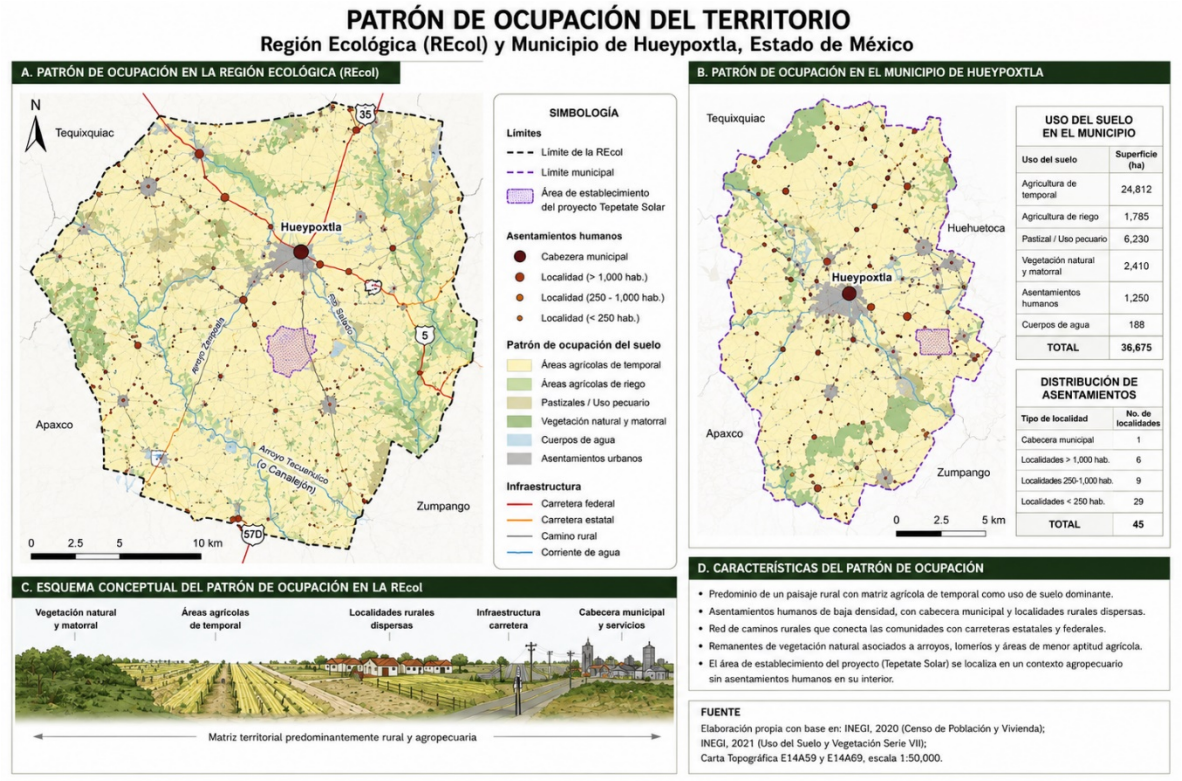
En este contexto, puede concluirse que el patrón de ocupación del territorio de la Región Ecológica, del municipio de Hueypoxtla y, particularmente, del Área de Establecimiento del Proyecto (Figura 28), corresponde al de un paisaje rural con predominio de actividades agropecuarias y asentamientos humanos dispersos, condición que resulta territorialmente compatible con el establecimiento de la planta fotovoltaica Tepetate Solar. La ubicación del proyecto aprovecha un espacio previamente transformado por las actividades productivas, sin alterar la estructura básica de ocupación del territorio ni modificar la distribución de las localidades existentes, lo que constituye un elemento favorable para su viabilidad ambiental y territorial.

Uso actual del suelo y actividades productivas: el uso actual del suelo constituye uno de los principales indicadores de la relación histórica entre la población y el territorio, ya que refleja la forma en que los componentes naturales han sido transformados para satisfacer necesidades productivas, habitacionales y de infraestructura. Su caracterización permite reconocer la matriz territorial dominante de la Región Ecológica, identificar las actividades que determinan su funcionamiento socioeconómico y establecer el grado de compatibilidad entre las condiciones existentes y el establecimiento del proyecto Tepetate Solar.

En la Región Ecológica delimitada para el proyecto predomina un paisaje rural ampliamente transformado por actividades agropecuarias. La mayor parte del territorio corresponde a parcelas agrícolas, principalmente de temporal, intercaladas con superficies de uso pecuario, asentamientos humanos, caminos, infraestructura hidráulica menor y remanentes discontinuos de vegetación natural. Esta configuración evidencia que la dinámica territorial ha estado determinada

históricamente por el aprovechamiento del suelo para la producción primaria, particularmente por la agricultura sujeta al régimen estacional de lluvias.

Figura 28



La agricultura de temporal representa el uso del suelo más extendido. En estas superficies se desarrollan cultivos cuyo ciclo depende de la precipitación pluvial y de las condiciones climáticas anuales, por lo que su productividad presenta variaciones asociadas a la duración de la temporada de lluvias, la disponibilidad de humedad en el suelo y la ocurrencia de periodos de sequía. Las parcelas conforman amplios espacios abiertos y continuos, delimitados por caminos rurales, cercas, bordos, canales y franjas de vegetación secundaria.

En menor proporción pueden reconocerse terrenos destinados a agricultura con algún grado de apoyo hídrico, así como superficies utilizadas para el pastoreo y la crianza extensiva de ganado. El aprovechamiento pecuario se desarrolla generalmente de manera complementaria a la agricultura, mediante el uso de potreros, terrenos en descanso, rastrojos y áreas con vegetación secundaria. Esta complementariedad entre agricultura y ganadería constituye una de las expresiones más representativas del funcionamiento productivo del territorio rural.

Los remanentes de vegetación natural y secundaria ocupan superficies comparativamente menores y se distribuyen de manera fragmentada. Estos elementos se localizan principalmente en terrenos con menor aptitud agrícola, bordes de parcelas, cauces y escurrimientos estacionales, lomeríos, derechos de vía y espacios que no han sido incorporados de forma intensiva a la producción. Aunque su continuidad es limitada, estos remanentes conservan funciones

relevantes para la protección del suelo, la regulación del escurrimiento, la conectividad entre hábitats y el refugio de fauna silvestre.

Los asentamientos humanos y la infraestructura asociada constituyen otro de los usos presentes en la Región Ecológica. Las localidades rurales, la cabecera municipal, los caminos, las carreteras, las líneas de distribución eléctrica y las instalaciones de servicios ocupan una proporción menor del territorio, pero desempeñan una función esencial en la articulación de las actividades productivas. El crecimiento de las áreas urbanizadas se presenta principalmente en la periferia de los núcleos de población existentes, sin que hasta el momento haya sustituido el carácter predominantemente agropecuario de la matriz regional.

Uso actual del suelo en el municipio de Hueypoxtla: en el municipio de Hueypoxtla, el uso del suelo reproduce el patrón general identificado en la Región Ecológica. Predominan las superficies destinadas a la agricultura, especialmente de temporal, que se extienden entre la cabecera municipal y las distintas localidades rurales. La ocupación agrícola se encuentra favorecida por la presencia de terrenos de pendientes suaves, accesibilidad mediante caminos parcelarios y una tradición productiva vinculada al aprovechamiento de los recursos edáficos y climáticos disponibles.

Las actividades agrícolas constituyen, por tanto, uno de los elementos centrales de la estructura territorial y económica municipal. Además de su función productiva, determinan la apariencia del paisaje, la distribución de los caminos y la organización espacial de las propiedades. Los terrenos pueden encontrarse en distintas condiciones a lo largo del año: cultivados durante la temporada agrícola, cubiertos por rastrojo después de la cosecha, temporalmente en descanso o utilizados para el pastoreo de ganado.

La actividad pecuaria se desarrolla de manera extensiva y complementaria, utilizando superficies de pastizal inducido, áreas agrícolas en descanso y espacios con vegetación secundaria. Por su parte, las actividades comerciales y de servicios se concentran en la cabecera municipal y en las localidades de mayor tamaño, mientras que las actividades industriales y de transformación presentan una expresión territorial más localizada y no modifican el predominio rural del municipio.

El uso habitacional se concentra en localidades como Hueypoxtla, Santa María Ajoloapan, Tlapanaloya y otras comunidades rurales, cuyas áreas construidas se encuentran rodeadas por terrenos agrícolas. Esta relación espacial genera una estructura territorial en la que los asentamientos funcionan como núcleos de servicios y residencia, mientras que el espacio intermedio conserva una función mayoritariamente productiva.

La infraestructura carretera, eléctrica e hidráulica introduce usos lineales o puntuales dentro de esta matriz. Las carreteras y caminos permiten el traslado de personas, insumos y productos agrícolas; las redes eléctricas abastecen a las localidades y actividades productivas; y las obras de almacenamiento o conducción de agua apoyan, en los sitios donde se encuentran disponibles, las actividades

agropecuarias. Estos elementos forman parte del funcionamiento ordinario del territorio y han contribuido a su transformación progresiva.

Uso actual del suelo en el Área de Establecimiento del Proyecto**:** el Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar se localiza en terrenos que forman parte de la matriz agropecuaria regional y municipal. El uso predominante corresponde a parcelas previamente destinadas a actividades agrícolas, sujetas a ciclos productivos, periodos de descanso y aprovechamientos temporales. En su interior no se identifican asentamientos humanos consolidados ni una ocupación habitacional permanente, por lo que la presencia de personas se relaciona principalmente con labores agrícolas, recorridos de vigilancia y tránsito a través de caminos rurales o parcelarios**.**

La condición actual del área evidencia que se trata de un espacio previamente transformado por la actividad humana y no de una superficie dominada por ecosistemas naturales bien conservados. Las prácticas agrícolas han modificado históricamente la cobertura vegetal, la estructura superficial del suelo y la composición del paisaje, generando una matriz abierta con vegetación espontánea en bordes, caminos, parcelas en descanso y pequeñas superficies no cultivadas.

El establecimiento del proyecto implicará la sustitución del uso agrícola predominante por un uso destinado a la generación de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica. Este cambio no debe interpretarse como la urbanización del terreno, ya que la infraestructura proyectada conservará la mayor parte del suelo sin pavimentar y mantendrá amplios espacios permeables entre las estructuras. El uso energético coexistirá con una cobertura herbácea manejada y con la continuidad de procesos como la infiltración, el escurrimiento superficial y el desarrollo de vegetación de porte bajo.

La transformación prevista será principalmente funcional y paisajística. El terreno dejará de utilizarse para la producción agrícola convencional durante la vida útil del proyecto y pasará a albergar módulos fotovoltaicos, caminos internos, redes eléctricas, subestaciones y obras auxiliares. No obstante, la intervención se realizará dentro de un territorio que ya presenta un alto grado de transformación productiva, por lo que no representará la sustitución de una matriz natural continua ni la fragmentación de extensas superficies de vegetación primaria.

Durante la etapa de construcción se producirá una intensificación temporal del uso del suelo por la presencia de maquinaria, trabajadores, zonas de maniobra y transporte de materiales. Esta condición se reducirá al concluir las obras, ya que la operación requerirá una plantilla limitada de personal y un tránsito vehicular esporádico asociado a la inspección, vigilancia y mantenimiento de la planta. En consecuencia, no se prevé que el proyecto genere procesos adicionales de urbanización, ocupación habitacional o expansión de asentamientos hacia el interior del predio.

Actividades productivas y funcionalidad territorial: las actividades productivas de la Región Ecológica y del municipio de Hueypoxtla se encuentran dominadas por el sector primario, particularmente por la agricultura y la ganadería de pequeña y mediana escala. Estas actividades dependen de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de terrenos y de la accesibilidad proporcionada por la red de caminos. Alrededor de ellas se desarrollan servicios de transporte, comercio de insumos, almacenamiento y comercialización de productos.

La incorporación de la generación fotovoltaica representa una diversificación del aprovechamiento productivo del territorio. El proyecto introduce una actividad energética en un espacio tradicionalmente agrícola, sin requerir el establecimiento de nuevos núcleos urbanos ni alterar la distribución de las localidades. Durante la construcción generará una demanda temporal de mano de obra, transporte, hospedaje, alimentación y suministro de materiales, mientras que en la operación mantendrá requerimientos más reducidos y especializados.

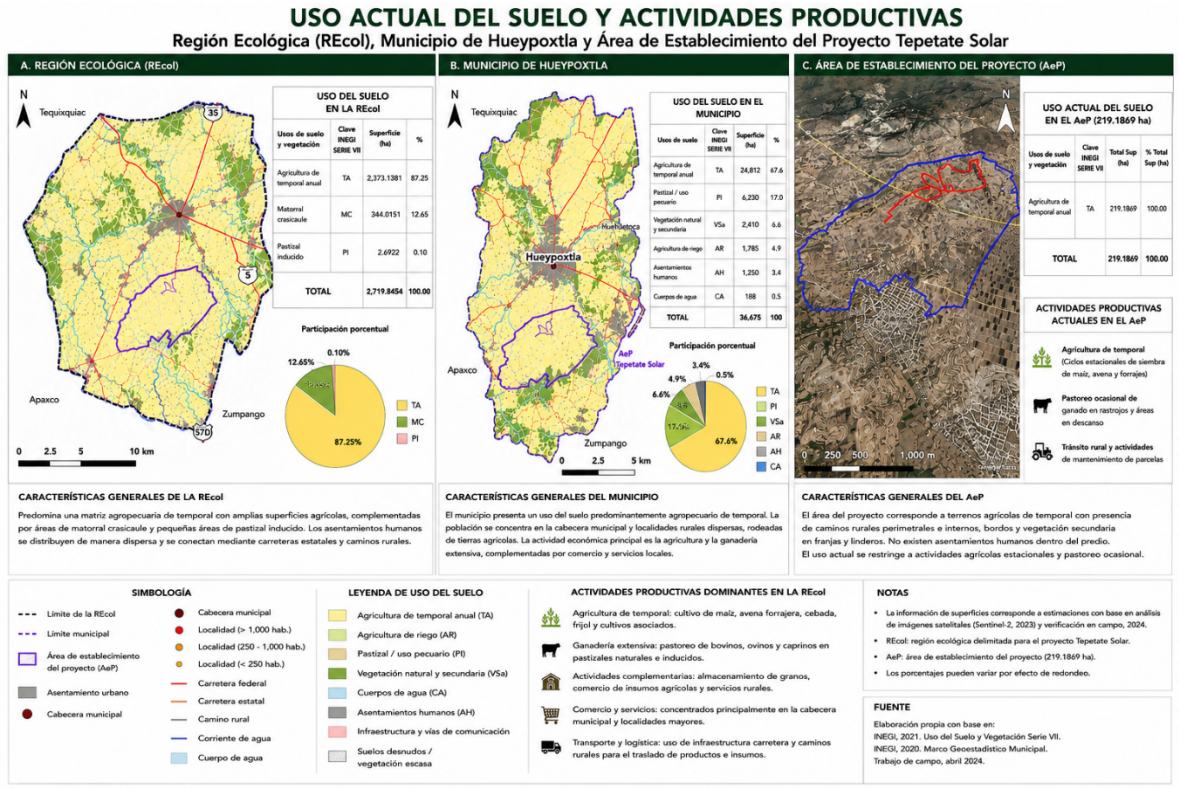
Esta diversificación puede coexistir con la vocación rural de la región, siempre que se mantenga la conectividad de los caminos, se eviten afectaciones a las parcelas vecinas y se controlen los efectos derivados del tránsito, el polvo, el ruido y el manejo de escurrimientos. La compatibilidad no depende únicamente del tipo de uso, sino de la aplicación de medidas que permitan preservar la funcionalidad de las actividades existentes y evitar interferencias con el aprovechamiento de los terrenos colindantes.

Consideraciones generales: en términos generales, el uso actual del suelo de la Región Ecológica, del municipio de Hueypoxtla y del Área de Establecimiento del Proyecto se caracteriza por el predominio de una matriz agropecuaria, dentro de la cual se distribuyen asentamientos rurales, infraestructura de comunicación, equipamiento y remanentes fragmentados de vegetación natural y secundaria. Esta configuración refleja un territorio históricamente modificado y sujeto a actividades productivas continuas (Figura 29).

El proyecto Tepetate Solar se insertará en terrenos de uso agrícola y modificará temporalmente su función productiva para destinarlos a la generación de energía renovable. Debido a que la intervención se concentra en superficies previamente transformadas, no se prevé la alteración sustantiva de la estructura regional de usos del suelo. Su principal efecto será el cambio de una actividad agrícola a una actividad energética dentro de una matriz rural, sin inducir urbanización, desplazamiento de asentamientos ni expansión de infraestructura habitacional.

Por lo anterior, el uso propuesto puede considerarse territorialmente compatible con las condiciones generales de la Región Ecológica, sujeto al cumplimiento de las disposiciones de ordenamiento aplicables y a la implementación de medidas orientadas a conservar la permeabilidad del suelo, controlar la erosión y los escurrimientos, mantener la conectividad local y prevenir afectaciones a las actividades productivas de los terrenos vecinos.

Figura 29



Infraestructura carretera y accesibilidad: la infraestructura carretera constituye uno de los principales elementos que articulan el funcionamiento territorial de una región, al permitir la movilidad de personas, bienes, insumos y servicios entre los centros de población y las áreas productivas. Su análisis resulta de especial importancia en la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura energética, ya que determina la accesibilidad al sitio, la logística constructiva, la conectividad con los centros de abastecimiento y la capacidad para atender situaciones de mantenimiento o emergencia durante la vida útil del proyecto.

En la Región Ecológica delimitada para el proyecto Tepetate Solar existe una red de infraestructura vial suficientemente desarrollada que responde al carácter predominantemente rural del territorio. Esta red se integra por carreteras federales y estatales, caminos pavimentados, caminos revestidos y una amplia red de caminos rurales y parcelarios que comunican las localidades con las áreas agrícolas y ganaderas. La disposición de estas vías refleja la evolución histórica de las actividades agropecuarias y permite mantener la conectividad entre los distintos centros de población, así como con los municipios vecinos y con la Zona Metropolitana del Valle de México.

Las principales carreteras regionales constituyen los ejes estructurantes del sistema de comunicación terrestre y enlazan a Hueypoxtla con municipios como Apaxco, Tequixquiac, Zumpango y Huehuetoca, además de facilitar el acceso hacia las principales rutas de transporte del centro del país. A partir de estas vialidades se

desprende una red secundaria de caminos estatales y rurales que proporciona acceso a las parcelas agrícolas y a los distintos aprovechamientos productivos de la Región Ecológica.

La elevada conectividad vial resulta congruente con el predominio de actividades agrícolas, ya que facilita el traslado de maquinaria, semillas, fertilizantes, cosechas, ganado e insumos necesarios para la producción rural. Asimismo, permite el acceso de vehículos de emergencia, servicios públicos y actividades comerciales, contribuyendo al funcionamiento cotidiano del territorio.

Infraestructura carretera en el municipio de Hueypoxtla**:** el municipio de Hueypoxtla dispone de una infraestructura carretera que permite una comunicación eficiente entre la cabecera municipal, las localidades rurales y los municipios circunvecinos. La cabecera concentra el nodo principal de distribución vial, desde donde parten diversas carreteras estatales y caminos rurales que comunican comunidades como Santa María Ajoloapan, Tlapanaloya, San Francisco Zacacalco, Tezontlalpan, Jilotzingo y otras localidades distribuidas en el territorio municipal.

Complementariamente existe una extensa red de caminos parcelarios utilizada principalmente para las actividades agropecuarias. Estos caminos permiten el acceso cotidiano a las parcelas agrícolas, facilitan las labores de siembra, mantenimiento y cosecha, así como el movimiento del ganado y de la maquinaria agrícola. Su presencia constituye uno de los elementos que explican el elevado grado de aprovechamiento productivo del municipio.

En términos generales, la infraestructura vial municipal presenta un nivel de cobertura adecuado para las necesidades de movilidad de la población y para el desarrollo de las actividades económicas predominantes. La mayor parte de las localidades mantiene acceso permanente durante todo el año, aunque algunos caminos rurales pueden presentar condiciones variables durante la temporada de lluvias debido al incremento del escurrimiento superficial y al deterioro de las superficies de rodamiento.

Accesibilidad al Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) cuenta con condiciones favorables de accesibilidad. El acceso principal se realiza a partir de la red carretera existente, enlazándose posteriormente con caminos rurales y parcelarios que actualmente son utilizados para las labores agrícolas desarrolladas en los predios donde se establecerá la planta fotovoltaica.

La existencia de estos caminos representa una ventaja importante para el desarrollo del proyecto, ya que reduce la necesidad de abrir nuevos accesos permanentes y permite aprovechar infraestructura previamente existente. Durante la etapa de construcción será necesario realizar únicamente trabajos puntuales de acondicionamiento, ampliación o mejoramiento de algunos tramos para permitir el tránsito seguro de maquinaria pesada, vehículos de carga y equipos especializados, procurando minimizar la remoción adicional de vegetación y las modificaciones al relieve natural.

Una vez concluida la construcción, la operación de la planta requerirá un tránsito considerablemente menor. Las actividades ordinarias de inspección, mantenimiento

preventivo, vigilancia y atención de contingencias serán realizadas mediante vehículos ligeros que utilizarán tanto los caminos internos proyectados como la infraestructura vial existente. Debido a que el número de trabajadores permanentes será reducido, no se prevé un incremento significativo en el flujo vehicular regional ni afectaciones relevantes a la capacidad operativa de las carreteras y caminos del municipio.

Funcionalidad de la infraestructura vial respecto del proyecto**:** la infraestructura carretera existente proporciona las condiciones necesarias para atender las diferentes etapas del proyecto. Durante la preparación del sitio y la construcción facilitará el transporte de módulos fotovoltaicos, estructuras metálicas, transformadores, materiales de construcción, maquinaria pesada y personal especializado. Asimismo, permitirá la movilización de equipos destinados a las actividades de rescate de flora y fauna, supervisión ambiental y atención de emergencias.

En la etapa de operación, la red vial continuará desempeñando un papel estratégico para garantizar el mantenimiento de la planta, la sustitución eventual de equipos, la atención de contingencias y el acceso de los servicios de seguridad, protección civil y cuerpos de emergencia. La existencia de una conectividad regional consolidada reduce los tiempos de respuesta ante cualquier eventualidad y contribuye a la seguridad operativa del proyecto.

Desde la perspectiva ambiental, el aprovechamiento de la infraestructura existente representa una medida favorable, ya que disminuye la necesidad de construir nuevas vialidades permanentes y, por consiguiente, reduce la ocupación adicional del suelo, la fragmentación del paisaje y la alteración de los procesos hidrológicos superficiales. Los caminos internos que se desarrollen dentro del proyecto responderán exclusivamente a las necesidades operativas de la planta y se diseñarán conforme a criterios que favorezcan el control de la erosión, el adecuado drenaje pluvial y la estabilidad de los suelos.

Consideraciones generales**:** la Región Ecológica, el municipio de Hueypoxtla y el Área de Establecimiento del Proyecto disponen de una infraestructura carretera suficiente para satisfacer los requerimientos logísticos asociados al establecimiento y operación de la planta fotovoltaica Tepetate Solar. La red vial existente permite una adecuada conectividad con los principales centros de abastecimiento, facilita el acceso al predio y proporciona condiciones favorables para el transporte de materiales, personal y equipos durante todas las etapas del proyecto.

En consecuencia, no se prevé la necesidad de desarrollar nuevas carreteras regionales ni de modificar sustancialmente la estructura vial existente. Las adecuaciones que eventualmente se realicen se limitarán al mejoramiento puntual de accesos y caminos internos, sin alterar de manera significativa la funcionalidad territorial ni la conectividad regional. Desde el punto de vista de la evaluación ambiental, la infraestructura carretera constituye un elemento que favorece la viabilidad del proyecto y contribuye a minimizar la generación de impactos adicionales derivados de la construcción de nuevas vías de comunicación.

Infraestructura eléctrica: la infraestructura eléctrica constituye uno de los componentes estratégicos del territorio, ya que proporciona el soporte físico para el suministro, distribución y transmisión de la energía requerida por las actividades productivas, los asentamientos humanos y los servicios públicos. Desde la perspectiva de la evaluación del impacto ambiental, su caracterización permite comprender el grado de electrificación de la Región Ecológica, identificar la capacidad de interconexión existente y evaluar la compatibilidad territorial del establecimiento de infraestructura destinada a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

En la Región Ecológica donde se ubicará el proyecto Tepetate Solar existe una red de infraestructura eléctrica consolidada que responde a las necesidades de los centros de población, las actividades agropecuarias y los servicios regionales. Esta infraestructura está integrada por líneas de distribución en media y baja tensión, subestaciones eléctricas, redes de suministro domiciliario y diversas instalaciones operadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuya función es garantizar la continuidad y confiabilidad del servicio eléctrico en la región.

La distribución espacial de esta infraestructura sigue, en términos generales, el patrón de ocupación del territorio. Las líneas eléctricas se desarrollan principalmente a lo largo de carreteras, caminos y corredores de servicios, enlazando las localidades rurales con la cabecera municipal y con las redes regionales de transmisión. De esta manera, la infraestructura eléctrica forma parte del paisaje rural y constituye un elemento indispensable para el funcionamiento de las actividades agrícolas, comerciales, industriales y de servicios.

Infraestructura eléctrica en el municipio de Hueypoxtla: el municipio de Hueypoxtla dispone de cobertura eléctrica para la totalidad de sus principales localidades y centros de población, mediante una red de distribución que abastece tanto el consumo doméstico como las actividades productivas y los servicios públicos. La infraestructura existente permite atender las necesidades energéticas de la población y de las unidades económicas establecidas en el municipio, manteniendo una adecuada conectividad con el Sistema Eléctrico Nacional.

En el ámbito rural, la red de distribución abastece también instalaciones agrícolas, sistemas de bombeo, pequeños establecimientos de transformación y equipamiento comunitario, lo que contribuye al desarrollo de las actividades productivas predominantes. La presencia de esta infraestructura evidencia un elevado nivel de integración del municipio con la red eléctrica nacional y constituye una condición favorable para el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura energética.

Adicionalmente, la proximidad del municipio a corredores de transmisión y a instalaciones estratégicas del Sistema Eléctrico Nacional ha favorecido que esta región sea considerada técnicamente apta para el establecimiento de proyectos de generación eléctrica, particularmente aquellos basados en fuentes renovables cuya producción puede incorporarse a la red nacional mediante esquemas de interconexión previamente autorizados.

Infraestructura eléctrica en el Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto se localiza en un territorio que dispone de infraestructura eléctrica regional suficiente para permitir la interconexión de la energía generada por la planta fotovoltaica. La selección del sitio respondió, entre otros factores, a la disponibilidad de condiciones técnicas que facilitan la evacuación de la energía hacia la Red Nacional de Transmisión mediante la infraestructura autorizada para este propósito.

El proyecto contempla la construcción de instalaciones eléctricas propias, integradas por redes colectoras en media tensión, centros de transformación, subestación elevadora, sistemas de protección y control, así como una línea de interconexión que permitirá entregar la energía generada al Sistema Eléctrico Nacional a través del punto de conexión previamente definido por las autoridades competentes y el operador del sistema.

Estas instalaciones se desarrollarán principalmente dentro del Área de Establecimiento del Proyecto y ocuparán únicamente la superficie indispensable para garantizar la operación segura y eficiente de la planta fotovoltaica. Su diseño considera criterios de seguridad eléctrica, confiabilidad operativa, eficiencia energética y compatibilidad con la normatividad técnica aplicable.

Funcionalidad de la infraestructura eléctrica respecto del proyecto**:** a diferencia de otros proyectos de infraestructura que demandan grandes cantidades de energía para su funcionamiento, el proyecto Tepetate Solar tiene como propósito precisamente la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del recurso solar. En consecuencia, su interacción con la infraestructura eléctrica regional se caracteriza por fortalecer el sistema existente mediante la incorporación de nueva capacidad de generación renovable**.**

La infraestructura eléctrica proyectada permitirá transformar la energía producida por los módulos fotovoltaicos, elevar su nivel de tensión y transmitirla hacia la red nacional para su incorporación al mercado eléctrico. Este proceso se desarrollará sin requerir ampliaciones significativas de la infraestructura eléctrica regional distintas de aquellas expresamente contempladas dentro del propio proyecto y autorizadas por las instancias competentes.

Durante la etapa de construcción se instalarán las redes internas, equipos de transformación, sistemas de protección, canalizaciones y estructuras necesarias para la operación de la planta. Posteriormente, durante la fase operativa, la infraestructura eléctrica requerirá actividades periódicas de inspección, mantenimiento preventivo y correctivo, sin generar incrementos significativos en la ocupación del territorio ni modificaciones adicionales a la red regional.

Desde la perspectiva ambiental, la utilización de infraestructura de interconexión previamente planificada reduce la necesidad de desarrollar nuevos corredores eléctricos de gran longitud y minimiza la fragmentación adicional del territorio. Asimismo, la generación de electricidad mediante tecnología fotovoltaica contribuye a diversificar la matriz energética nacional y favorece la reducción de emisiones de

gases de efecto invernadero asociadas a la generación convencional basada en combustibles fósiles.

Consideraciones generales: la Región Ecológica, el municipio de Hueypoxtla y el Área de Establecimiento del Proyecto cuentan con condiciones favorables de infraestructura eléctrica para el desarrollo del proyecto Tepetate Solar. La existencia de redes regionales de distribución y transmisión, así como la posibilidad técnica de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional, constituyen uno de los principales factores que justifican la localización del proyecto desde el punto de vista territorial y energético**.**

En este contexto, la infraestructura eléctrica no representa una limitante para el establecimiento de la planta fotovoltaica; por el contrario, constituye un elemento que favorece su viabilidad técnica y ambiental. La incorporación del proyecto fortalecerá la capacidad regional de generación de energía limpia, aprovechando la infraestructura existente y contribuyendo a los objetivos nacionales de transición energética y diversificación de las fuentes de generación eléctrica, sin modificar de manera sustancial la funcionalidad territorial de la Región Ecológica.

Compatibilidad territorial: la compatibilidad territorial constituye uno de los principales criterios para evaluar la viabilidad ambiental de un proyecto, ya que permite determinar el grado de correspondencia entre las características físicas, ambientales, sociales y productivas del territorio y el uso del suelo propuesto. Su análisis integra la información obtenida en los componentes ambientales, socioeconómicos y de infraestructura previamente descritos, así como la revisión de los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial aplicables. En este sentido, la compatibilidad territorial no se limita a verificar la factibilidad física del establecimiento del proyecto, sino que analiza si su desarrollo resulta congruente con la vocación del territorio y con las políticas de aprovechamiento sustentable definidas para la región.

Compatibilidad territorial en la Región Ecológica: la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar se caracteriza por un paisaje predominantemente rural, donde la agricultura de temporal constituye el uso del suelo dominante y la actividad agropecuaria representa la principal forma de aprovechamiento económico del territorio. Este patrón de ocupación se encuentra acompañado por una red consolidada de infraestructura carretera, eléctrica e hidráulica, así como por asentamientos humanos de baja densidad distribuidos de manera dispersa.

Desde el punto de vista ambiental, la región presenta un elevado grado de transformación histórica derivado de las actividades agrícolas, situación que ha reducido considerablemente la extensión y continuidad de la vegetación natural. En consecuencia, gran parte del territorio corresponde actualmente a agroecosistemas cuya dinámica ecológica se encuentra estrechamente asociada a las prácticas productivas desarrolladas durante varias décadas.

En este contexto, el establecimiento de una planta fotovoltaica representa una modalidad adicional de aprovechamiento del territorio que mantiene su carácter productivo sin inducir procesos de urbanización ni modificaciones sustanciales en

la estructura regional del paisaje. La infraestructura requerida se incorpora dentro de un entorno previamente transformado, aprovechando la accesibilidad existente y la disponibilidad de infraestructura eléctrica para su interconexión.

Compatibilidad territorial en el municipio de Hueypoxtla: el municipio de Hueypoxtla ha consolidado históricamente un modelo de desarrollo basado en las actividades agropecuarias, complementadas por el comercio, los servicios y, de manera creciente, por infraestructura estratégica vinculada al desarrollo regional. La presencia de redes carreteras, líneas eléctricas, infraestructura hidráulica y centros de población distribuidos en el territorio refleja un proceso de ocupación compatible con la incorporación de nuevas actividades económicas que no impliquen una expansión urbana intensiva.

El proyecto Tepetate Solar se inserta dentro de este contexto territorial como una actividad de generación de energía eléctrica a partir de una fuente renovable, compatible con el carácter rural del municipio y con las políticas públicas orientadas a fortalecer la transición energética nacional. Durante su operación no generará concentraciones importantes de población, demandas significativas de servicios urbanos ni incrementos relevantes en el tránsito vehicular, por lo que no se prevén modificaciones sustanciales en la dinámica territorial del municipio.

Asimismo, la localización del proyecto fuera de los principales centros urbanos reduce la posibilidad de generar conflictos por cambios en el uso del suelo urbano, permitiendo que las actividades agrícolas, pecuarias y de servicios continúen desarrollándose en el resto del territorio municipal prácticamente sin alteraciones.

Compatibilidad territorial en el Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto se ubica sobre terrenos que actualmente presentan un uso predominantemente agrícola de temporal, condición que evidencia una transformación previa del paisaje y la ausencia de ecosistemas naturales continuos de alta integridad ecológica. La selección del sitio respondió precisamente a la búsqueda de terrenos con condiciones técnicas, ambientales y de infraestructura favorables para minimizar los impactos derivados de la construcción y operación de la planta fotovoltaica.

La existencia de accesos carreteros, infraestructura eléctrica cercana, topografía favorable y disponibilidad de superficies continuas permite desarrollar el proyecto sin requerir modificaciones significativas a la estructura territorial existente. Del mismo modo, el diseño de la planta considera la conservación de los principales elementos de drenaje superficial, el mantenimiento de corredores de conectividad ecológica y la implementación de medidas de manejo ambiental orientadas a reducir los efectos sobre el suelo, la vegetación y la fauna silvestre.

Desde la perspectiva del uso del suelo, el proyecto implica la sustitución temporal de un aprovechamiento agrícola por uno energético; sin embargo, no representa un cambio hacia un uso urbano o industrial intensivo. La mayor parte de la superficie permanecerá libre de impermeabilización permanente, permitiendo la conservación de procesos hidrológicos básicos y el desarrollo de vegetación herbácea entre las

estructuras fotovoltaicas, condiciones que contribuyen a mantener parte de la funcionalidad ecológica del sitio.

Compatibilidad con la infraestructura y la planeación territorial: la viabilidad territorial del proyecto también se sustenta en la disponibilidad de infraestructura regional suficiente para atender sus requerimientos de acceso, transporte e interconexión eléctrica, evitando la construcción de obras regionales adicionales que pudieran incrementar la fragmentación del territorio. El aprovechamiento de caminos existentes y la utilización de infraestructura eléctrica previamente desarrollada reducen significativamente la generación de impactos acumulativos asociados a nuevas obras lineales.

De manera complementaria, el análisis desarrollado en el Capítulo II de esta Manifestación demuestra que el proyecto mantiene congruencia con los instrumentos jurídicos y de ordenamiento territorial aplicables, incluyendo el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, los instrumentos de planeación urbana del municipio de Hueypoxtla y las disposiciones federales en materia ambiental, forestal, de biodiversidad y de transición energética. Esta congruencia normativa constituye un elemento adicional que fortalece su compatibilidad territorial.

Consideraciones generales: la integración de la información ambiental, socioeconómica y de infraestructura permite concluir que el proyecto Tepetate Solar presenta un elevado grado de compatibilidad territorial. Su establecimiento aprovecha un territorio previamente transformado por actividades agropecuarias, con adecuada accesibilidad y disponibilidad de infraestructura eléctrica, evitando procesos de expansión urbana, modificaciones sustanciales del patrón regional de ocupación del suelo o conflictos relevantes con los usos predominantes del territorio**.**

En consecuencia, la incorporación de la planta fotovoltaica constituye una forma de diversificación del aprovechamiento productivo de la Región Ecológica, compatible con la vocación rural del municipio de Hueypoxtla y con las políticas nacionales orientadas al incremento de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables. La implementación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento ambiental previstas en esta Manifestación permitirá mantener dicha compatibilidad durante las diferentes etapas del proyecto, favoreciendo un desarrollo territorial ambientalmente responsable y técnicamente viable.

Patrimonio cultural y elementos de valor social: el patrimonio cultural y los elementos de valor social representan el conjunto de bienes materiales e inmateriales que reflejan la historia, la identidad y la memoria colectiva de las comunidades asentadas en un territorio. Su caracterización dentro de una Manifestación de Impacto Ambiental Regional tiene como finalidad identificar aquellos elementos cuyo valor histórico, arqueológico, arquitectónico, religioso, paisajístico o simbólico pudiera resultar susceptible de afectación por el desarrollo del proyecto, así como evaluar la compatibilidad de las obras con el contexto sociocultural de la región.

Patrimonio cultural y elementos de valor social en la Región Ecológica: la Región Ecológica en la que se desarrollará el proyecto Tepetate Solar forma parte de una zona con una larga ocupación humana, cuyos antecedentes se remontan a los asentamientos prehispánicos establecidos en la Cuenca de México y en el valle del río Salado. A lo largo del proceso histórico, el territorio ha experimentado una transformación asociada a las actividades agrícolas, ganaderas y al establecimiento de comunidades rurales que conservan diversos elementos de identidad cultural vinculados al aprovechamiento tradicional de la tierra.

En la región destacan manifestaciones del patrimonio cultural representadas por templos históricos, capillas, haciendas, caminos tradicionales, espacios comunitarios y sitios de valor histórico local distribuidos principalmente dentro de los centros de población. De igual manera, las festividades patronales, celebraciones religiosas, actividades agropecuarias tradicionales y formas de organización comunitaria constituyen expresiones relevantes del patrimonio cultural inmaterial que fortalecen la identidad de las localidades.

Desde el punto de vista arqueológico, la región forma parte de un territorio donde históricamente han existido asentamientos humanos desde épocas prehispánicas, por lo que no puede descartarse la presencia de vestigios arqueológicos aislados asociados a antiguos patrones de ocupación del territorio. En consecuencia, cualquier hallazgo fortuito durante las actividades de construcción deberá atenderse conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos y bajo la supervisión del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Patrimonio cultural y elementos de valor social en el municipio de Hueypoxtla: el municipio de Hueypoxtla posee un patrimonio cultural estrechamente relacionado con su origen colonial y con la permanencia de actividades rurales tradicionales. La cabecera municipal y diversas localidades conservan edificaciones religiosas de valor histórico, espacios públicos tradicionales, plazas, cementerios, capillas y otros inmuebles que forman parte de la memoria histórica del municipio.

Las festividades patronales, celebraciones religiosas, ferias locales y actividades agrícolas estacionales constituyen expresiones culturales de gran importancia para la población, favoreciendo la cohesión social y la conservación de tradiciones transmitidas entre generaciones. Asimismo, las formas de organización comunitaria asociadas al manejo de recursos, la producción agrícola y la participación en actividades colectivas representan elementos relevantes del patrimonio social del municipio.

En términos generales, estos bienes culturales y sociales se concentran dentro de las localidades y centros de población, donde cumplen funciones religiosas, comunitarias, recreativas y de identidad colectiva. Su distribución espacial se encuentra claramente diferenciada de las áreas agrícolas donde se localizará el proyecto.

Patrimonio cultural y elementos de valor social en el Área de Establecimiento del Proyecto: el Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a terrenos utilizados históricamente para actividades agrícolas de temporal y no presenta edificaciones históricas, inmuebles catalogados, monumentos, centros ceremoniales, espacios comunitarios permanentes o elementos arquitectónicos reconocidos como patrimonio cultural. Tampoco se identifican, dentro del polígono del proyecto, sitios de valor religioso o de uso social permanente que pudieran resultar directamente afectados por la instalación de la planta fotovoltaica.

La utilización continua del predio con fines agropecuarios ha propiciado una transformación importante del paisaje original, reduciendo la probabilidad de que existan elementos visibles de patrimonio cultural superficial dentro del Área de Establecimiento del Proyecto. No obstante, considerando la ocupación histórica del territorio en la región centro de México, no puede excluirse totalmente la posibilidad de encontrar materiales arqueológicos aislados durante las actividades de excavación y movimiento de tierras.

Por esta razón, durante la etapa de construcción se aplicará el procedimiento de atención a hallazgos fortuitos, suspendiendo inmediatamente los trabajos en el área donde eventualmente se identifique algún vestigio arqueológico y notificando oportunamente al Instituto Nacional de Antropología e Historia para que determine las acciones procedentes conforme a la legislación vigente.

Desde la perspectiva social, el proyecto tampoco afectará espacios públicos, centros comunitarios, áreas recreativas, escuelas, templos, cementerios o infraestructura destinada al desarrollo de actividades culturales de las comunidades cercanas. La operación de la planta fotovoltaica se desarrollará al interior de un predio de uso productivo, sin restringir el funcionamiento cotidiano de las localidades ni modificar las expresiones culturales propias del municipio.

Compatibilidad del proyecto con el patrimonio cultural y social: la localización del proyecto sobre terrenos agrícolas previamente transformados, alejados de los principales centros de población y de los bienes culturales identificados en la región, permite prever una adecuada compatibilidad con el patrimonio cultural y con los elementos de valor social existentes. La naturaleza de las obras no implica la intervención directa sobre inmuebles históricos, monumentos, sitios ceremoniales o espacios tradicionales utilizados por la población.

Asimismo, la aplicación del protocolo para el manejo de hallazgos arqueológicos fortuitos constituye una medida preventiva suficiente para garantizar la protección del patrimonio arqueológico que eventualmente pudiera localizarse durante la ejecución de las obras. De esta manera, el proyecto incorpora un mecanismo de prevención que asegura el cumplimiento de la legislación federal en materia de patrimonio cultural.

Consideraciones generales: el análisis realizado permite concluir que la Región Ecológica y el municipio de Hueypoxtla poseen un patrimonio cultural representado principalmente por bienes históricos, manifestaciones religiosas y tradiciones comunitarias concentradas en los centros de población, mientras que el Área de Establecimiento del Proyecto corresponde a terrenos agrícolas donde no se identifican elementos patrimoniales o sociales susceptibles de afectación directa.

En consecuencia, el establecimiento de la planta fotovoltaica Tepetate Solar presenta un alto grado de compatibilidad con el patrimonio cultural y los elementos de valor social de la región. La ubicación del proyecto, aunada a la implementación del procedimiento para la atención de hallazgos arqueológicos fortuitos y al respeto de las actividades comunitarias existentes, permite prever que no se producirán impactos significativos sobre el patrimonio histórico, arqueológico, cultural o social del territorio.

Paisaje, elemento integrador.

El paisaje constituye un factor ambiental integrador que expresa la forma en que los componentes naturales, seminaturales y antrópicos se distribuyen, relacionan y perciben dentro de un territorio. Su análisis no se limita a la apreciación visual o escénica del entorno, sino que comprende la organización espacial de los usos del suelo, la cobertura vegetal, los hábitats, la infraestructura y los elementos físicos que, en conjunto, determinan la estructura y el funcionamiento ecológico del territorio. Desde esta perspectiva, el paisaje representa la manifestación espacial de las interacciones entre el medio abiótico, el subsistema biótico y las actividades humanas, por lo que constituye una unidad fundamental para interpretar los procesos de transformación ambiental, fragmentación, conectividad y conservación de la biodiversidad (Forman & Godron, 1986)[93]; (Turner et al., 2001)[94].

La incorporación del paisaje en la línea base ambiental permite superar una descripción aislada de los componentes del medio y entenderlos como parte de un mosaico territorial dinámico. El análisis paisajístico permite reconocer cuáles son las coberturas dominantes, cómo se distribuyen los remanentes de vegetación, qué elementos mantienen la conectividad ecológica, dónde se concentran las zonas de transición y cuáles son las principales barreras que restringen el desplazamiento de los organismos o interrumpen la continuidad de los hábitats. Asimismo, facilita la identificación de patrones de ocupación del territorio, tendencias de transformación y áreas con diferente grado de sensibilidad frente al establecimiento de nuevas obras o actividades.

En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, el paisaje refleja un proceso histórico de sustitución y fragmentación del matorral crasicaule, asociado principalmente con la expansión de la agricultura, la ganadería, los asentamientos y la infraestructura. Como resultado, el territorio presenta actualmente una configuración heterogénea, dominada por una matriz agropecuaria dentro de la cual persisten remanentes de vegetación natural y secundaria, linderos, árboles aislados, cactáceas, agaves, cauces temporales y otros elementos seminaturales. Aunque algunos de estos componentes ocupan superficies reducidas, su

importancia ecológica es considerable, debido a que proporcionan refugio, alimento, sitios de reproducción y rutas de desplazamiento para la fauna, además de contribuir a la protección del suelo, la infiltración del agua y la permanencia de procesos ecológicos esenciales.

El análisis del paisaje en la Región Ecológica permite, por tanto, establecer el contexto territorial dentro del cual se inserta el proyecto y valorar si el Área de Establecimiento del Proyecto forma parte de una cobertura extensa y continua, de un fragmento aislado, de una zona de transición o de un espacio estratégico para la conectividad. Esta escala regional es indispensable para identificar efectos que no podrían advertirse mediante el análisis exclusivo del predio, tales como la pérdida acumulativa de remanentes, el incremento del aislamiento entre hábitats o la interrupción de elementos lineales que conectan distintas porciones del territorio.

Por su parte, la caracterización del paisaje en el Área de Establecimiento del Proyecto permite reconocer con mayor precisión la disposición de los terrenos agrícolas, la vegetación residual, los bordes, los cauces, los árboles aislados y las obras de infraestructura existentes. Esta información es relevante para determinar cuáles elementos pueden ser afectados directamente por las obras, cuáles deben conservarse y qué medidas de diseño y manejo resultan necesarias para evitar una fragmentación adicional. En este sentido, la línea base paisajística constituye un referente técnico para orientar la ubicación de componentes, caminos, cercados y áreas auxiliares, así como para definir medidas de integración, restauración y mantenimiento de la permeabilidad ecológica.

El factor paisaje también tiene importancia para la evaluación de los impactos ambientales, ya que la construcción y operación de una planta fotovoltaica modifican la composición, la estructura y la percepción visual del territorio. La instalación de módulos, vialidades, cercados, líneas eléctricas y demás infraestructura introduce nuevos elementos geométricos y tecnológicos en un entorno predominantemente rural. Sin embargo, la magnitud de esta transformación no depende únicamente de la visibilidad de las obras, sino también del grado de modificación previa del sitio, de la continuidad de la vegetación natural, de la calidad escénica y ecológica del entorno y de la capacidad del paisaje para integrar la nueva infraestructura sin perder sus funciones principales.

Para desarrollar esta caracterización, el paisaje de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto se analizará mediante siete componentes básicos:

a) **Matriz paisajística**, correspondiente a la cobertura dominante y de mayor continuidad dentro del territorio, que condiciona la dinámica general del paisaje y el desplazamiento de las especies.
b) **Parches de vegetación natural y secundaria**, integrados por fragmentos diferenciados respecto de la matriz, que conservan hábitats, recursos y biodiversidad.
c) **Corredores y elementos lineales**, constituidos por linderos vegetados, cauces temporales, setos, alineaciones de árboles y otras estructuras alargadas que favorecen la conectividad ecológica.

d) **Bordes y zonas de transición**, definidos como los espacios de contacto entre coberturas diferentes, en los cuales se concentran cambios ambientales, interacciones ecológicas y efectos derivados de la perturbación.
e) **Nodos y elementos naturales aislados**, representados por árboles, grupos de arbustos, cactáceas, agaves, depresiones, afloramientos u otros componentes puntuales que funcionan como sitios de refugio, alimentación o enlace entre hábitats.
f) **Barreras e infraestructura fragmentante**, que comprenden caminos, cercados impermeables, asentamientos, superficies desprovistas de vegetación y obras que dificultan el movimiento de la fauna o interrumpen la continuidad del mosaico.
g) **Configuración y funcionalidad general del mosaico**, entendida como la integración de los componentes anteriores y la forma en que su tamaño, distribución, continuidad, aislamiento y conectividad determinan el funcionamiento ecológico del paisaje.

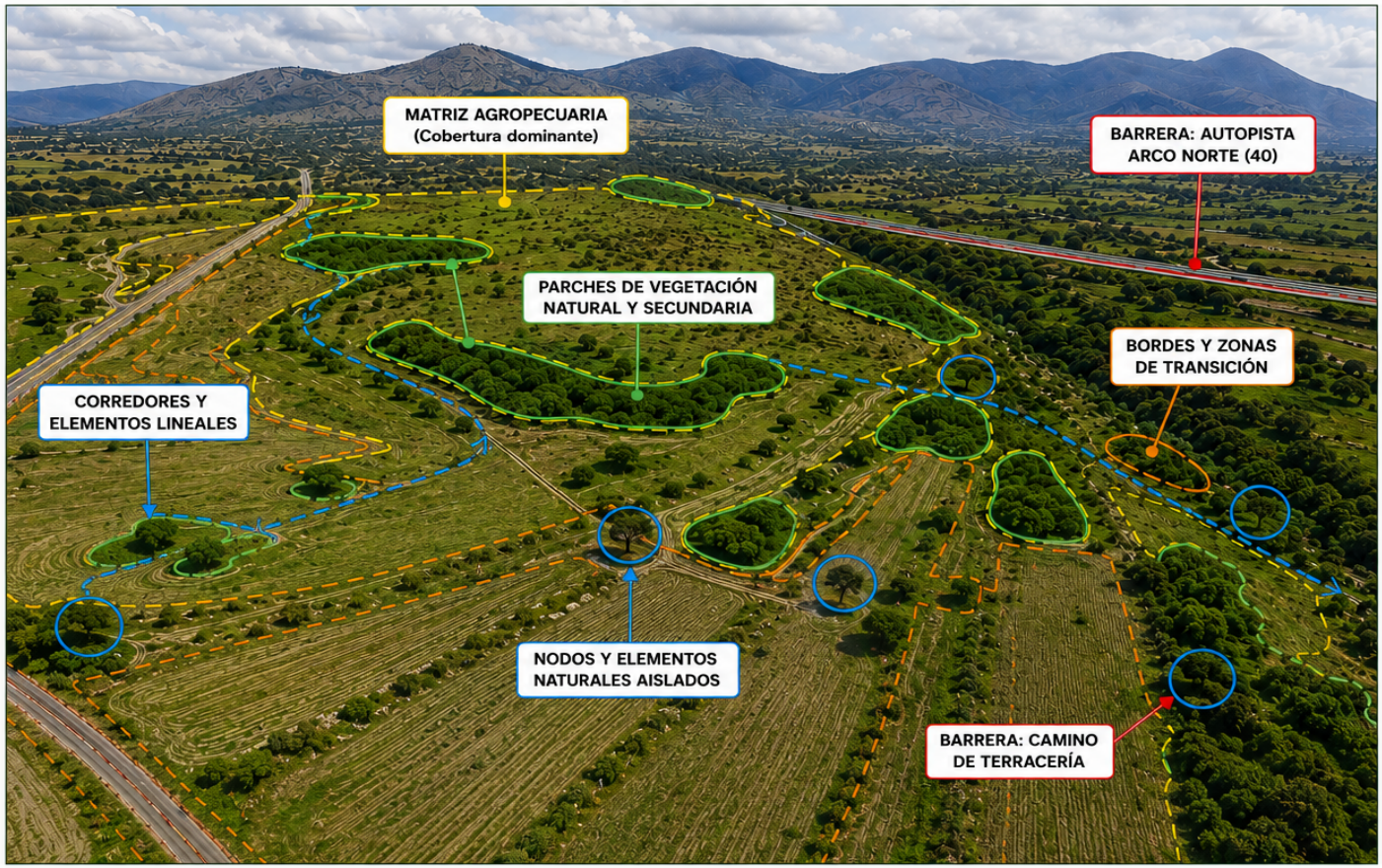
El análisis conjunto de estos siete componentes permitirá establecer una interpretación territorial de la línea base ambiental, identificar los elementos que concentran mayor valor ecológico o paisajístico y definir la manera en que el proyecto puede modificar la estructura y la funcionalidad del mosaico. De este modo, la caracterización del paisaje servirá como vínculo entre la descripción de los componentes ambientales y la posterior evaluación de los impactos, al proporcionar una base espacial para valorar la fragmentación, la conectividad, la integración visual y la conservación de las funciones ecológicas del territorio.

Figura 30

MATRIZ AGROPECUARIA DOMINANTE Y COMPONENTES DEL PAISAJE

Región Ecológica del proyecto **Tepetate Solar**, Hueypoxtla, Estado de México

(Fotografía área con dron – 26 de junio de 2026)



SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cobertura dominante)
- Parches de vegetación natural y secundaria
- Corredores y elementos lineales
- Bordes y zonas de transición
- Nodos y elementos naturales aislados
- Barreras e infraestructura fragmentante

INTERPRETACIÓN

La imagen muestra la matriz agropecuaria como la cobertura predominante del paisaje, constituida por parcelas de cultivo y áreas de pastoreo de temporal, intercaladas con elementos naturales que aumentan la heterogeneidad del territorio.

Los parches de vegetación, corredores lineales, bordes de transición y nodos aislados funcionan como elementos clave para la conectividad ecológica y el mantenimiento de procesos ecosistémicos.

Las infraestructuras viales (autopista y caminos de terracería) actúan como barreras que modifican la continuidad del mosaico paisajístico.

DATOS DE REFERENCIA

Fecha de toma: 26 de junio de 2026
Equipo: Dron
Coordenadas centro aproximación: 14Q 491498 mE 2208270 mN
Altitud de vuelo aproximada: 120 m
Dirección de vista: SE – NO

Nota: Los límites y elementos señalados son de carácter indicativo para fines de interpretación paisajística y no representan delimitaciones oficiales.

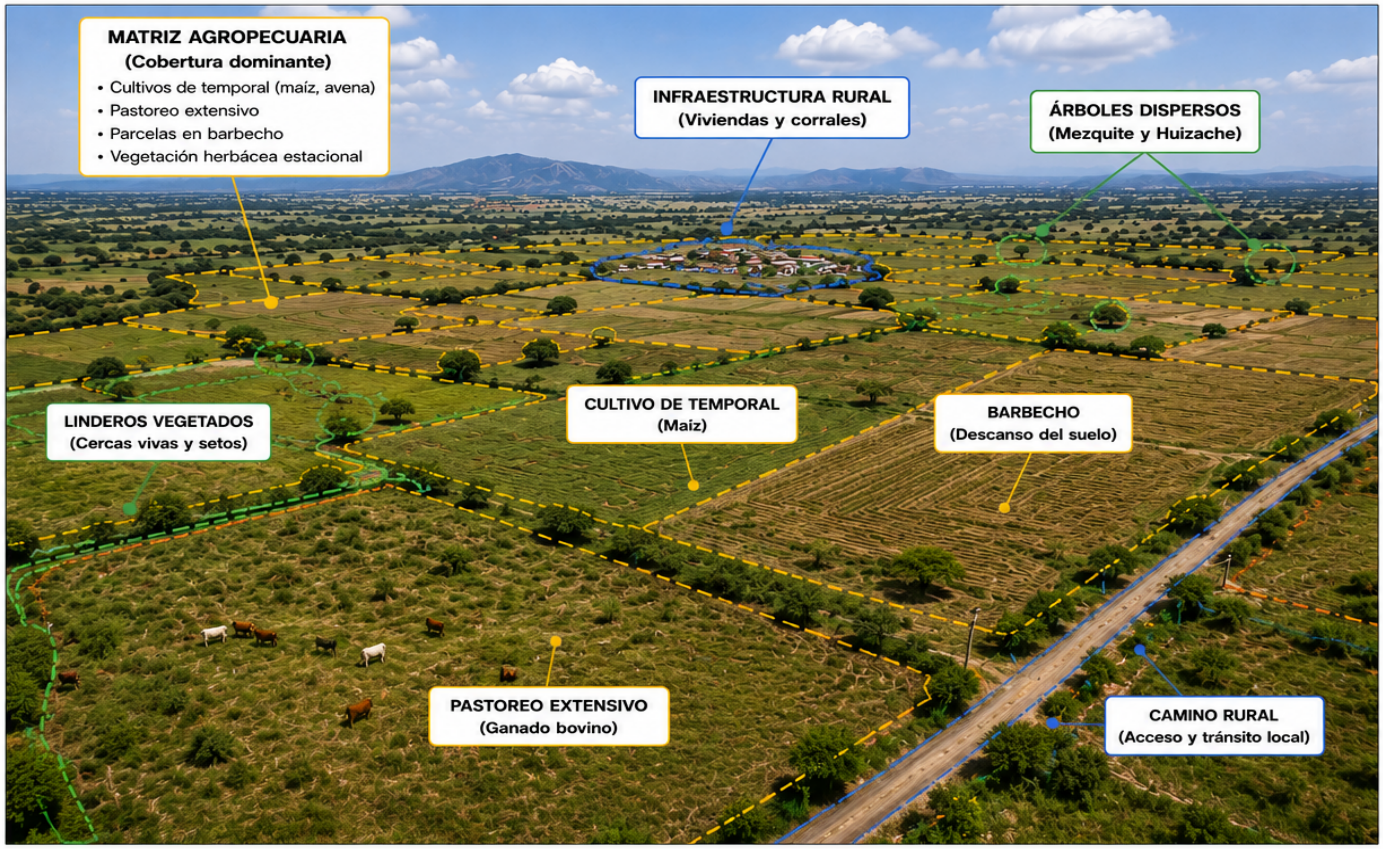
Fuente: Trabajo de campo y análisis paisajístico propio.

Figura 31

EXPRESIÓN DE LA MATRIZ AGROPECUARIA EN EL ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO

Proyecto Tepetate Solar, Santa María Ajoloapan, Hueypoxtla, Estado de México

Vista aérea con dron – 26 de junio de 2026
14Q 491100 2205820



SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cobertura dominante)
- Elementos vegetados (árboles y linderos)
- Infraestructura rural (viviendas y corrales)
- Caminos rurales
- Bordes y zonas de transición (ecotonos)
- Árboles dispersos

INTERPRETACIÓN

La imagen muestra la expresión espacial de la matriz agropecuaria, que constituye la cobertura predominante en el área de establecimiento del proyecto.

Está conformada por parcelas de cultivo de temporal, áreas de barbecho y pastoreo extensivo, intercaladas con elementos vegetados como árboles dispersos, linderos con vegetación y cercas vivas, así como infraestructura rural y caminos de acceso.

Esta configuración genera un mosaico agropecuario heterogéneo que mantiene elementos naturales y procesos ecológicos esenciales en el paisaje.

DATOS DE REFERENCIA

Fecha de toma: 26 de junio de 2026
Equipo: Dron
Coordenadas centro aproximado: 14Q 491498 mE 2208270 mN
Altitud de vuelo aproximada: 120 m s.n.m.
Dirección de vista: SE – NO

Nota: Los límites y elementos señalados son de carácter indicativo para fines de interpretación paisajística y no representan delimitaciones oficiales.

Fuente: Trabajo de campo y análisis paisajístico propio.

Parches de vegetación natural y secundaria

Los parches de vegetación natural y secundaria constituyen unidades discretas del paisaje que se diferencian de la matriz agropecuaria dominante por su composición florística, estructura, cobertura y funcionamiento ecológico. Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, un parche corresponde a una superficie relativamente homogénea que mantiene características distintas respecto de la cobertura circundante y que, por ello, desempeña funciones ecológicas particulares dentro del mosaico territorial (Forman & Godron, 1986, *op. Cit.*); (Forman, 1995, *op. Cit.*).

En la REcol del proyecto, los parches de vegetación se distribuyen de manera dispersa y presentan dimensiones variables. Se encuentran asociados principalmente a lomeríos rocosos, afloramientos calizos, terrenos con limitada aptitud agrícola, pequeñas depresiones, cauces temporales y áreas que históricamente no fueron incorporadas a las actividades agrícolas o pecuarias. Estos parches están conformados por remanentes del matorral crasicaule y por comunidades secundarias derivadas de procesos naturales de regeneración, donde predominan especies arbóreas, arbustivas y suculentas características del ambiente semiárido regional.

Aunque su superficie individual es reducida en comparación con la matriz agropecuaria, estos fragmentos poseen una elevada importancia ecológica. Funcionan como reservorios de biodiversidad, conservan poblaciones de flora nativa, proporcionan sitios de refugio, alimentación y reproducción para numerosas especies de fauna silvestre y constituyen fuentes permanentes de propágulos que favorecen los procesos de regeneración natural de la vegetación. Asimismo, contribuyen a la protección del suelo frente a la erosión, incrementan la infiltración del agua, moderan las condiciones microclimáticas y mantienen procesos ecológicos esenciales como la polinización, la dispersión de semillas y el reciclaje de nutrientes.

En el AeP, los parches de vegetación natural y secundaria aparecen intercalados dentro de la matriz agrícola, principalmente en zonas donde las condiciones edáficas, la presencia de roca superficial o la pendiente limitaron el establecimiento de cultivos. Durante los recorridos de campo fue posible identificar agrupaciones de nopaleras, mezquitales, huizachales, pirules y otros elementos de vegetación secundaria que conservan una estructura más compleja que la del entorno agrícola inmediato. Estos fragmentos constituyen verdaderas "islas ecológicas" dentro del paisaje agropecuario, ya que concentran una mayor disponibilidad de alimento, cobertura vegetal y refugios para la fauna.

Las fotografías obtenidas durante el trabajo de campo muestran claramente que estos parches no representan relictos aislados sin funcionalidad, sino componentes activos del paisaje que mantienen relaciones ecológicas con los árboles dispersos, los linderos vegetados, los corredores lineales y los cauces temporales. En conjunto, forman una red de hábitats que incrementa la heterogeneidad del territorio y favorece el desplazamiento de organismos entre diferentes sectores de la Región Ecológica (Figuras 32 y 33).

Desde la perspectiva de la evaluación ambiental, estos parches representan los elementos de mayor sensibilidad dentro del paisaje agropecuario. Su pérdida o fragmentación puede reducir la disponibilidad de hábitats, incrementar el aislamiento entre poblaciones silvestres y disminuir la resiliencia ecológica del territorio. En consecuencia, durante el diseño y desarrollo del proyecto deberán identificarse aquellos fragmentos con mayor valor ecológico para favorecer su conservación, mantener su conectividad con otros elementos del paisaje y evitar una simplificación innecesaria del mosaico territorial.

En síntesis, los parches de vegetación natural y secundaria constituyen componentes estratégicos de la estructura ecológica de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto. A pesar de ocupar una proporción relativamente pequeña del territorio, concentran una parte importante de la biodiversidad local y desempeñan funciones esenciales para el mantenimiento de la integridad y funcionalidad del paisaje.

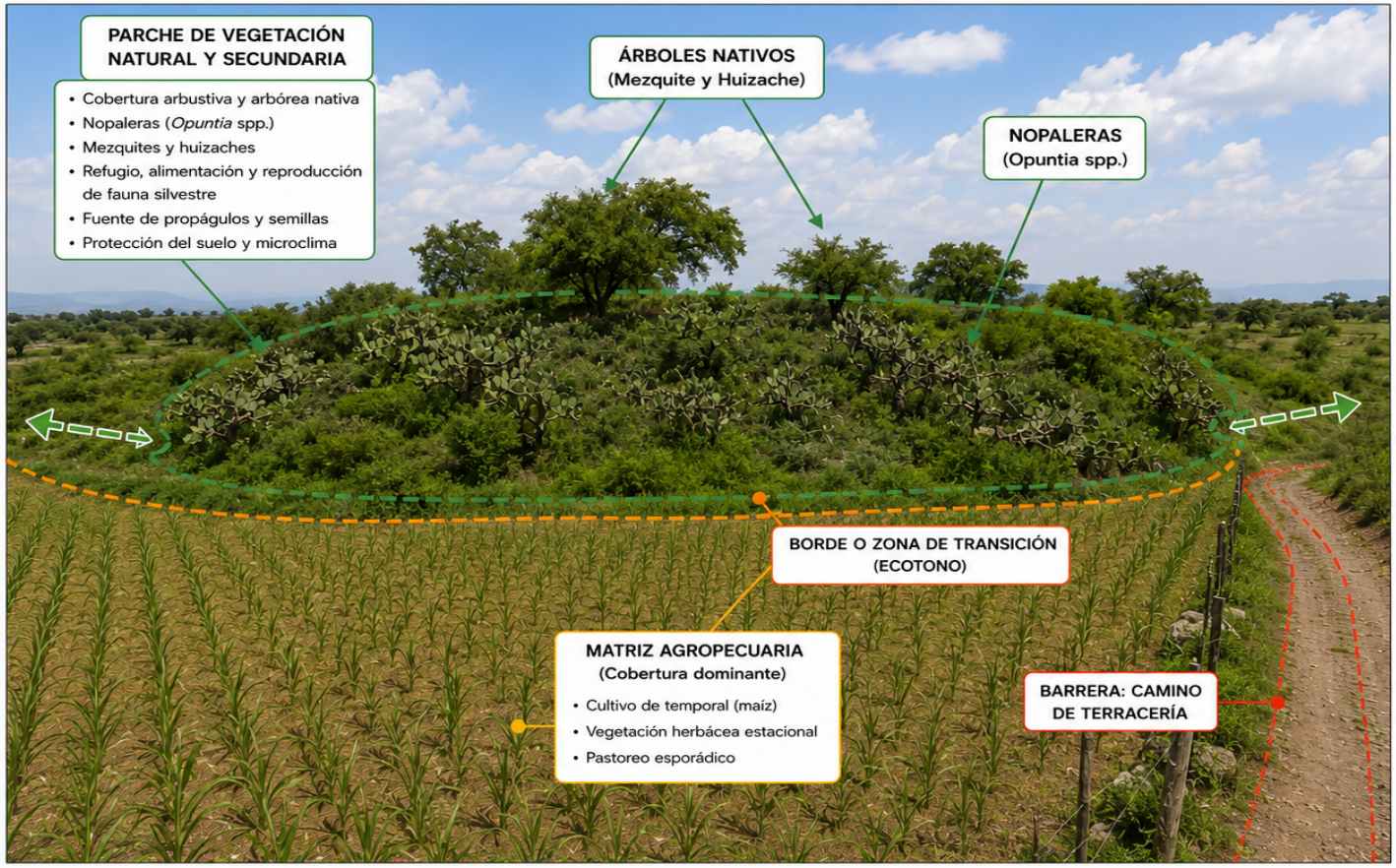
Figura 32

PARCHES DE VEGETACIÓN NATURAL Y SECUNDARIA DENTRO DE LA MATRIZ AGROPECUARIA

Área de Establecimiento del Proyecto Tepetate Solar, Hueypoxtla, Estado de México

(Fotografía terrestre – 26 de junio de 2026)

14Q 491498 2208270



SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cobertura dominante)
- Parches de vegetación natural y secundaria
- Corredores y elementos lineales (conectividad potencial)
- Infraestructura rural (viviendas y corrales)
- Bordes y zonas de transición (ecotonos)
- Nodos y elementos naturales aislados
- Barreras e infraestructura fragmentante

INTERPRETACIÓN

La imagen muestra un parche de vegetación natural y secundaria inmerso en la matriz agropecuaria. Estos parches actúan como reservorios de biodiversidad, proporcionan hábitats para la fauna silvestre, protegen el suelo y funcionan como fuentes de semillas que favorecen la regeneración natural.

El borde o ecotono que los rodea permite el intercambio de organismos, recursos y procesos ecológicos con la matriz circundante.

Los corredores potenciales, formados por árboles dispersos y otros elementos lineales en el paisaje, favorecen la conectividad ecológica entre parches.

DATOS DE REFERENCIA

Fecha de toma: 26 de junio de 2026

Equipo: Cámara digital

Coordenadas centro aproximado: 14Q 491498 2208270

Altitud: 2,300 m s.n.m.

Dirección de vista: SE – NO

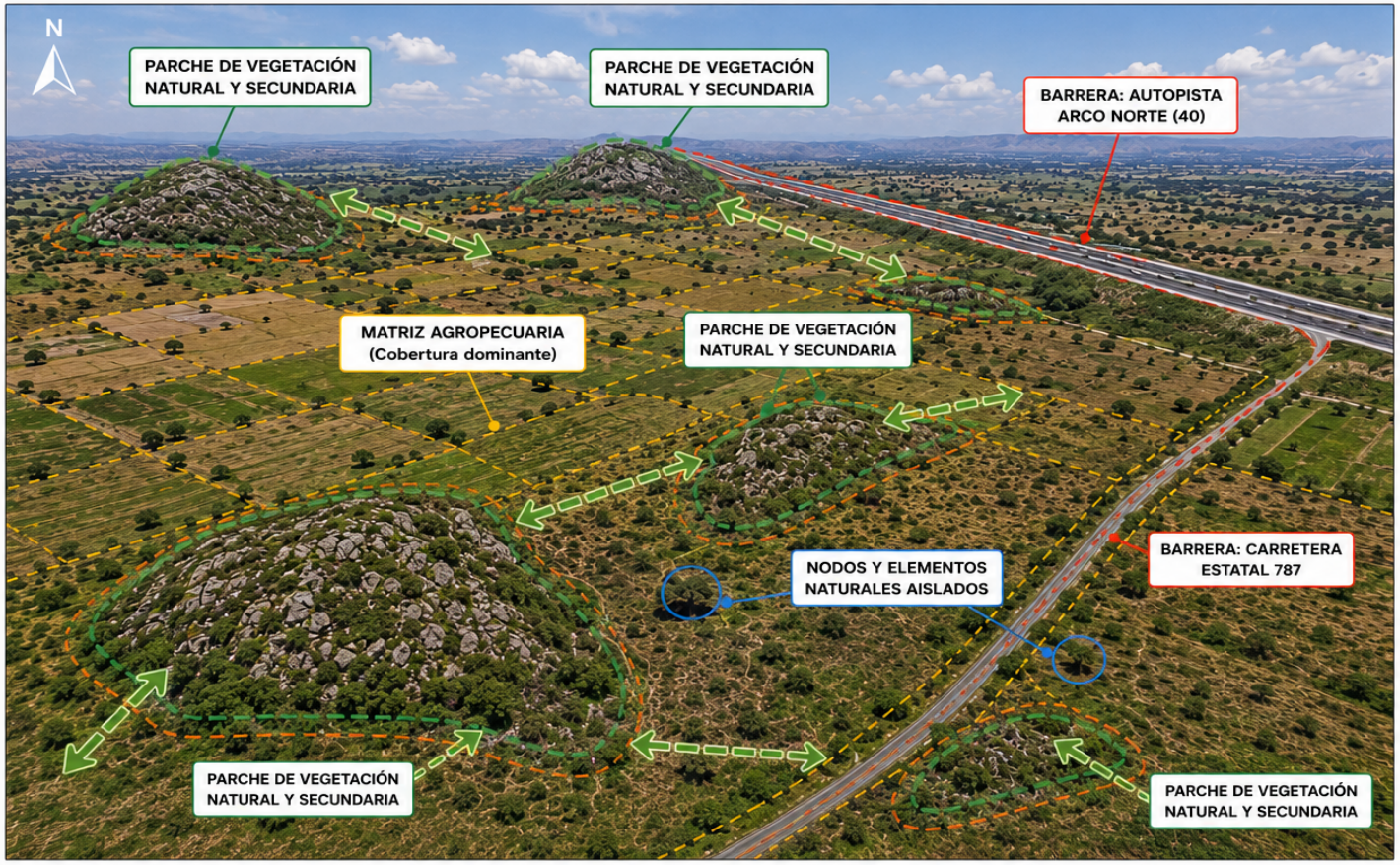
Nota: Los límites y elementos señalados son de carácter indicativo para fines de interpretación paisajística y no representan delimitaciones oficiales.

Fuente: Trabajo de campo y análisis paisajístico propio.

Figura 33

PARCHES DE VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADOS A LOMERÍOS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS DENTRO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO TEPETATE SOLAR

Vista aérea con dron – 26 de junio de 2026
14Q 491498 2208270



SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cobertura dominante)
- Parches de vegetación natural y secundaria
- Corredores y elementos lineales (conectividad potencial)
- Bordes y zonas de transición (ecotonos)
- Nodos y elementos naturales aislados
- Barreras e infraestructura fragmentante

INTERPRETACIÓN

La imagen permite identificar la matriz agropecuaria como la cobertura predominante del paisaje, constituida por parcelas de cultivo de temporal y áreas de pastoreo.

Los parches de vegetación natural y secundaria se localizan principalmente sobre lomeríos y afloramientos rocosos, donde las condiciones edáficas y la pendiente limitan el uso agrícola.

Estos parches funcionan como reservorios de biodiversidad y se relacionan entre sí a través de corredores y elementos lineales, que favorecen la conectividad ecológica en el territorio.

Las infraestructuras (autopista y carreteras) actúan como barreras que fragmentan el paisaje.

DATOS DE REFERENCIA

Fecha de toma: 26 de junio de 2026
Equipo: Dron
Coordenadas centro aproximado: 14Q 491498 2208270
Altitud de vuelo aproximada: 120 m s.n.m.
Dirección de vista: SE – NO

Nota: Los límites y elementos señalados son de carácter indicativo para fines de interpretación paisajística y no representan delimitaciones oficiales.

Fuente: Trabajo de campo y análisis paisajístico propio.

Corredores y elementos lineales

Los corredores y elementos lineales constituyen componentes fundamentales de la estructura del paisaje, ya que favorecen la conectividad ecológica entre los diferentes parches de vegetación y contribuyen al mantenimiento de los procesos biológicos que ocurren a escala del territorio. En ecología del paisaje, un corredor se define como una franja continua o casi continua de vegetación u otra cobertura que conecta áreas de hábitat, permitiendo el desplazamiento de organismos, el intercambio genético, la dispersión de semillas y el flujo de procesos ecológicos entre fragmentos del paisaje (Forman & Godron, 1986, *op. Cit.)*; (Bennett, 2003, *op. Cit.*).

En paisajes transformados por actividades agropecuarias, como ocurre en la REcol del proyecto Tepetate Solar, los corredores rara vez corresponden a extensas franjas de vegetación natural continua. Con mayor frecuencia están representados por una red de elementos lineales integrada por linderos arbolados, cercas vivas, alineaciones de mezquites y huizaches, nopaleras, magueyales, cauces temporales, pequeños drenajes naturales, franjas de vegetación secundaria y bordes vegetados de caminos rurales. Aunque cada uno de estos elementos posee dimensiones relativamente reducidas, en conjunto conforman una red funcional que incrementa la permeabilidad del paisaje y reduce el aislamiento entre los diferentes parches de vegetación.

En la REcol, la distribución de estos corredores responde tanto a las condiciones naturales del relieve como a la ocupación histórica del territorio. Los cauces temporales siguen las líneas naturales de escurrimiento superficial y conservan una cobertura vegetal relativamente continua debido a la mayor disponibilidad de humedad. Paralelamente, numerosos linderos agrícolas mantienen árboles aislados, nopaleras y vegetación arbustiva que, además de delimitar las parcelas, funcionan como corredores de desplazamiento para aves, pequeños mamíferos, reptiles, polinizadores y otros grupos faunísticos. La combinación de estos elementos lineales genera una red de conectividad de escala regional que enlaza los lomeríos, los remanentes de vegetación natural y las áreas agrícolas.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) también se identificó una red de corredores lineales integrada principalmente por linderos vegetados, alineaciones de magueyes, nopaleras, árboles dispersos asociados a límites parcelarios y pequeños cauces de escurrimiento temporal. Las observaciones realizadas durante los recorridos de campo muestran que estos elementos conservan una cobertura vegetal más desarrollada que la matriz agrícola circundante y constituyen rutas preferenciales para el desplazamiento de la fauna silvestre, además de proporcionar sitios de alimentación, refugio y descanso.

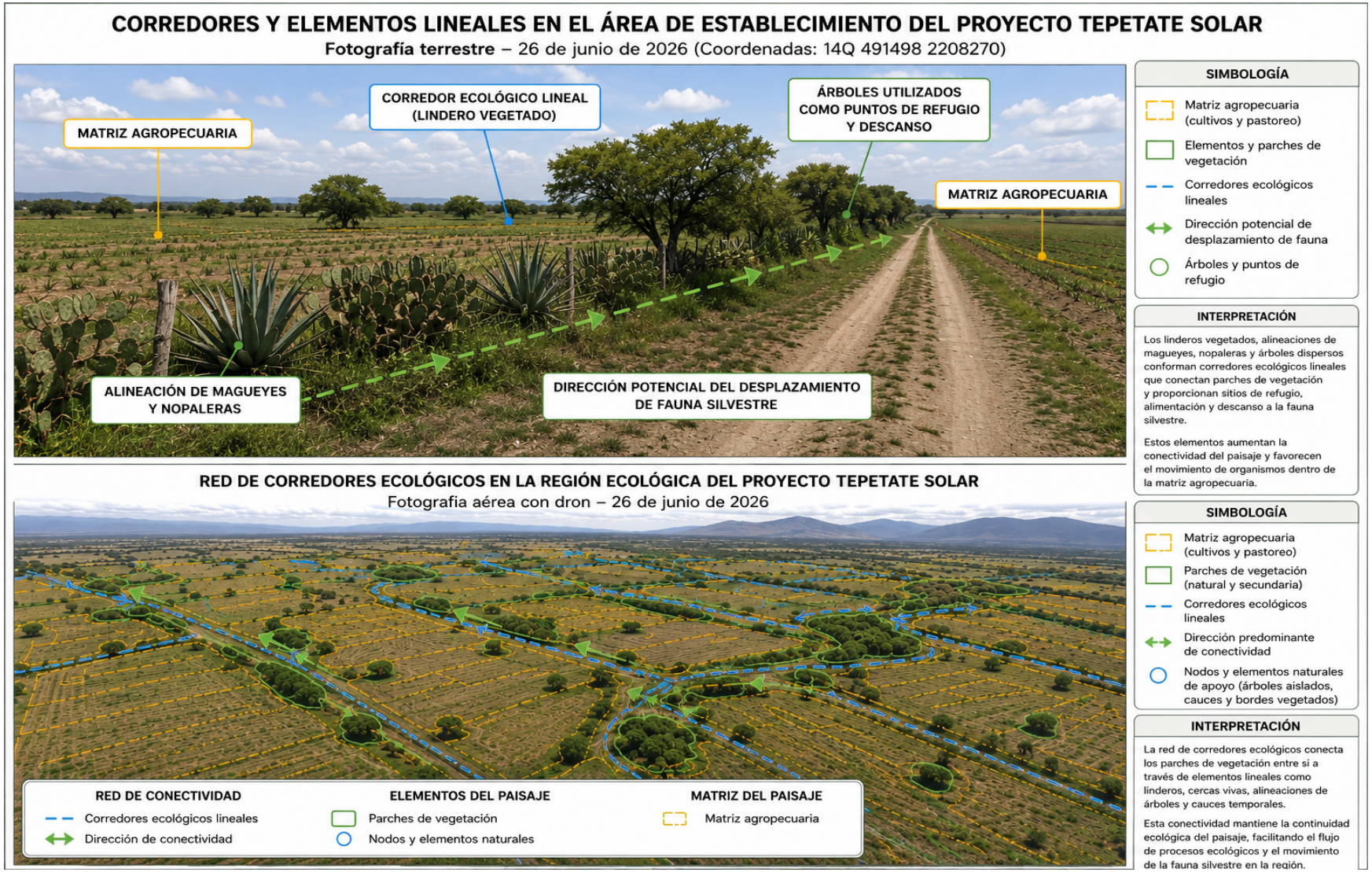
Las imágenes aéreas obtenidas mediante dron permiten apreciar con claridad que estos corredores no funcionan de manera aislada, sino que enlazan diversos parches de vegetación distribuidos dentro de la matriz agropecuaria, conformando una red de conectividad que mantiene la continuidad funcional del paisaje. En conjunto, estos elementos incrementan la heterogeneidad espacial del territorio y favorecen el mantenimiento de procesos ecológicos como la dispersión de semillas,

el movimiento de polinizadores, la recolonización de áreas perturbadas y el intercambio de individuos entre diferentes hábitats.

Desde la perspectiva ambiental, los corredores ecológicos representan uno de los componentes más importantes para conservar la funcionalidad del paisaje. Su eliminación o interrupción puede incrementar la fragmentación territorial, disminuir la conectividad entre hábitats y reducir la capacidad de desplazamiento de numerosas especies. Por esta razón, durante el diseño y establecimiento del proyecto resulta recomendable conservar, siempre que sea técnicamente viable, los linderos vegetados, árboles alineados, franjas arbustivas y demás elementos lineales existentes, incorporándolos a la configuración del proyecto como componentes permanentes del paisaje.

En términos generales, la Región Ecológica presenta una **conectividad funcional moderada**, sustentada precisamente en esta red de corredores y elementos lineales que enlaza la matriz agropecuaria con los parches de vegetación natural y secundaria. Esta condición constituye uno de los atributos ecológicos más relevantes del paisaje y representa un elemento estratégico para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos regionales.

Figura 34


CORREDORES Y ELEMENTOS LINEALES EN EL ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO TEPETATE SOLAR
Fotografía terrestre – 26 de junio de 2026 (Coordenadas: 14Q 491498 2208270)
MATRIZ AGROPECUARIA
CORREDOR ECOLÓGICO LINEAL (LINDERO VEGETADO)
ÁRBOLES UTILIZADOS COMO PUNTOS DE REFUGIO Y DESCANSO
MATRIZ AGROPECUARIA
ALINEACIÓN DE MAGUEYES Y NOPALERAS
DIRECCIÓN POTENCIAL DEL DESPLAZAMIENTO DE FAUNA SILVESTRE
SIMBOLOGÍA
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Elementos y parches de vegetación
Corredores ecológicos lineales
Dirección potencial de desplazamiento de fauna
Árboles y puntos de refugio
INTERPRETACIÓN
Los linderos vegetados, alineaciones de magueyes, nopaleras y árboles dispersos conforman corredores ecológicos lineales que conectan parches de vegetación y proporcionan sitios de refugio, alimentación y descanso a la fauna silvestre.
Estos elementos aumentan la conectividad del paisaje y favorecen el movimiento de organismos dentro de la matriz agropecuaria.
RED DE CORREDORES ECOLÓGICOS EN LA REGIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO TEPETATE SOLAR
Fotografia aérea con dron – 26 de junio de 2026
RED DE CONECTIVIDAD
Corredores ecológicos lineales
Dirección de conectividad
ELEMENTOS DEL PAISAJE
Parches de vegetación
Nodos y elementos naturales
MATRIZ DEL PAISAJE
Matriz agropecuaria
SIMBOLOGÍA
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Parches de vegetación (natural y secundaria)
Corredores ecológicos lineales
Dirección predominante de conectividad
Nodos y elementos naturales de apoyo (árboles aislados, cauces y bordes vegetados)
INTERPRETACIÓN
La red de corredores ecológicos conecta los parches de vegetación entre si a través de elementos lineales como linderos, cercas vivas, alineaciones de árboles y cauces temporales.
Esta conectividad mantiene la continuidad ecológica del paisaje, facilitando el flujo de procesos ecológicos y el movimiento de la fauna silvestre en la región.

Bordes y zonas de transición

Los **bordes y zonas de transición** constituyen las áreas de contacto entre dos o más unidades del paisaje con características estructurales y funcionales diferentes. En ecología del paisaje, estos espacios representan interfaces donde convergen coberturas distintas —por ejemplo, entre parcelas agrícolas y vegetación natural, entre lomeríos y zonas cultivadas, o entre cauces temporales y terrenos agrícolas— generando gradientes ambientales que favorecen el intercambio de materia, energía y organismos entre los diferentes componentes del mosaico territorial (Forman & Godron, 1986, *op. Cit*); (Murcia, 1995)[95].

A diferencia de los límites cartográficos, que suelen representarse mediante líneas definidas, los bordes ecológicos constituyen franjas de anchura variable donde las condiciones ambientales cambian de manera gradual. Estas zonas presentan modificaciones en la disponibilidad de luz, humedad, temperatura, velocidad del viento, composición florística y estructura de la vegetación, originando ambientes con características propias que frecuentemente albergan una elevada diversidad biológica.

En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, los bordes se distribuyen ampliamente como consecuencia de la alternancia entre parcelas agrícolas, remanentes de vegetación natural, lomeríos rocosos, cauces temporales y áreas con vegetación secundaria. Esta configuración genera una elevada longitud de interfaces ecológicas, incrementando la heterogeneidad espacial del paisaje y favoreciendo la interacción entre ecosistemas con distintos niveles de transformación.

Los recorridos de campo permitieron identificar numerosos ejemplos de estas zonas de transición, particularmente entre terrenos agrícolas y agrupaciones de nopaleras, mezquitales, huizachales y vegetación secundaria, donde la cobertura vegetal cambia de manera progresiva y no abrupta. En estos sitios se desarrolla una vegetación de composición mixta que aprovecha las condiciones intermedias generadas por ambas coberturas y proporciona recursos adicionales para numerosas especies de fauna silvestre.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)**,** los bordes ecológicos se localizan principalmente en los límites de las parcelas agrícolas, alrededor de pequeños parches de vegetación natural, en los márgenes de los cauces temporales, en linderos vegetados y en las transiciones entre áreas cultivadas y afloramientos rocosos. Estas zonas presentan una mayor diversidad estructural que la matriz agrícola uniforme, debido a la coexistencia de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas que incrementan la disponibilidad de refugios, sitios de alimentación y áreas de desplazamiento para la fauna.

Desde el punto de vista ecológico, los bordes desempeñan funciones relevantes al facilitar el movimiento de organismos entre diferentes hábitats, favorecer la dispersión de semillas, concentrar recursos alimenticios y actuar como áreas de amortiguamiento entre ambientes contrastantes. Asimismo, contribuyen al

mantenimiento de la conectividad funcional del paisaje al enlazar corredores ecológicos, árboles aislados y parches de vegetación natural.

No obstante, los bordes también pueden ser susceptibles al denominado **efecto de borde**, fenómeno mediante el cual las condiciones ambientales de un ecosistema se modifican debido a la influencia de una cobertura adyacente. La intensidad de este efecto depende de la naturaleza de las coberturas en contacto, del contraste estructural entre ellas y de la amplitud de la zona de transición. En paisajes agropecuarios tradicionales, como el presente, estos efectos suelen ser menos severos que en paisajes altamente urbanizados o industrializados, debido a que la matriz agrícola mantiene cierta permeabilidad ecológica y conserva elementos naturales dispersos.

Las imágenes terrestres y aéreas obtenidas durante el trabajo de campo muestran claramente que las transiciones presentes en la Región Ecológica son predominantemente graduales y no abruptas, lo que favorece la continuidad funcional del paisaje y reduce el aislamiento entre los distintos componentes ecológicos. Esta condición constituye uno de los atributos que explican la permanencia de procesos ecológicos regionales a pesar de la transformación histórica del territorio.

Desde la perspectiva de la evaluación ambiental, la conservación de estas zonas de transición resulta conveniente porque incrementan la heterogeneidad del paisaje, contribuyen a la estabilidad ecológica y facilitan la conectividad entre los distintos elementos estructurales del mosaico territorial. En consecuencia, durante el establecimiento y operación del proyecto será recomendable mantener, en la medida de lo técnicamente viable, aquellos bordes vegetados y ecotonos que contribuyan a preservar la funcionalidad ecológica del Área de Establecimiento del Proyecto.

En conjunto, los bordes y zonas de transición representan componentes esenciales del paisaje regional, ya que regulan la interacción entre la matriz agropecuaria y los remanentes de vegetación natural, favoreciendo el mantenimiento de la biodiversidad y la continuidad de los procesos ecológicos que caracterizan a la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar.

Figura 35

CORREDORES Y ELEMENTOS LINEALES EN EL ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO TEPETATE SOLAR

Fotografía terrestre – 14Q 489547 2206989 – 26 de junio de 2026

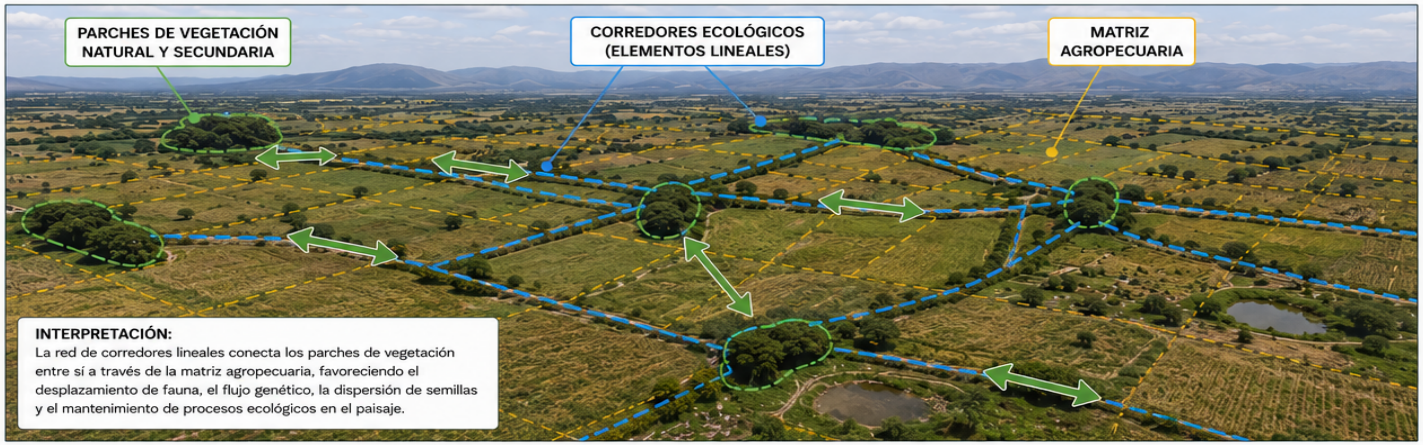


SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
- Elementos y parches de vegetación
- Corredores ecológicos lineales
- Dirección potencial de desplazamiento de fauna
- Árboles y puntos de refugio

RED DE CORREDORES ECOLÓGICOS EN LA MATRIZ AGROPECUARIA

Vista aérea con dron – 26 de junio de 2026



SIMBOLOGÍA

- Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
- Parches de vegetación natural y secundaria
- Corredores ecológicos (elementos lineales: linderos, cercas vivas, cauces temporales, alineaciones de árboles, etc.)
- Dirección predominante de conectividad ecológica
- Nodos y elementos naturales aislados (puntos de refugio o recursos)
- Infraestructura vial existente (barreras parciales)

Nota: Los límites y elementos señalados son de carácter indicativo para fines de interpretación paisajística y no representan delimitaciones oficiales.

Nodos y elementos naturales aislados.

Los nodos y elementos naturales aislados representan componentes estratégicos dentro de la estructura del paisaje debido a que funcionan como puntos de concentración de recursos ecológicos y como sitios de conexión entre los diferentes elementos que conforman el mosaico territorial. En ecología del paisaje, un nodo puede definirse como un elemento puntual que, por sus características estructurales y funcionales, concentra procesos ecológicos de relevancia y facilita el intercambio de organismos, materia y energía dentro del paisaje (Forman & Godron, 1986, *op. Cit.)*; (Forman, 1995)[96]. En paisajes agropecuarios, estos nodos suelen estar representados por árboles aislados, pequeñas agrupaciones arbóreas, nopaleras, magueyales, afloramientos rocosos con vegetación, pequeños humedales temporales o cualquier otro elemento natural que sobresale dentro de la matriz dominante y mantiene funciones ecológicas significativas.

En la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, los nodos naturales se encuentran distribuidos de manera relativamente uniforme dentro de la matriz agropecuaria y adquieren una importancia ecológica desproporcionadamente mayor respecto de su superficie. Los recorridos de campo permitieron identificar numerosos árboles aislados de mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Vachellia farnesiana*), pirul (*Schinus molle*) y sauces (*Salix* spp.), así como agrupaciones de nopales (*Opuntia* spp.) y magueyes (*Agave* spp.), que constituyen verdaderos centros locales de biodiversidad. Estos elementos ofrecen sombra, alimento, refugio, sitios de descanso, percha y reproducción para aves, mamíferos, reptiles, insectos polinizadores y otros organismos, desempeñando un papel esencial en la funcionalidad ecológica del paisaje (Manning *et al*., 2006)[97]; (Fischer *et al*., 2010)[98].

Desde el punto de vista ecológico, los árboles aislados representan uno de los componentes de mayor importancia dentro de los paisajes agrícolas tradicionales. Diversos estudios han demostrado que estos individuos incrementan significativamente la diversidad de aves, insectos y mamíferos, favorecen la dispersión de semillas, mantienen poblaciones de polinizadores y actúan como puntos de conexión entre corredores y parches de vegetación, reduciendo el aislamiento funcional del paisaje (Manning et al., 2006, *op. Cit.*); (Lindenmayer *et al*., 2014)[99]. Asimismo, contribuyen al mantenimiento del microclima, incrementan la infiltración del agua, estabilizan el suelo mediante sus sistemas radicales y aportan materia orgánica que mejora la fertilidad edáfica (Bennett, 2003)[100].

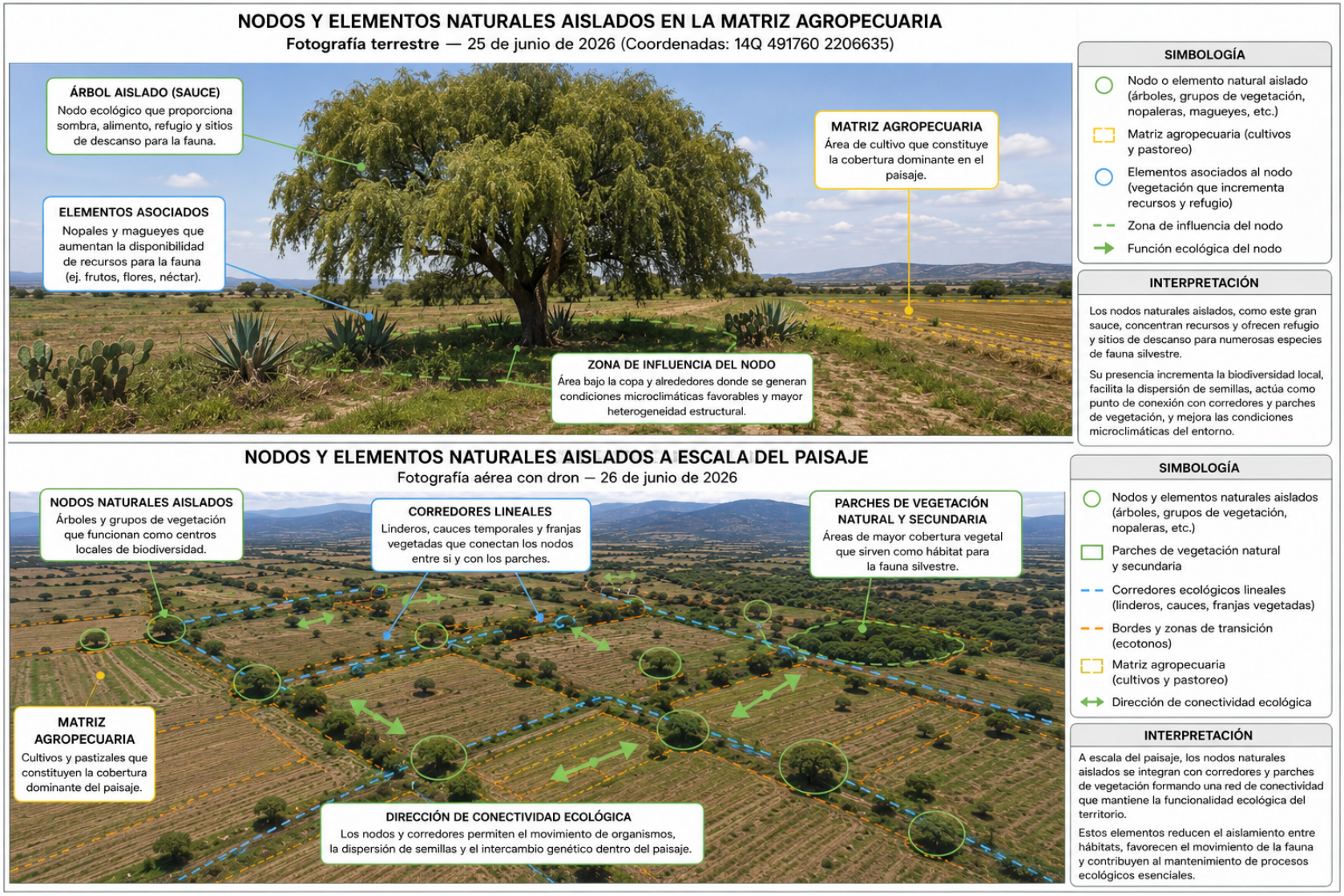
En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP), los nodos naturales aislados se localizan principalmente dentro de las parcelas agrícolas, en linderos, pequeñas elevaciones rocosas y márgenes de cauces temporales. Aunque su distribución es puntual, su influencia ecológica se extiende sobre superficies considerablemente mayores, ya que funcionan como estaciones intermedias utilizadas por numerosas especies durante sus desplazamientos diarios o estacionales. Las observaciones realizadas durante el trabajo de campo muestran que estos elementos forman parte de una red funcional que enlaza corredores lineales y parches de vegetación secundaria, incrementando la permeabilidad del paisaje para la fauna silvestre.

Las imágenes terrestres obtenidas durante el reconocimiento de campo permiten apreciar con claridad la función estructural de estos nodos. Los grandes sauces y pirules presentes dentro del AeP sobresalen sobre la vegetación circundante y constituyen referencias visuales del paisaje, además de proporcionar una compleja estructura vertical que favorece la presencia simultánea de múltiples especies de flora y fauna. De manera similar, las agrupaciones de nopales y magueyes forman pequeños núcleos de vegetación que enriquecen la heterogeneidad estructural del territorio y aumentan la disponibilidad de recursos alimenticios para diversas especies de aves, murciélagos e insectos.

Las fotografías aéreas complementan esta interpretación al evidenciar que los nodos naturales no se encuentran distribuidos aleatoriamente, sino que forman parte de un patrón espacial asociado a linderos agrícolas, afloramientos rocosos, pequeñas depresiones y corredores vegetados. Esta distribución favorece el mantenimiento de la conectividad funcional del paisaje, ya que reduce las distancias efectivas entre los diferentes hábitats y facilita el movimiento de organismos a través de la matriz agropecuaria (Taylor *et al*., 1993)[101]; (Saura et al., 2014)[102].

Desde la perspectiva de la evaluación ambiental, estos elementos representan componentes de alta prioridad para la conservación. Debido a su reducida superficie, su permanencia resulta compatible con el desarrollo de numerosas actividades productivas y su conservación aporta beneficios ecológicos significativamente mayores que el espacio que ocupan. En consecuencia, durante el diseño del proyecto resulta recomendable incorporar, siempre que sea técnicamente viable, los árboles aislados, agrupaciones de vegetación nativa y demás nodos naturales existentes dentro de la configuración final del parque fotovoltaico, de manera que continúen desempeñando su función como puntos de refugio, alimentación y conectividad ecológica.

Figura 36


NODOS Y ELEMENTOS NATURALES AISLADOS EN LA MATRIZ AGROPECUARIA
Fotografía terrestre — 25 de junio de 2026 (Coordenadas: 14Q 491760 2206635)
ÁRBOL AISLADO (SAUCE)
Nodo ecológico que proporciona sombra, alimento, refugio y sitios de descanso para la fauna.
ELEMENTOS ASOCIADOS
Nopales y magueyes que aumentan la disponibilidad de recursos para la fauna (ej. frutos, flores, néctar).
MATRIZ AGROPECUARIA
Área de cultivo que constituye la cobertura dominante en el paisaje.
ZONA DE INFLUENCIA DEL NODO
Área bajo la copa y alrededores donde se generan condiciones microclimáticas favorables y mayor heterogeneidad estructural.
SIMBOLOGÍA
Nodo o elemento natural aislado (árboles, grupos de vegetación, nopaleras, magueyes, etc.)
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Elementos asociados al nodo (vegetación que incrementa recursos y refugio)
Zona de influencia del nodo
Función ecológica del nodo
INTERPRETACIÓN
Los nodos naturales aislados, como este gran sauce, concentran recursos y ofrecen refugio y sitios de descanso para numerosas especies de fauna silvestre.
Su presencia incrementa la biodiversidad local, facilita la dispersión de semillas, actúa como punto de conexión con corredores y parches de vegetación, y mejora las condiciones microclimáticas del entorno.
NODOS Y ELEMENTOS NATURALES AISLADOS A ESCALA DEL PAISAJE
Fotografía aérea con dron — 26 de junio de 2026
NODOS NATURALES AISLADOS
Árboles y grupos de vegetación que funcionan como centros locales de biodiversidad.
CORREDORES LINEALES
Linderos, cauces temporales y franjas vegetadas que conectan los nodos entre sí y con los parches.
PARCHES DE VEGETACIÓN NATURAL Y SECUNDARIA
Áreas de mayor cobertura vegetal que sirven como hábitat para la fauna silvestre.
MATRIZ AGROPECUARIA
Cultivos y pastizales que constituyen la cobertura dominante del paisaje.
DIRECCIÓN DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA
Los nodos y corredores permiten el movimiento de organismos, la dispersión de semillas y el intercambio genético dentro del paisaje.
SIMBOLOGÍA
Nodos y elementos naturales aislados (árboles, grupos de vegetación, nopaleras, etc.)
Parches de vegetación natural y secundaria
Corredores ecológicos lineales (linderos, cauces, franjas vegetadas)
Bordes y zonas de transición (ecotonos)
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Dirección de conectividad ecológica
INTERPRETACIÓN
A escala del paisaje, los nodos naturales aislados se integran con corredores y parches de vegetación formando una red de conectividad que mantiene la funcionalidad ecológica del territorio.
Estos elementos reducen el aislamiento entre hábitats, favorecen el movimiento de la fauna y contribuyen al mantenimiento de procesos ecológicos esenciales.

En síntesis, los nodos y elementos naturales aislados constituyen componentes esenciales del paisaje de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto. A pesar de su carácter puntual, incrementan la diversidad estructural del territorio, fortalecen la conectividad ecológica, favorecen el mantenimiento de procesos ecosistémicos y contribuyen significativamente a la conservación de la biodiversidad en un paisaje dominado por actividades agropecuarias.

Barreras e infraestructura fragmentante

Las barreras e infraestructura fragmentante corresponden a aquellos elementos naturales o, con mayor frecuencia, antrópicos que interrumpen parcial o totalmente la continuidad espacial del paisaje y modifican la conectividad entre los diferentes componentes ecológicos que lo integran. Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, una barrera constituye cualquier estructura o cobertura cuya presencia limita el desplazamiento de organismos, altera los flujos de materia y energía o incrementa el aislamiento funcional entre los hábitats (Forman & Alexander, 1998)[103]; (Forman, 1995, *op. Cit.*). La intensidad de estos efectos depende de las características físicas de la infraestructura, de la movilidad de las especies involucradas y de la permeabilidad ecológica del paisaje circundante.

En paisajes rurales como el de la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, las principales barreras fragmentantes están representadas por carreteras, caminos revestidos y de terracería, líneas de transmisión eléctrica, cercados, infraestructura hidráulica y, en menor medida, por asentamientos humanos y zonas industriales. Si bien estas obras cumplen funciones esenciales para el desarrollo económico y social, también generan modificaciones en la estructura del paisaje al dividir la matriz agropecuaria, alterar la continuidad de los corredores ecológicos y reducir la conectividad entre los parches de vegetación natural y secundaria (Forman & Alexander, 1998, *op. Cit.*); (Trombulak & Frissell, 2000)[104].

Uno de los elementos de mayor influencia regional corresponde a la Autopista Arco Norte, infraestructura vial de altas especificaciones que atraviesa la Región Ecológica y constituye la principal barrera lineal del paisaje. Debido a sus características físicas, al volumen de tránsito vehicular y a la presencia de elementos asociados como taludes, cercos de protección y obras de drenaje, esta autopista representa una discontinuidad importante para numerosas especies de fauna terrestre, incrementando la fragmentación funcional del territorio. No obstante, la presencia de pasos hidráulicos, puentes y estructuras de drenaje puede proporcionar, para determinadas especies, oportunidades de cruce que atenúan parcialmente dicho efecto (Clevenger & Waltho, 2000)[105].

Además de la Autopista Arco Norte, la carretera estatal 787 y la red de caminos rurales existentes contribuyen a la configuración del paisaje fragmentado. Aunque estos caminos presentan un menor flujo vehicular y una anchura considerablemente inferior a la autopista, generan efectos locales de fragmentación al dividir parcelas agrícolas y modificar la continuidad de algunos corredores vegetados. Sin embargo, debido a su menor intensidad de uso y a la permanencia de vegetación en sus

márgenes, su efecto barrera resulta relativamente reducido y, en algunos casos, los propios bordes vegetados funcionan como corredores lineales para diversas especies de fauna y flora.

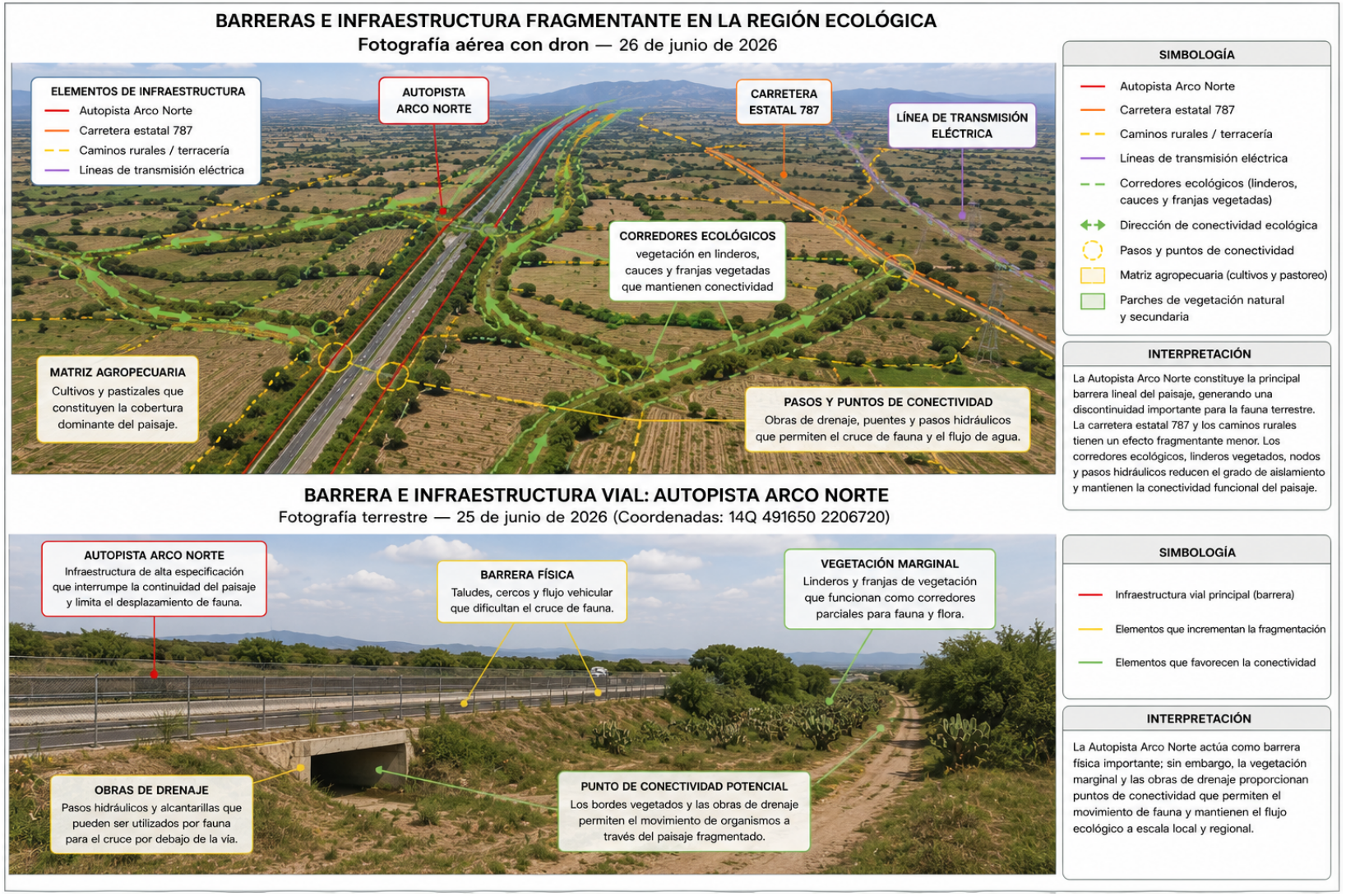
Las líneas de transmisión eléctrica presentes en la Región Ecológica también constituyen elementos lineales que modifican parcialmente la estructura del paisaje. Su efecto fragmentante es generalmente menor que el asociado a la infraestructura carretera, debido a que ocupan una superficie reducida y permiten la permanencia de vegetación herbácea y arbustiva bajo el derecho de vía. No obstante, dependiendo de la especie considerada, estas estructuras pueden influir en los patrones de desplazamiento de aves y, en determinados casos, representar riesgos de colisión o electrocución, particularmente para especies de gran tamaño (Bevanger, 1998)[106]; (Bernardino *et al*., 2018)[107].

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP**)**, la fragmentación derivada de la infraestructura existente es moderada y se encuentra principalmente asociada a caminos parcelarios, linderos, cercados y algunas obras menores de comunicación. Los recorridos de campo y las imágenes aéreas muestran que, pese a la presencia de estos elementos, la matriz agropecuaria mantiene una conectividad funcional relativamente adecuada gracias a la abundancia de árboles dispersos, linderos vegetados, nopaleras, magueyales y pequeños parches de vegetación secundaria que enlazan diferentes sectores del paisaje (Figura 37).

Desde la perspectiva de la evaluación ambiental, resulta importante distinguir entre la fragmentación estructural y la fragmentación funcional. La primera se refiere a la división física de la cobertura del territorio por la presencia de infraestructura, mientras que la segunda considera la capacidad real de los organismos para desplazarse entre los distintos hábitats. En el caso de la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar, aunque la infraestructura vial genera una fragmentación estructural evidente, la existencia de múltiples corredores ecológicos, nodos naturales y zonas de transición permite mantener una conectividad funcional moderada para gran parte de las especies características del paisaje agrícola semiárido (Taylor *et a*l., 1993, *op. Cot.*); (Saura et al., 2014, *op. Cit.)*).

Las imágenes aéreas obtenidas mediante dron muestran claramente esta condición. Desde una perspectiva regional puede observarse que la Autopista Arco Norte constituye el principal elemento lineal de fragmentación, mientras que los caminos rurales y la carretera estatal presentan un efecto de menor magnitud. Asimismo, las fotografías evidencian que numerosos corredores vegetados atraviesan o bordean estas infraestructuras, reduciendo parcialmente el grado de aislamiento entre los diferentes parches de vegetación.

Figura 37


BARRERAS E INFRAESTRUCTURA FRAGMENTANTE EN LA REGIÓN ECOLÓGICA
Fotografía aérea con dron — 26 de junio de 2026
ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA
Autopista Arco Norte
Carretera estatal 787
Caminos rurales / terracería
Líneas de transmisión eléctrica
AUTOPISTA ARCO NORTE
CARRETERA ESTATAL 787
LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA
CORREDORES ECOLÓGICOS
vegetación en linderos, cauces y franjas vegetadas que mantienen conectividad
MATRIZ AGROPECUARIA
Cultivos y pastizales que constituyen la cobertura dominante del paisaje.
PASOS Y PUNTOS DE CONECTIVIDAD
Obras de drenaje, puentes y pasos hidráulicos que permiten el cruce de fauna y el flujo de agua.
SIMBOLOGÍA
Autopista Arco Norte
Carretera estatal 787
Caminos rurales / terracería
Líneas de transmisión eléctrica
Corredores ecológicos (linderos, cauces y franjas vegetadas)
Dirección de conectividad ecológica
Pasos y puntos de conectividad
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Parches de vegetación natural y secundaria
INTERPRETACIÓN
La Autopista Arco Norte constituye la principal barrera lineal del paisaje, generando una discontinuidad importante para la fauna terrestre. La carretera estatal 787 y los caminos rurales tienen un efecto fragmentante menor. Los corredores ecológicos, linderos vegetados, nodos y pasos hidráulicos reducen el grado de aislamiento y mantienen la conectividad funcional del paisaje.
BARRERA E INFRAESTRUCTURA VIAL: AUTOPISTA ARCO NORTE
Fotografía terrestre — 25 de junio de 2026 (Coordenadas: 14Q 491650 2206720)
AUTOPISTA ARCO NORTE
Infraestructura de alta especificación que interrumpe la continuidad del paisaje y limita el desplazamiento de fauna.
BARRERA FÍSICA
Taludes, cercos y flujo vehicular que dificultan el cruce de fauna.
VEGETACIÓN MARGINAL
Linderos y franjas de vegetación que funcionan como corredores parciales para fauna y flora.
OBRAS DE DRENAJE
Pasos hidráulicos y alcantarillas que pueden ser utilizados por fauna para el cruce por debajo de la vía.
PUNTO DE CONECTIVIDAD POTENCIAL
Los bordes vegetados y las obras de drenaje permiten el movimiento de organismos a través del paisaje fragmentado.
SIMBOLOGÍA
Infraestructura vial principal (barrera)
Elementos que incrementan la fragmentación
Elementos que favorecen la conectividad
INTERPRETACIÓN
La Autopista Arco Norte actúa como barrera física importante; sin embargo, la vegetación marginal y las obras de drenaje proporcionan puntos de conectividad que permiten el movimiento de fauna y mantienen el flujo ecológico a escala local y regional.

Considerando las características del proyecto, la incorporación de la planta fotovoltaica deberá procurar mantener la mayor continuidad posible de los elementos naturales existentes, evitando generar nuevas barreras innecesarias dentro del paisaje. En este sentido, la conservación de árboles aislados, linderos vegetados y corredores ecológicos, así como el diseño de cercamientos permeables para fauna de pequeño y mediano tamaño y el mantenimiento de la conectividad entre parches de vegetación, contribuirán a minimizar la fragmentación funcional asociada al establecimiento del proyecto (Bennett, 2003, *op. Cit.*); (Clevenger & Huijser, 2011, *op. Cit)*.

En conjunto, las barreras e infraestructura fragmentante constituyen componentes inherentes al paisaje regional actual; sin embargo, la estructura heterogénea de la matriz agropecuaria, la presencia de numerosos elementos naturales dispersos y la red de corredores ecológicos existentes permiten conservar una conectividad funcional que continúa sustentando los principales procesos ecológicos de la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar.

Configuración y funcionalidad general del mosaico

La configuración del mosaico paisajístico representa la organización espacial que resulta de la distribución, tamaño, forma, conectividad e interacción entre la matriz dominante, los parches de vegetación, los corredores ecológicos, los bordes, los nodos naturales y la infraestructura existente. En ecología del paisaje, esta configuración constituye uno de los principales determinantes del funcionamiento ecológico de un territorio, ya que condiciona los flujos de organismos, materia y energía, así como la capacidad del paisaje para mantener procesos ecológicos y sostener la biodiversidad (Forman & Godron, 1986*, op. Cit.*); (Turner *et al*., 2001)[108].

Más allá de la simple presencia de los diferentes componentes estructurales, la funcionalidad del paisaje depende de la forma en que éstos interactúan entre sí. Un paisaje con numerosos elementos naturales pero completamente aislados presenta una funcionalidad ecológica menor que otro donde dichos elementos mantienen conexiones que permiten el movimiento de organismos y el intercambio de recursos. Por ello, la configuración espacial constituye un atributo tan importante como la composición del paisaje para evaluar su estado de conservación y su capacidad de respuesta frente a perturbaciones (Burel & Baudry, 2003)[109]; (Bennett, 2003, *op. Cit.*).

La Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar presenta un mosaico característico de las zonas semiáridas del Altiplano Central de México, conformado por una matriz agropecuaria ampliamente dominante, dentro de la cual se distribuyen remanentes de vegetación natural y secundaria asociados a lomeríos rocosos, afloramientos calizos, cauces temporales y terrenos con limitada aptitud agrícola. Esta matriz se encuentra interconectada mediante una red de corredores lineales integrada por linderos vegetados, alineaciones de árboles, nopaleras, magueyales y franjas de vegetación secundaria que enlazan los diferentes parches y favorecen la continuidad funcional del paisaje.

Las fotografías obtenidas durante los recorridos de campo y las imágenes aéreas captadas mediante dron permiten apreciar claramente que la configuración espacial del territorio responde a un mosaico agropecuario heterogéneo, donde coexisten parcelas agrícolas de temporal, áreas de pastoreo, árboles dispersos, agrupaciones de vegetación nativa, lomeríos y pequeñas depresiones con vegetación más desarrollada. Esta disposición genera una elevada diversidad estructural y explica la permanencia de múltiples procesos ecológicos que continúan operando a escala regional, pese a la transformación histórica del paisaje (Figura 38).

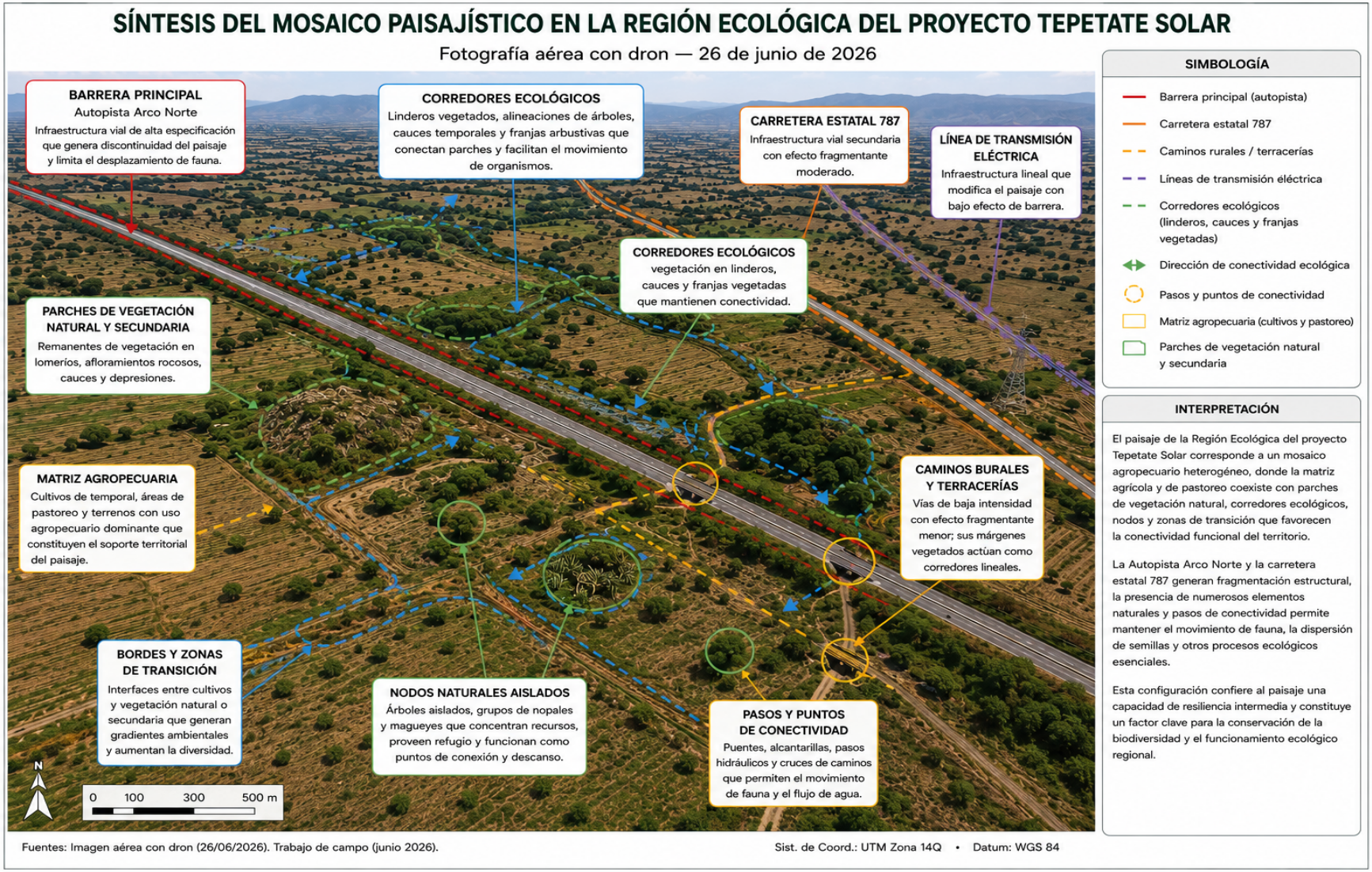
Los diferentes componentes descritos en los apartados anteriores funcionan de manera complementaria. La matriz agropecuaria constituye el soporte territorial predominante; los parches de vegetación natural y secundaria concentran gran parte de la biodiversidad; los corredores ecológicos favorecen la conectividad funcional; los bordes y zonas de transición incrementan la heterogeneidad ambiental; los nodos naturales aislados actúan como puntos estratégicos de refugio, alimentación y descanso para la fauna; mientras que las infraestructuras existentes introducen procesos localizados de fragmentación que son parcialmente compensados por la elevada permeabilidad ecológica de la matriz agropecuaria y por la continuidad de los corredores vegetados (Taylor et al., 1993*, op. Cit.*); (Saura *et al*., 2014, *op. Cit.*).

Desde el punto de vista funcional, el paisaje conserva una conectividad ecológica moderada, sustentada principalmente por la presencia de numerosos elementos naturales dispersos que reducen el aislamiento entre hábitats. La movilidad de aves, murciélagos, pequeños mamíferos, reptiles, polinizadores y otros organismos depende, en gran medida, de esta red de conexiones, la cual permite el intercambio genético, la dispersión de semillas, la recolonización de áreas perturbadas y el mantenimiento de procesos ecosistémicos fundamentales (Bennett, 2003, *op. Cit.*); (Fischer *et al*., 2010, *op. Cit.*).

La evaluación integral de la configuración del mosaico indica que el territorio no corresponde a un ecosistema natural continuo ni a un paisaje agrícola intensivamente simplificado, sino a un paisaje rural de alta heterogeneidad, donde la ocupación agropecuaria histórica ha coexistido con numerosos elementos naturales que mantienen una parte importante de la funcionalidad ecológica regional. Esta condición explica la persistencia de una riqueza considerable de flora y fauna, así como de procesos ecológicos que caracterizan al sistema ambiental regional.

En el Área de Establecimiento del Proyecto, esta configuración resulta particularmente relevante, ya que la planta fotovoltaica se desarrollará sobre una matriz previamente transformada por actividades agrícolas, dentro de la cual aún persisten diversos componentes naturales que incrementan la calidad ecológica del paisaje. En consecuencia, la planeación del proyecto deberá orientarse a conservar, en la medida de lo técnicamente viable, los árboles aislados, linderos vegetados, corredores ecológicos, parches de vegetación y demás elementos estructurales que contribuyen al mantenimiento de la conectividad funcional del territorio.

Figura 38


SÍNTESIS DEL MOSAICO PAISAJÍSTICO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO TEPETATE SOLAR
Fotografía aérea con dron — 26 de junio de 2026
BARRERA PRINCIPAL
Autopista Arco Norte
Infraestructura vial de alta especificación que genera discontinuidad del paisaje y limita el desplazamiento de fauna.
CORREDORES ECOLÓGICOS
Linderos vegetados, alineaciones de árboles, cauces temporales y franjas arbustivas que conectan parches y facilitan el movimiento de organismos.
CARRETERA ESTATAL 787
Infraestructura vial secundaria con efecto fragmentante moderado.
LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA
Infraestructura lineal que modifica el paisaje con bajo efecto de barrera.
CORREDORES ECOLÓGICOS
vegetación en linderos, cauces y franjas vegetadas que mantienen conectividad.
PARCHES DE VEGETACIÓN NATURAL Y SECUNDARIA
Remanentes de vegetación en lomeríos, afloramientos rocosos, cauces y depresiones.
MATRIZ AGROPECUARIA
Cultivos de temporal, áreas de pastoreo y terrenos con uso agropecuario dominante que constituyen el soporte territorial del paisaje.
CAMINOS BURALES Y TERRACERÍAS
Vías de baja intensidad con efecto fragmentante menor; sus márgenes vegetados actúan como corredores lineales.
BORDES Y ZONAS DE TRANSICIÓN
Interfaces entre cultivos y vegetación natural o secundaria que generan gradientes ambientales y aumentan la diversidad.
NODOS NATURALES AISLADOS
Árboles aislados, grupos de nopales y magueyes que concentran recursos, proveen refugio y funcionan como puntos de conexión y descanso.
PASOS Y PUNTOS DE CONECTIVIDAD
Puentes, alcantarillas, pasos hidráulicos y cruces de caminos que permiten el movimiento de fauna y el flujo de agua.
N
0 100 300 500 m
SIMBOLOGÍA
Barrera principal (autopista)
Carretera estatal 787
Caminos rurales / terracerías
Líneas de transmisión eléctrica
Corredores ecológicos (linderos, cauces y franjas vegetadas)
Dirección de conectividad ecológica
Pasos y puntos de conectividad
Matriz agropecuaria (cultivos y pastoreo)
Parches de vegetación natural y secundaria
INTERPRETACIÓN
El paisaje de la Región Ecológica del proyecto Tepetate Solar corresponde a un mosaico agropecuario heterogéneo, donde la matriz agrícola y de pastoreo coexiste con parches de vegetación natural, corredores ecológicos, nodos y zonas de transición que favorecen la conectividad funcional del territorio.
La Autopista Arco Norte y la carretera estatal 787 generan fragmentación estructural, la presencia de numerosos elementos naturales y pasos de conectividad permite mantener el movimiento de fauna, la dispersión de semillas y otros procesos ecológicos esenciales.
Esta configuración confiere al paisaje una capacidad de resiliencia intermedia y constituye un factor clave para la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento ecológico regional.
Fuentes: Imagen aérea con dron (26/06/2026). Trabajo de campo (junio 2026).
Sist. de Coord.: UTM Zona 14Q • Datum: WGS 84

En términos generales, la configuración actual del mosaico paisajístico permite concluir que la Región Ecológica presenta un nivel intermedio de integridad paisajística, caracterizado por una matriz agropecuaria dominante, una fragmentación estructural moderada, una conectividad funcional relativamente conservada y una elevada heterogeneidad espacial. Estos atributos proporcionan al paisaje una capacidad importante para mantener procesos ecológicos, conservar la biodiversidad y favorecer la resiliencia del sistema frente a perturbaciones de origen natural o antrópico (Turner et al., 2001, *op. Cit.*); (Wu, 2013)[110].

Finalmente, la configuración y funcionalidad del mosaico constituyen la expresión integradora de todos los componentes analizados en este capítulo y proporcionan la base conceptual para comprender la forma en que el establecimiento del proyecto puede modificar la organización espacial del territorio. En consecuencia, este análisis representa el referente fundamental para la evaluación de impactos sobre el paisaje que se desarrollará en apartados posteriores de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional.

Diagnóstico de la integridad funcional del paisaje y capacidad de soporte ecológico

El análisis desarrollado en los apartados precedentes permitió caracterizar la estructura, organización espacial y funcionamiento del paisaje de la Región Ecológica y del Área de Establecimiento del Proyecto mediante el estudio integrado de la matriz agropecuaria dominante, los parches de vegetación natural y secundaria, los corredores y elementos lineales, los bordes y zonas de transición, los nodos y elementos naturales aislados, las barreras e infraestructura fragmentante, así como de la configuración y funcionalidad general del mosaico paisajístico. En conjunto, estos siete componentes proporcionan una visión sistémica del paisaje y permiten evaluar no sólo su composición estructural, sino también los procesos ecológicos que mantienen su funcionamiento y la capacidad del territorio para conservar dichos procesos en el tiempo (Forman & Godron, 1986; Turner et al., 2001).

Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, el territorio donde se establecerá el proyecto Tepetate Solar no corresponde a un ecosistema natural continuo ni a un paisaje agrícola intensivamente simplificado, sino a un mosaico agropecuario heterogéneo, producto de una transformación histórica del territorio que ha permitido la permanencia de numerosos elementos naturales dispersos. La coexistencia de parcelas agrícolas, linderos vegetados, árboles aislados, nopaleras, magueyales, cauces temporales, afloramientos rocosos y remanentes de vegetación secundaria conforma una estructura espacial compleja que mantiene procesos ecológicos esenciales, entre ellos la conectividad funcional, el desplazamiento de fauna, la dispersión de semillas, la polinización, el intercambio genético y la regulación de diversos procesos ecosistémicos.

Esta condición explica que, a pesar de la fragmentación física generada por la infraestructura vial regional y por la transformación histórica del uso del suelo, la

Región Ecológica conserve una integridad funcional de nivel intermedio, entendida como la capacidad del sistema ambiental para mantener la organización espacial de sus componentes y la continuidad de los procesos ecológicos que caracterizan al paisaje. La existencia de corredores ecológicos, nodos naturales y zonas de transición permite reducir el aislamiento entre los remanentes de vegetación y mantener una conectividad funcional suficiente para numerosas especies de flora y fauna adaptadas al paisaje rural del Altiplano Central Mexicano (Taylor et al., 1993; Saura et al., 2014).

Esta interpretación resulta congruente con el criterio previsto en la fracción II del artículo 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que establece que, durante la evaluación de una Manifestación de Impacto Ambiental, la Secretaría deberá considerar: *"...la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos..."*. Para efectos del presente estudio, el concepto reglamentario de **integridad funcional** se entiende como la capacidad del sistema ambiental para conservar la organización espacial de sus componentes y mantener, en el largo plazo, los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento del paisaje. Por su parte, la referencia reglamentaria a las **capacidades de carga de los ecosistemas** se interpreta conforme al conocimiento ecológico contemporáneo como la capacidad del sistema ambiental para absorber perturbaciones, mantener su resiliencia, conservar su capacidad de soporte ecológico y continuar proporcionando servicios ecosistémicos sin experimentar una pérdida significativa de su estructura ni de sus funciones esenciales (Odum & Barrett, 2005; Chapin et al., 2011; Wu, 2013).

Bajo esta perspectiva, los resultados obtenidos en el diagnóstico paisajístico permiten concluir que el establecimiento del proyecto se desarrollará sobre una matriz agropecuaria previamente transformada por actividades productivas de larga duración, cuya funcionalidad ecológica depende, en gran medida, de la permanencia de los elementos naturales que incrementan la heterogeneidad espacial del territorio. En consecuencia, la conservación de corredores vegetados, árboles aislados, parches de vegetación secundaria, linderos, cauces temporales y demás componentes estructurales del paisaje constituye el principal mecanismo para preservar la integridad funcional del sistema ambiental regional durante el desarrollo del proyecto.

Asimismo, el análisis efectuado demuestra que la capacidad del paisaje para mantener sus procesos ecológicos no depende exclusivamente de la superficie ocupada por la vegetación natural, sino de la forma en que ésta se encuentra distribuida e interconectada dentro de la matriz agropecuaria. Por ello, las medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental se orientan a conservar dicha configuración espacial, minimizando la fragmentación adicional del territorio y favoreciendo la continuidad funcional de los principales elementos ecológicos identificados durante la caracterización de la línea base.

En este contexto, el proyecto Tepetate Solar se inserta en un sistema ambiental cuya organización espacial mantiene una funcionalidad ecológica compatible con el uso agropecuario predominante, siempre que durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento se preserven los componentes estructurales que sustentan dicha funcionalidad. La aplicación de las medidas de manejo ambiental previstas permitirá que el aprovechamiento del territorio ocurra sin comprometer la integridad funcional del paisaje ni reducir de manera significativa la capacidad del sistema ambiental para conservar los procesos ecológicos que lo caracterizan.

Tabla 43 Diagnóstico de la integridad funcional del paisaje y de la capacidad de soporte ecológico

Atributo funcional del paisaje	Diagnóstico de la Región Ecológica	Implicación para el proyecto Tepetate Solar
Matriz dominante	Agropecuaria de temporal y pastizales	El proyecto se inserta en un paisaje previamente transformado.
Heterogeneidad espacial	Alta	Favorece la diversidad de hábitats y procesos ecológicos.
Parches de vegetación	Distribución dispersa	Constituyen núcleos prioritarios para su conservación.
Corredores ecológicos	Moderadamente desarrollados	Mantienen la conectividad funcional del territorio.
Nodos naturales	Frecuentes	Funcionan como refugios y puntos de conexión ecológica.
Fragmentación estructural	Moderada	Asociada principalmente a la infraestructura vial regional.
Conectividad funcional	Moderadamente conservada	Permite el desplazamiento de fauna y el mantenimiento de procesos ecológicos.
Integridad funcional	Intermedia	Compatible con el establecimiento del proyecto bajo medidas de manejo.
Capacidad de soporte ecológico	Intermedia	Puede mantenerse mediante la conservación de los elementos estructurales del paisaje.
Resiliencia ecológica	Moderada	Favorece la recuperación del sistema ante perturbaciones controladas.
Diagnóstico general	Paisaje agropecuario heterogéneo funcional	El proyecto puede integrarse preservando la funcionalidad ecológica mediante las medidas ambientales propuestas.

En consecuencia, el diagnóstico integral del paisaje permite concluir que la Región Ecológica presenta una integridad funcional intermedia, una fragmentación estructural moderada, una conectividad funcional moderadamente conservada, una capacidad de soporte ecológico suficiente y una resiliencia compatible con el uso agropecuario histórico del territorio. Estas condiciones constituyen el referente técnico para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto y para valorar, en los párrafos subsecuentes del apartado de identificación y evaluación del impacto ambiental, la magnitud y significancia de las modificaciones que el establecimiento de la planta fotovoltaica pudiera generar sobre la estructura y funcionamiento del paisaje.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2004). *Degradación del suelo en la República Mexicana, escala 1:250,000*. CONABIO. Basado en la cartografía de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos y el Colegio de Postgraduados.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Erosión de suelos en México*. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2025). *Mapa municipal de uso del suelo y vegetación: Hueypoxtla, México. Escala 1:45,000, cobertura temporal 2024*. INEGI.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *Inventario Nacional de Suelos: Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*. SEMARNAT.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Atlas geográfico del medio ambiente y recursos naturales: Erosión hídrica y erosión eólica de los suelos*. SEMARNAT.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, & Colegio de Postgraduados. (2003). *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000: Memoria nacional 2001–2002*. SEMARNAT–Colegio de Postgraduados.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (Agriculture Handbook No. 537). United States Department of Agriculture.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Compilation of Air Pollutant Emissions Factors (AP-42), Chapter 13.2: Fugitive Dust Sources*. United States Environmental Protection Agency.
- World Health Organization (WHO). (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization.
- Summerfield, M. A. (1991). *Global Geomorphology*. Longman Scientific & Technical.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2021). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física* (13.ª ed.). Pearson.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology, 28*, 999–1023.
- Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics, 2*, 1–10. https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos, 68*(3), 571-573.
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602
- Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Landscape ecology: Concepts, methods, and applications*. Science Publishers.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M., & Martin, J.-L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters, 14*(2), 101–112. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x
- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. John Wiley & Sons.

- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2006). *Habitat fragmentation and landscape change: An ecological and conservation synthesis*. Island Press.
- Ries, L., Fletcher, R. J., Jr., Battin, J., & Sisk, T. D. (2004). Ecological responses to habitat edges: Mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35*, 491–522. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130148
- Ries, L., & Sisk, T. D. (2004). A predictive model of edge effects. *Ecology, 85*(11), 2917–2926. https://doi.org/10.1890/03-8021
- Eastman, J. R. (2016). *TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System: Manual*. Clark Labs, Clark University.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.
- INEGI. (2023). *Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2023). *Red Hidrográfica escala 1:50,000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- SEMARNAT. (2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. (2025). *Guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental modalidad Regional*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1 DOF, 2012. Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Diario Oficial de la Federación. 7/Sept/2012.

2 INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2022). *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Serie VII. Escala 1:250 000*. Aguascalientes, México: INEGI. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo

3 García, A.E., 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Gegrafía. UNAM. México.

4 INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía: climatología. Aguascalientes, México.

5 SMN, 2020. Normales climatológicas por estado. Consultado en la página web: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado

6 World Bank Group & ESMAP. (s. f.). *Global Solar Atlas: Frequently asked questions*. https://globalsolaratlas.info

7 Hernández-Escobedo, Q.; Franco, J.A.; Perea-Moreno, A.-J. 2022. GIS-Based Wind and Solar Power Assessment in Central Mexico. Applied Sciences. 12, 12800. https://doi.org/10.3390/app122412800

8 World Meteorological Organization. (2023). *Guide to instruments and methods of observation: Volume I, Measurement of meteorological variables* (WMO-No. 8). WMO

9 National Renewable Energy Laboratory. (s. f.). *Solar resource glossary*. NREL. https://www.nrel.gov/

10 European Commission, Joint Research Centre. (s. f.). *PVGIS data sources and calculation methods*. Photovoltaic Geographical Information System. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/

[11] Mani, M., & Pillai, R. (2010). *Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 3124–3131. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.065

[12] Sayyah, A., Horenstein, M. N., & Mazumder, M. K. (2014). *Energy yield loss caused by dust deposition on photovoltaic panels*. Solar Energy, 107, 576–604. https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.05.030

[13] Summerfield, M. A. (1991). *Global Geomorphology*. Longman Scientific & Technical.

[14] Ritter, D. F., Kochel, R. C., & Miller, J. R. (2011). *Process Geomorphology* (5th ed.).

[15] CONAGUA, 202. Resultados de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA Comisión Nacional del Agua. (2025).*)*. Gobierno de México.

[16] CNDH (s.f.). *Recomendación No. 159/2024 sobre violaciones a los derechos humanos relacionadas con la contaminación de la Presa Endhó y el río Tula*. Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

[17] CONAGUA, (2024). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán - Pachuca (1508), Estado de México. Comisión Nacional del Agua. México.

[18] Atlas Nacional de Riesgo. Sistema de información sobre riesgos (CENAPRED), 2015. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

[19] INEGI, 2010. *Compendio de información geográfica municipal 2010: Hueypoxtla, México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI).

[20] SGM, 2009. *Inventario físico de los recursos minerales del municipio Hueypoxtla, Estado de Méxic*o. Servicio Geológico Mexicano. https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1507AALU0002_01.PDF

[21] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). *Conjunto de datos vectoriales de relieve continuo de México serie II*. INEGI.

[22] Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2014). *Carta geológico-minera, Estado de Estado de México*. Secretaría de Economía.

[23] Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Roldán-Quintana, J., Aranda-García, M., Morán-Zenteno, D., Alaniz-Álvarez, S. A., & Nieto-Samaniego, A. F. (1992). *Carta Geológica de la República Mexicana* (5a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.

[24] Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & Manea, M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics, 522–523*, 122–149. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.09.018

[25] Bellod, E. B.; Calvo Sedin, J.F.; Chaparro Fuster, J.;..; Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R (1994). Ecología general: prácticas y experiencias (Vol. 1). Universidad de Murcia.

[26] Valverde, A. J., & 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.

[27] Pineda López, Rubén y Verdú Franco, José Ramón. 2013. Cuaderno de prácticas. Medición de la Biodiversidad: diversidad alfa, beta y gamma. Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Alicante. Editorial Universitaria Colección Acádemia. Serie Nodos.

[28] EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Versión: EstimateS 9.1.0.

[29] Moreno, Claudia E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. I. Zaragoza, 84 pp.

[30] Lista de especies actualizada y publicada en el DOF el 14/11/2019. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0.

[31] Monroy-Ata, Arcadio y Ramírez-Saldívar, Karen Y. 2018. Relación entre sucesión ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el centro de México.

Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 21 (Supl. 2): 13-29. DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.157.

[32] Ornduff, R., Faber, P. M., & Keeler-Wolf, T. (2003). Introduction to California Plant Life. California Natural History Guides No. 69, University of California Press, Ltd.,, ISBN: 978-0-520-23704-9.

[33] Yackulic et al. (2013); Zurell et al. (2024); INEGI (2005); Alanís-Rodríguez et al. (2020); DeMalach, Kigel & Sternberg (2023); Ooi (2024).

[34] **Zurell, D., Zimmermann, N. E., Gross, H., Baltensweiler, A., Sattler, T., & Wüest, R. O. (2024).** The niche through time: Considering phenology and demographic stages in plant distribution models. *Journal of Ecology, 112*. https://doi.org/10.1111/1365-2745.14361

[35] **DeMalach, N., Kigel, J., & Sternberg, M. (2023).** Contrasting dynamics of seed banks and standing vegetation of annuals and perennials along a rainfall gradient. *Plant Ecology*.

[36] Ooi, M. K. J. (2024**).** Seed bank persistence and climate change. *Plant Biology*.

[37] Franklin, J. (2010). *Mapping species distributions: Spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.

[38] MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2018). *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence* (2nd ed.). Academic Press.

[39] Sutherland, W. J. (Ed.). (2006). *Ecological census techniques: A handbook* (2nd ed.). Cambridge University Press.

[40] Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird census techniques* (2nd ed.). Academic Press.

[41] La Sorte, F. A., Fink, D., Hochachka, W. M., Farnsworth, A., Rodewald, A. D., Rosenberg, K. V., Sullivan, B. L., Winkler, D. W., Wood, C., & Kelling, S. (2014). The role of atmospheric conditions in the seasonal dynamics of North American migration flyways. *Journal of Biogeography*. https://doi.org/10.1111/jbi.12328

[42] Johnson, D. H., Loss, S. R., Smallwood, K. S., & Erickson, W. P. (2016). Avian fatalities at wind energy facilities in North America: A comparison of recent approaches. *Human-Wildlife Interactions, 10*(1).

[43] Huso, M. M., Dietsch, T. V., & Nicolai, C. (2016). *Mortality monitoring design for utility-scale solar power facilities*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2016-1087. https://doi.org/10.3133/ofr20161087

[44] Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Gerringer, M., & Erickson, W. (2020). A summary of bird mortality at photovoltaic utility scale solar facilities in the Southwestern U.S. *PLOS ONE, 15*(4), e0232034. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232034

[45] Conkling, T. J., Vander Zanden, H. B., Allison, T. D., Diffendorfer, J. E., Dietsch, T. V., Duerr, A. E., Fesnock, A. L., Hernandez, R. R., Loss, S. R., Nelson, D. M., Sanzenbacher, P. M., Yee, J. L., & Katzner, T. E. (2022). Vulnerability of avian populations to renewable energy production. *Royal Society Open Science, 9*, 211558. https://doi.org/10.1098/rsos.211558

[46] Walston, L. J., Jr., Rollins, K. E., LaGory, K. E., Smith, K. P., & Meyers, S. A. (2016). A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy, 92*, 405–414. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.041

[47] Wells, K. D. (2007). *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press.

[48] Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles* (4th ed.). Academic Press.

[49] Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters, 8*(9), 993–1009. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x

[50] MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2018). *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence* (2nd ed.). Academic Press.

[51] NOM-059. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [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.

[52] IUCN. 2024. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2* International Union for Conservation of Nature [IUCN]. (2024).. IUCN.

[53] Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters, 4*(4), 379–391. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x

[54] Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology, 5*(1), 3–21. https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044

[55] Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology, 93*(12), 2533–2547. https://doi.org/10.1890/11-1952.1

[56] Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles* (4th ed.). Academic Press.

[57] Wells, K. D. (2007). *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press.

[58] Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. Wiley-Blackwell.

[59] Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird census techniques* (2nd ed.). Academic Press.

[60] MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Royle, J. A., & Langtimm, C. A. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology, 83*(8), 2248–2255. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2

[61] Kéry, M., & Royle, J. A. (2016). *Applied hierarchical modeling in ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS. Volume 1: Prelude and static models*. Academic Press.

[62] Global Biodiversity Information Facility [GBIF]. (2024). *GBIF occurrence data*. Global Biodiversity Information Facility.

[63] Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., & Kelling, S. (2009). eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation, 142*(10), 2282–2292. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006

[64] Boakes, E. H., McGowan, P. J. K., Fuller, R. A., Chang-qing, D., Clark, N. E., O'Connor, K., & Mace, G. M. (2010). Distorted views of biodiversity: Spatial and temporal bias in species occurrence data. *PLoS Biology, 8*(6), e1000385. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000385

[65] Isaac, N. J. B., van Strien, A. J., August, T. A., de Zeeuw, M. P., & Roy, D. B. (2014). Statistics for citizen science: Extracting signals of change from noisy ecological data. *Methods in Ecology and Evolution, 5*(10), 1052–1060. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12254

[66] Cabernard, L., Pfister, S., & Hellweg, S. (2024). Biodiversity impacts of recent land-use change driven by increases in agri-food imports. *Nature Sustainability, 7*, 1512–1524. https://doi.org/10.1038/s41893-024-01433-4

[67] Kerr, B., & Remmel, T. K. (2024). Activity-based measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology, 39*, Article 198.

[68] Cork, N. A., Fisher, R. S., Strong, N., Ferranti, E. J. S., et al. (2024). A systematic review of factors influencing habitat connectivity and biodiversity along road and rail routes in temperate zones. *Frontiers in Environmental Science, 12*, 1369072. https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1369072

[69] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026). *Uso del suelo y vegetación*. INEGI.

[70] Zhang, Y., et al. (2026). Semi-natural habitats enhance bird diversity in intensively managed farmlands in North China. *Ecological Indicators, 183*, 114666. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2026.114666

[71] De la Peña-Domene, M., et al. (2025). Birds in agroscapes: Effects of forest cover and landscape heterogeneity on dryland bird diversity and composition. *Perspectives in Ecology and Conservation, 23*(1), 12–18. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.12.004

[72] Ahmed, N., et al. (2025). Impacts of agricultural intensification on biodiversity: Habitat loss, agrochemical use, water depletion, and soil degradation. *Journal of Environmental Management, 395*, 128036. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128036

[73] Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos, 68*(3), 571-573. https://doi.org/10.2307/3544927

[74] Tischendorf, L., & Fahrig, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos, 90*(1), 7-19. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x

[75] Burel, F., & Baudry, J. (2005). *Landscape Ecology: Concepts, Methods and Applications*. Science Publishers.

[76] Saura, S., Bodin, Ö., & Fortin, M. J. (2014). Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology, 51*(1), 171-182. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12179

[77] Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.

[78] Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (2nd ed.). Springer.

[79] Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.

[80] Nobel, P. S. (2002). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press

[81] Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos, 120*(3), 321-326. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

[82] 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

[83] CBD. 2021. *Scientific and technical information to support the review of the updated goals and targets, and related indicators and indicators and baselines.* (CBD/SBSTTA/”$/·/Add.2/Rev.1) Convention on Biological Diversity (CBD). (2021).

[84] Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1.ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

[85] Challenger, A., & Soberón, J. (2008). *Los ecosistemas terrestres*. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.), **Capital natural de México**, Vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 87-108). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

[86] Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics, 4*, 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

[87] Society for Ecological Restoration (SER). (2019). *International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration* (2nd ed.). *Restoration Ecology, 27*(S1), S1-S46.

[88] Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* (2nd ed.). Academic Press.

[89] Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (2nd ed.). Springer.

[90] IPDES, 2019. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.* Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2019)..

[91] IPCC, 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023).. IPCC.

[92] IUCN, 2020. *Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions* International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). IUCN.

[93] Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.

[94] Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer.

[95] Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution, 10*(2), 58–62. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6

[96] Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.

[97] Manning, A. D., Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2006). Scattered trees are keystone structures – Implications for conservation. *Biological Conservation, 132*(3), 311–321. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.023

[98] Fischer, J., Stott, J., & Zerger, A. (2010). Tree decline and the future of Australian agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(45), 19597–19602.

[99] Lindenmayer, D. B., Laurance, W. F., & Franklin, J. F. (2014). Global decline in large old trees. *Science, 338*(6112), 1305–1306.

[100] Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN.

[101] Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos, 68*(3), 571–573.

[102] Saura, S., Bodin, Ö., & Fortin, M.-J. (2014). Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology, 51*(1), 171–182. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12179

[103] Forman, R. T. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics, 29*, 207–231. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207

[104] Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology, 14*(1), 18–30. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x

[105] Clevenger, A. P., & Huijser, M. P. (2011). *Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

[106] Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: A review. *Biological Conservation, 86*(1), 67–76. https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00176-6

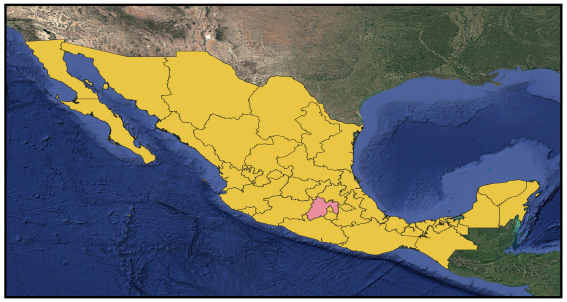
[107] Bernardino, J., Bevanger, K., Barrientos, R., Dwyer, J. F., Marques, A. T., Martins, R. C., Shaw, J. M., Silva, J. P., & Moreira, F. (2018). Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation, 222*, 1–13.

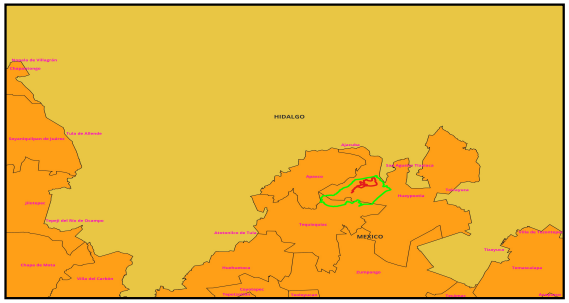
[108] Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer.

[109] Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Landscape Ecology: Concepts, Methods, and Applications*. Science Publishers.

[110] Wu, J. (2013). *Landscape Sustainability Science: Ecosystem Services and Human Well-Being in Changing Landscapes*. Landscape Ecology, 28(6), 999–1023.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO “TEPETATE SOLAR” ESTADO DE MÉXICO MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA





USOS DE SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DE ACUERDO A LA CARTA DE INEGI SERIE VII

Simbología convencional

- Región Ecológica (RECOL)
- Área de establecimiento del Proyecto (AeP)

Puntos de muestreo de Flora

- Puntos de muestreo de flora sobre el AeP
- Puntos de muestreo de flora sobre la RECOL

Sistema de referencia.

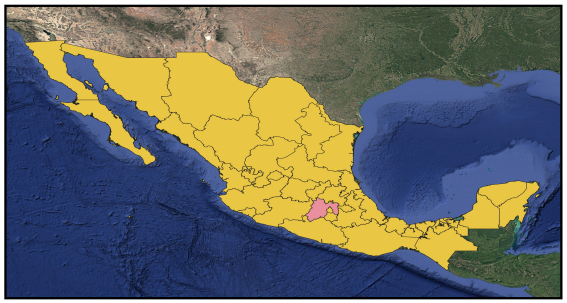
Proyección	Transversal de mercator
Datum	WGS84
Sistema de coordenadas	UTM
Zona UTM	14 Q
Escala númerica	1:50,000
Fecha	Julio 2026

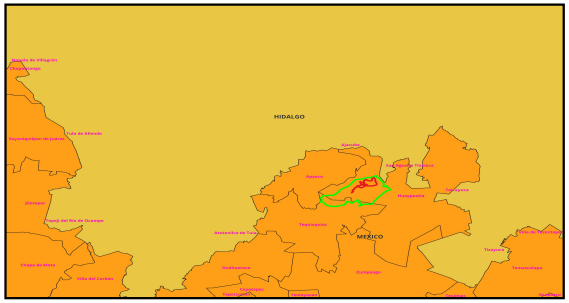
Fuente.

Trabajos desarrollados en campo Junio 2026
Muestreos de flora sobre el AeP y la RECOL

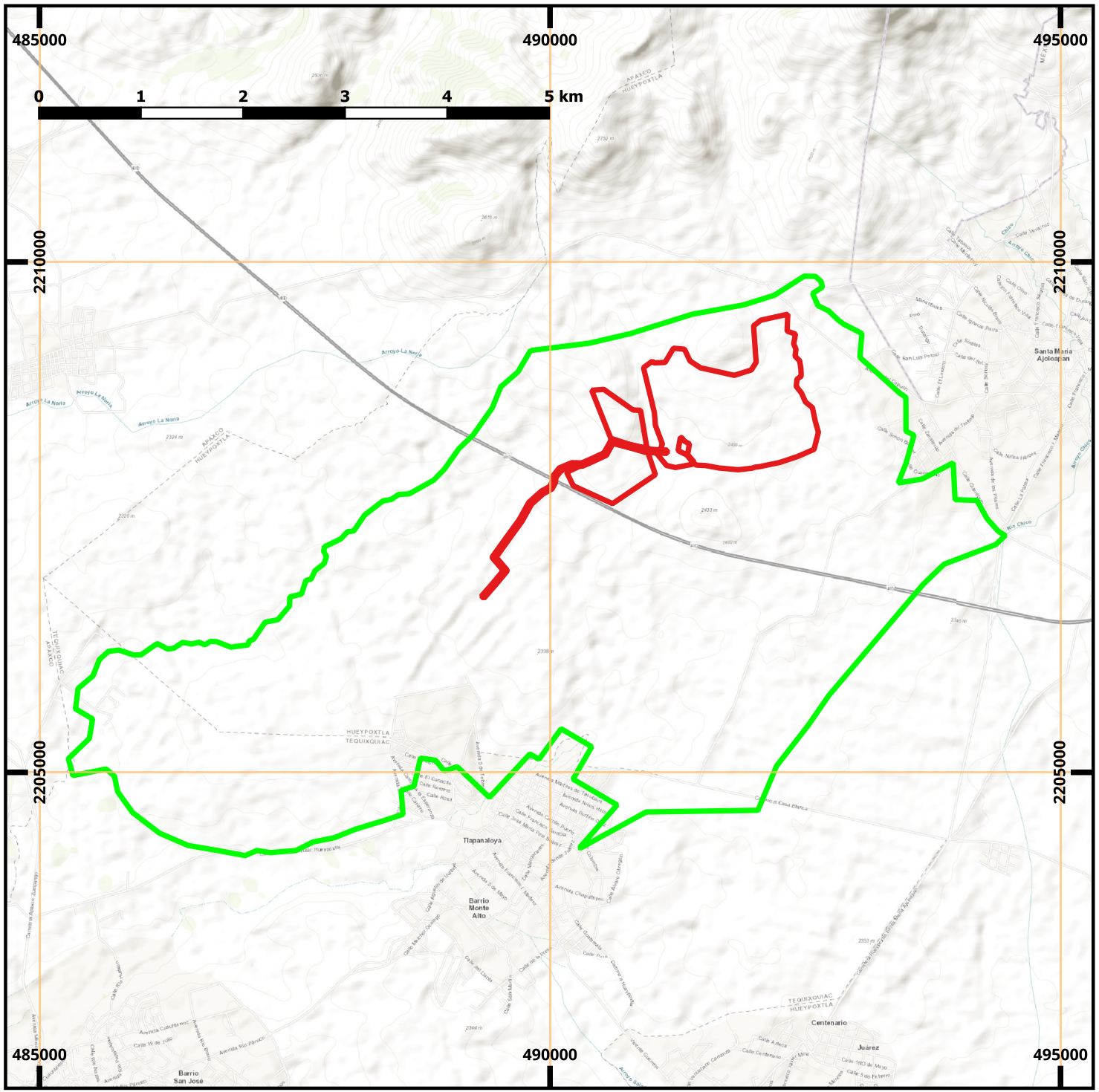
N

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO "TEPETATE SOLAR" ESTADO DE MÉXICO MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA





REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL DEL ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO Y LA REGIÓN ECOLÓGICA



Simbología convencional

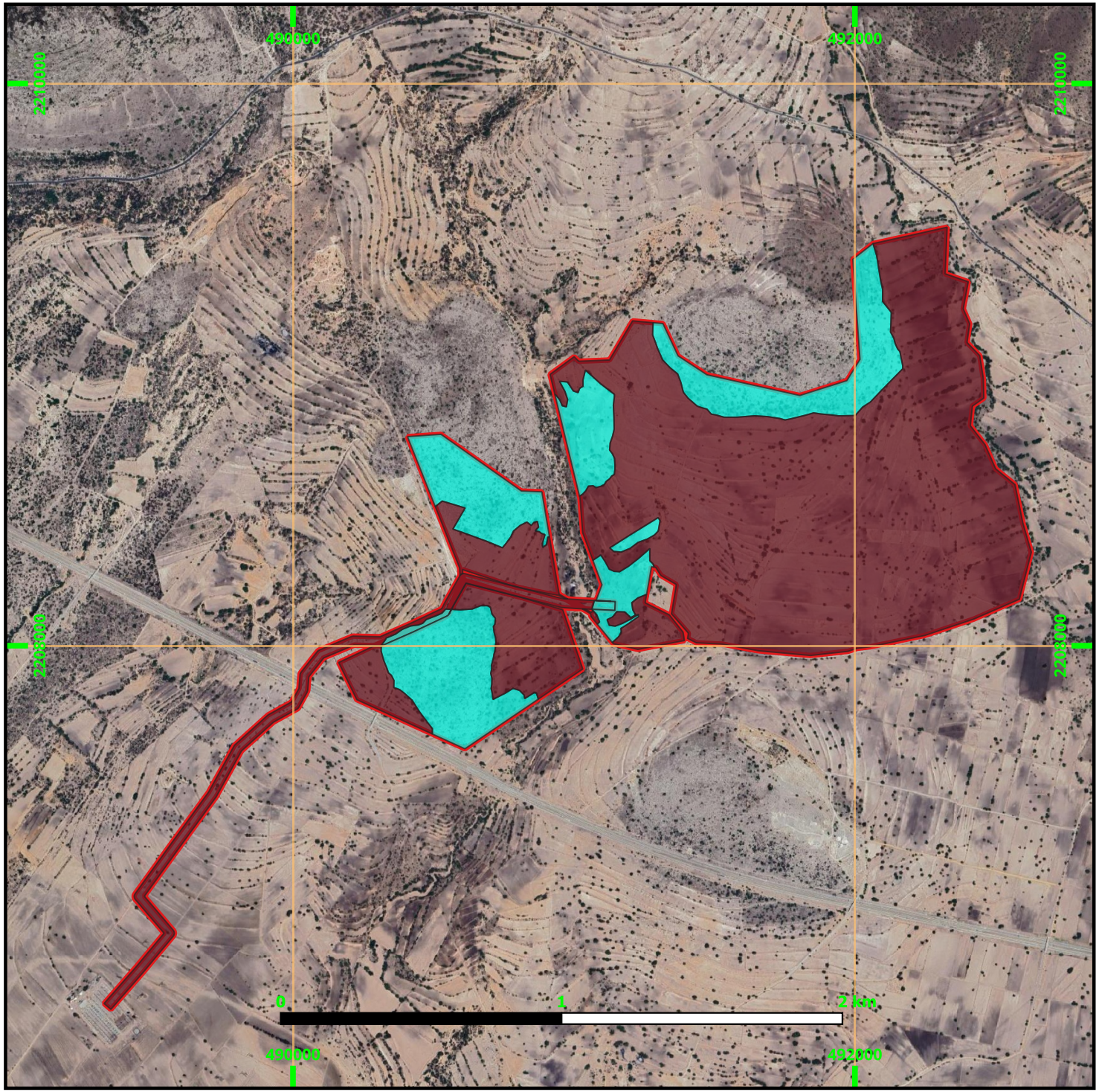
- Área de establecimiento del Proyecto (AeP)
- Región Ecológica (RECOL)

Sistema de referencia.

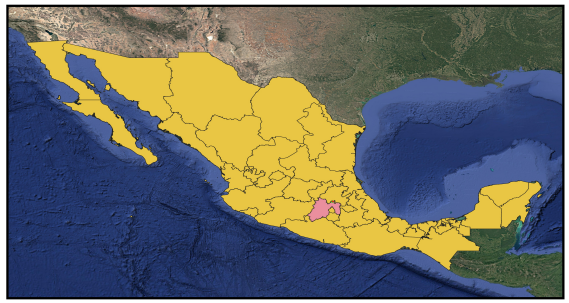
Proyección	
Transversal de mercator	
Datum	WGS84
Sistema de coordenadas	UTM
Zona UTM	14 Q
Escala numérica	1:55,000
Fecha	Julio 2026

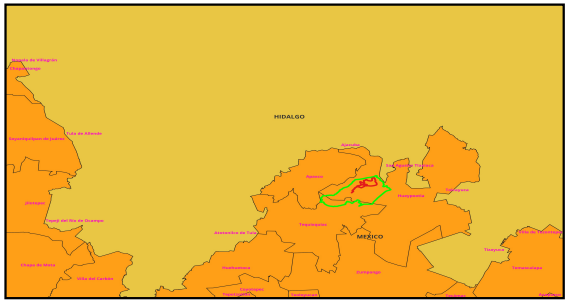
Fuente.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
https://www.inegi.org.mx/

N



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO "TEPETATE SOLAR" ESTADO DE MÉXICO MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA





USOS DE SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN DEL AeP DEFINIDOS EN CAMPO (DELIMITACIÓN IN SITU)

Simbología convencional

Área de establecimiento del Proyecto (AeP)

Usos de suelo y vegetación Determinación In Situ

Uso agrícola

Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule Vsa/MC (49.0356 Hectáreas)

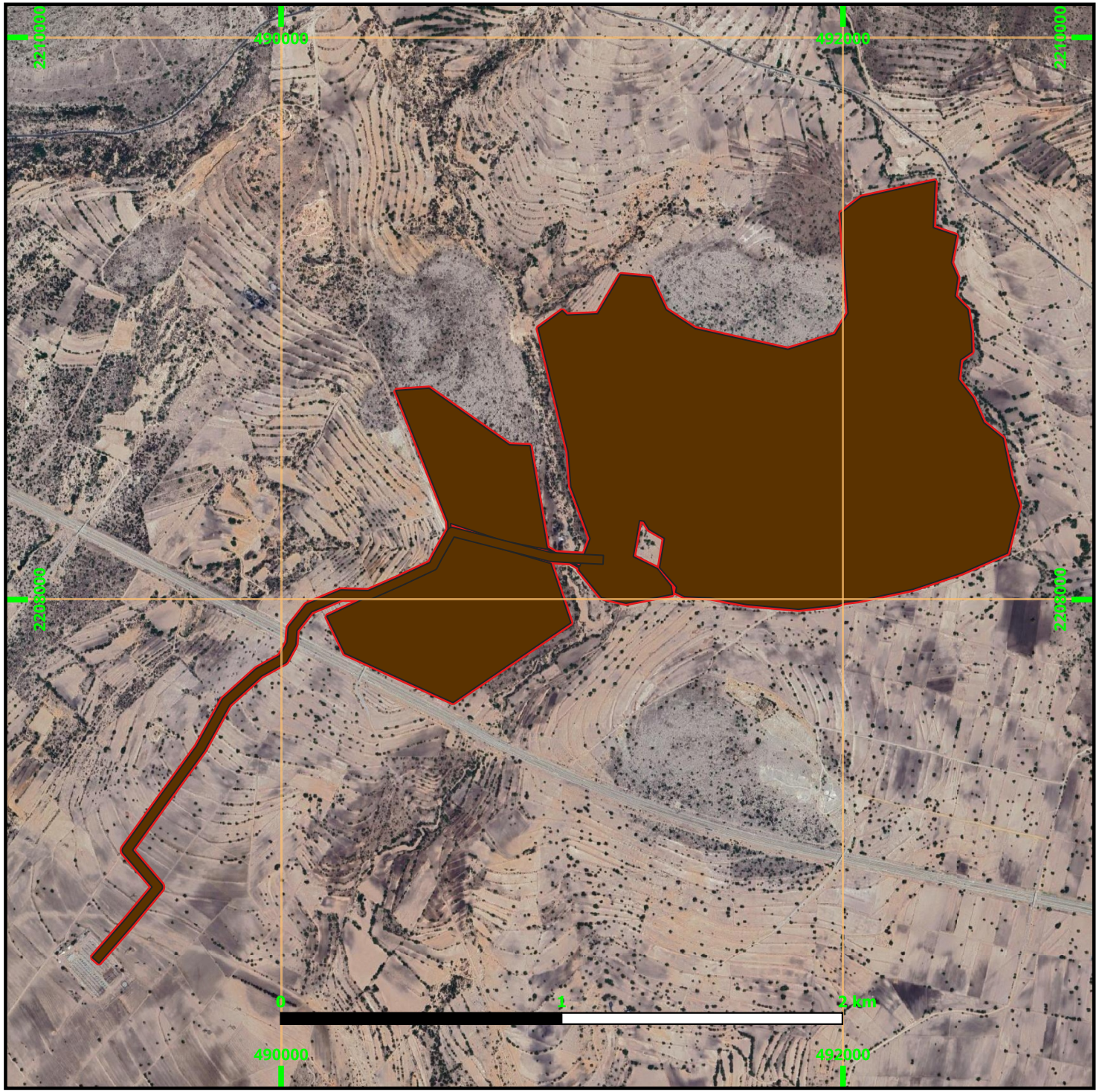
Sistema de referencia.

Proyección	Transversal de mercator
Datum	WGS84
Sistema de coordenadas	UTM
Zona UTM	14 Q
Escala númerica	1:20,000
Fecha	Julio 2026

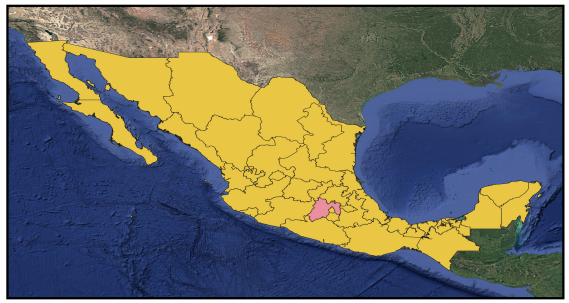
Fuente.

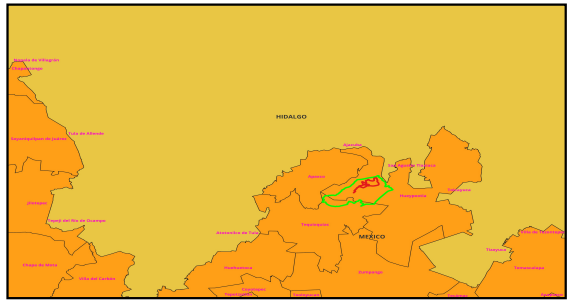
Trabajos desarrollados en campo Junio 2026
Muestreos de flora sobre el AeP y la RECOL

N



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO "TEPETATE SOLAR" ESTADO DE MÉXICO MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA





USOS DE SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN DEL AeP DE ACUERDO A LA CARTA DE INEGI SERIE VII

Simbología convencional

Área de establecimiento del Proyecto (AeP)

Usos de suelo y vegetación
INEGI Serie VII

AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL

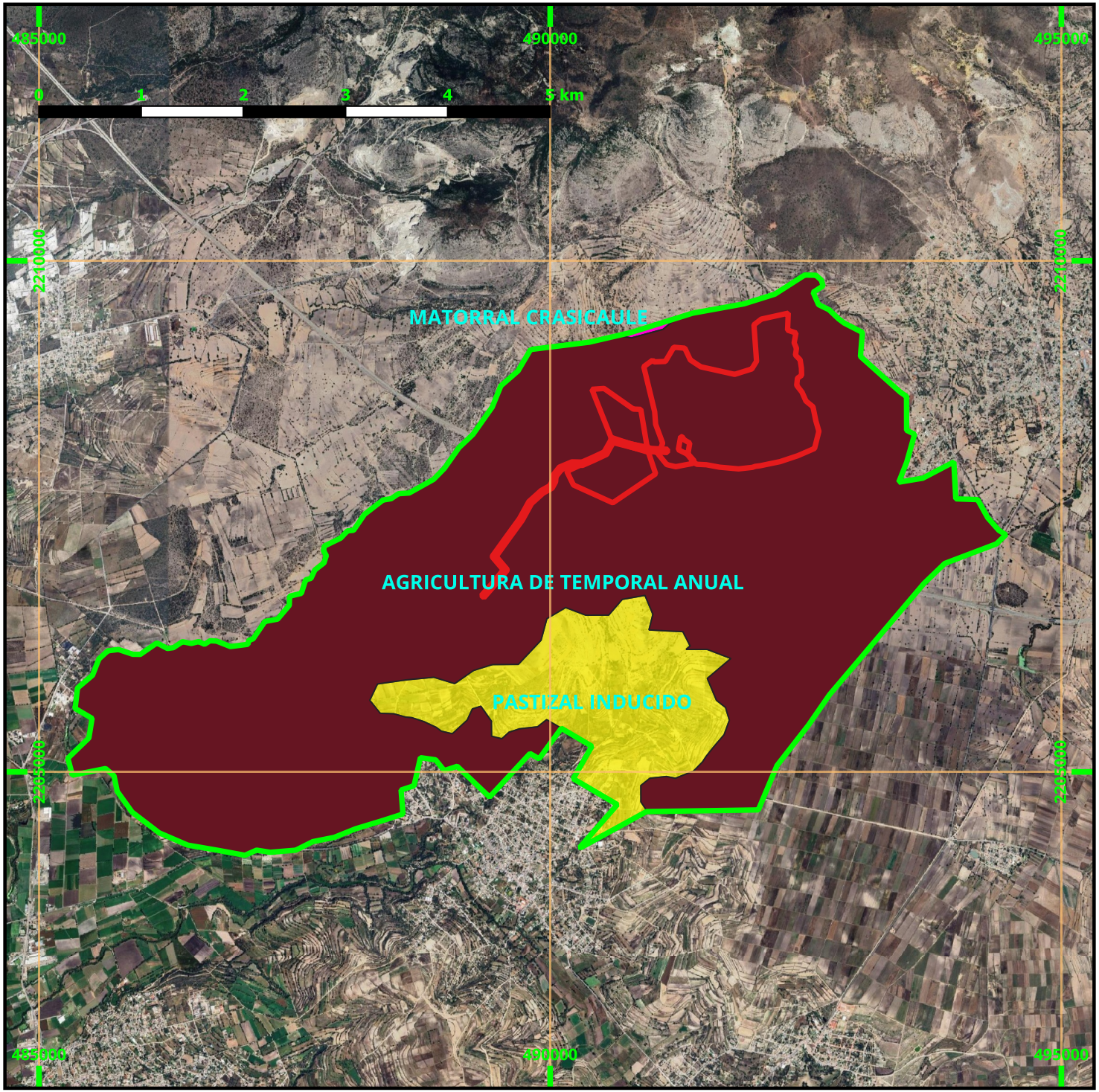
Sistema de referencia.

Proyección	Transversal de mercator
Datum	WGS84
Sistema de coordenadas	UTM
Zona UTM	14 Q
Escala númerica	1:20,000
Fecha	Julio 2026

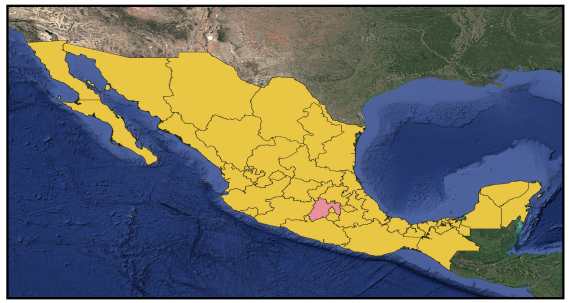
Fuente.

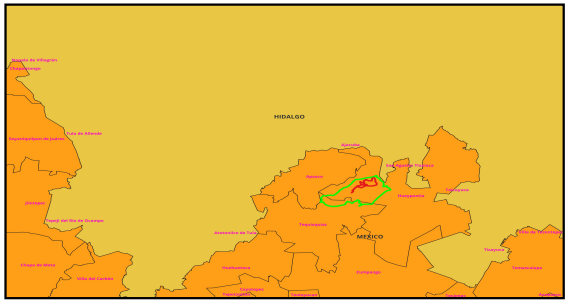
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

N



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO "TEPETATE SOLAR" ESTADO DE MÉXICO MUNICIPIO DE HUEYPOXTLA





USOS DE SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DE ACUERDO A LA CARTA DE INEGI SERIE VII

Simbología convencional

- Región Ecológica (RECOL)
- Área de establecimiento del Proyecto (AeP)

Usos de suelo y tipos de vegetación INEGI Serie VII

- AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL
- MATORRAL CRASICAULE
- PASTIZAL INDUCIDO

Sistema de referencia.

Proyección	
Transversal de mercator	
Datum	WGS84
Sistema de coordenadas	UTM
Zona UTM	14 Q
Escala númerica	1:55,000
Fecha	Julio 2026

Fuente.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
https://www.inegi.org.mx/

N

La presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional del proyecto Tepetate Solar, se elaboró siguiendo las indicaciones del artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA) y considerando las recomendaciones de la Guía para la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental, descargadas de la liga https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/transparencia/tguia.html., según lo cita el Acuerdo del 1º de abril de 2026 emtido por la Titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Con base en lo anterior, esta MIAR se integra siguindo los criterios de simplificación, eficacia, eficiencia y economía procedimental para lo cual se ha procurado que le información que se detalla en los siguientes apartados se clara y concisa.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PROYECTO: Tepetate Solar

El Proyecto consiste en la instalación, operación y mantenimiento de una central de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la radiación solar a través de tecnología fotovoltaica más almacenamiento, la cual convierte la energía solar en energía eléctrica de corriente directa, misma que es transformada a corriente alterna mediante inversores para su posterior interconexión al Sistema Eléctrico Nacional, a través de la infraestructura eléctrica correspondiente.

Anexo técnico # IV
Apartados IV.1 y IV.2

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN.

Agosto 2026

HOJA INTENCIONALMENTE SIN TEXTO

Capítulo IV: Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

Apartado IV.1: Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.

El desarrollo y aplicación rigurosa del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) constituye una herramienta fundamental para garantizar que los proyectos de desarrollo, como el caso de una planta fotovoltaica, se lleven a cabo bajo criterios de sostenibilidad, prevención y protección ambiental. Para cumplir con estos fines, es indispensable que la EIA se ajuste a una técnica sistemática, objetiva y replicable, que proporcione resultados fiables, con un bajo nivel de incertidumbre y que sea capaz de identificar con claridad los impactos ambientales significativos derivados de la implementación del proyecto.

En este contexto, la confiabilidad del análisis depende en gran medida de adoptar una metodología estructurada que permita no solo reconocer los impactos directos del proyecto, sino también aquellos que se manifiestan de forma acumulativa, sinérgica o residual. Estos tipos de impactos, aunque a menudo más complejos de detectar, pueden tener efectos importantes en los sistemas ecológicos, sociales y físicos, especialmente cuando se relacionan con otras actividades existentes o previstas en el área de influencia.

Asimismo, una técnica que garantice la repetitividad —es decir, que otros evaluadores, bajo las mismas condiciones, puedan llegar a resultados similares— fortalece la objetividad del análisis y la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental. Esta consistencia técnica también contribuye a mejorar la confianza pública en el proceso y facilita la integración de medidas preventivas, de mitigación o compensación más efectivas.

Por tanto, en este estudio se adopta el enfoque metodológico desarrollado por Domingo Gómez Orea (2013), el cual se basa en una estructura analítica que descompone el proyecto en acciones concretas (actividades que lo integran en sus distintas fases: construcción, operación, abandono) y descompone el medio en factores ambientales (componentes físicos, bióticos y socioeconómicos que pueden verse afectados).

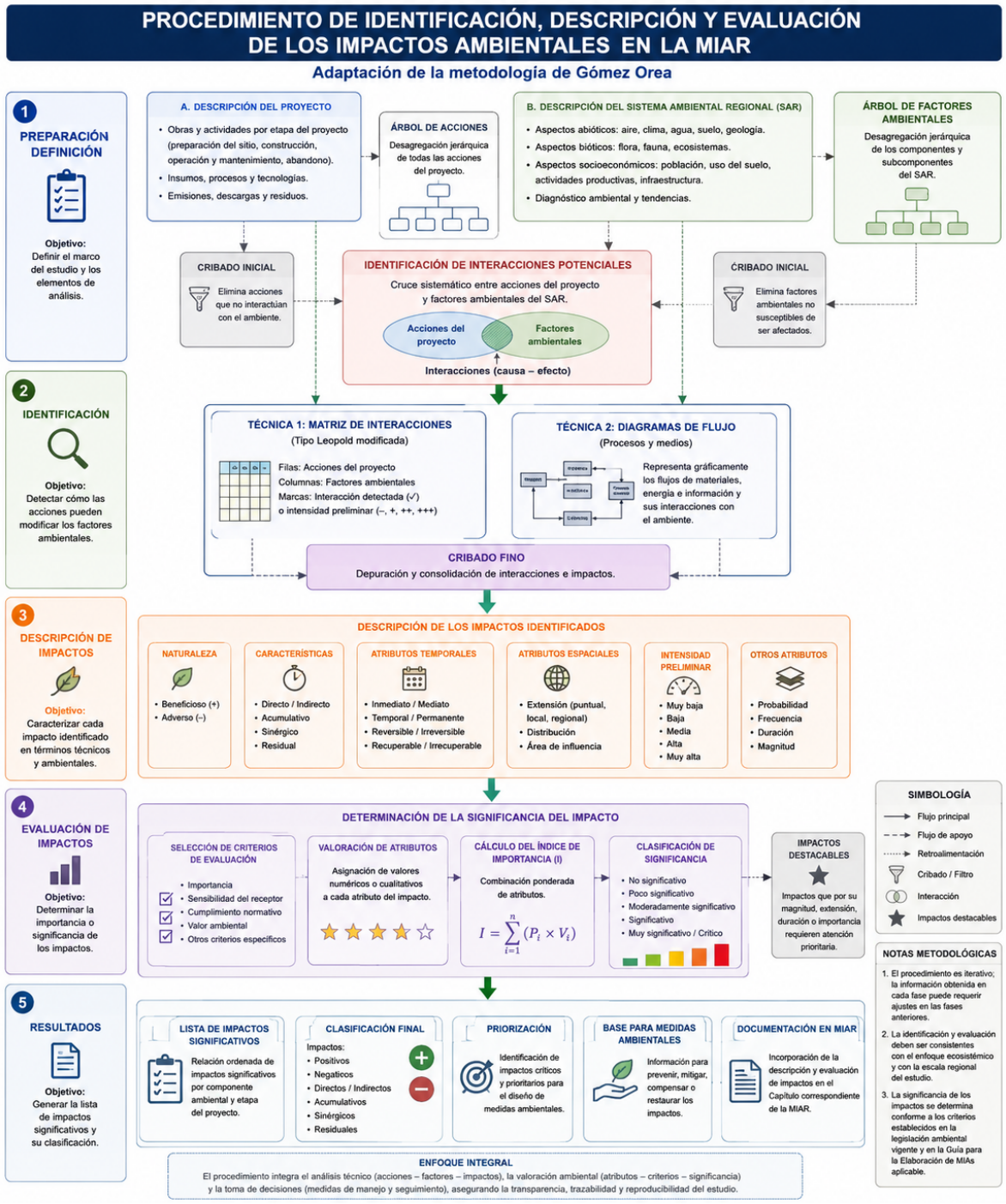
Mediante este enfoque, se construye una matriz de identificación de impactos en la que se cruzan las acciones del proyecto con los factores del medio, permitiendo identificar, clasificar y valorar los impactos en función de su magnitud, extensión, duración, reversibilidad, periodicidad y sinergia. La metodología también considera el carácter positivo o negativo del impacto, así como su acumulación respecto a otras acciones presentes en el entorno.

Esta metodologíaa facilita una evaluación sistemática, jerarquizada y razonada de los impactos ambientales, priorizando aquellos impactos significativos o destacables que deben ser objeto de medidas específicas. Además, permite una interpretación integradora de los efectos residuales —aquellos que subsisten tras la aplicación de medidas de mitigación— y de los impactos sinérgicos que pueden derivarse de la interacción entre diferentes acciones del proyecto o con otros proyectos colindantes (Figura IV.1.1.).

En resumen, el método de Gómez Orea proporciona una herramienta eficaz para asegurar que la Evaluación de Impacto Ambiental sea técnicamente sólida, ambientalmente

relevante y jurídicamente defendible, en concordancia con los principios de la legislación ambiental mexicana y los criterios de la administración pública ambiental.

Figura IV.1.1



Con base en lo antes expuesto, el presente capítulo IV de esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIAR) constituye el eje central del análisis del efecto ambiental del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Tepetate Solar (en adelante, "PSFv

Tepetate" o "el proyecto"). A través del diseño e implementación de una metodología eficiente, se busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales con base en su relevancia ecológica, considerando aquellos que se clasifican como significativos.
- Identificar, caracterizar y evaluar los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) en el que se desarrollará el proyecto.
- Evaluar la magnitud, extensión, duración, reversibilidad y periodicidad de los impactos ambientales, con base en la metodología adaptada.

Lo anterior, atendiendo los lineamientos que detalla guía emitida por la SEMARNAT[1].

La técnica adoptada en el presente estudio tiene como finalidad asegurar una valoración integral, que contemple todos los factores ambientales relevantes. Asimismo, busca generar una síntesis clara de la información derivada del análisis de los impactos potenciales, así como de las alternativas de manejo o mitigación. Esta información, además de constituir un insumo fundamental para la autoridad competente al momento de determinar la viabilidad del proyecto, representa también una herramienta estratégica para la empresa promotora, al sentar las bases para alcanzar una gestión ambiental verdaderamente sostenible.

Los impactos ambientales identificados se caracterizan a partir de atributos clave, entre los que destacan los siguientes:

- **Magnitud**: refiere a la calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- **Incidencia**: indica el grado y la forma en que se presenta la alteración.
- **Signo**: establece si el impacto es positivo (+) o negativo (–), según los efectos que genere.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre la situación del ambiente en su estado actual y la que tendrá en el futuro modificado (proyecto ejecutado), considerando la tendencia que tendría el entorno y como habría evolucionado sin la realización del proyecto, lo cual se conoce como alteración neta (Conesa, 1993)[2].

V.1 Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales

El proceso analítico orientado a prever los impactos ambientales derivados de la ejecución de un proyecto o actividad se conoce como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). Esta evaluación permite determinar si un proyecto debe ser aprobado, modificado o rechazado por las autoridades competentes en función de los efectos que podría generar sobre el entorno.

Tradicionalmente, la EIA se ha abordado desde diversas aproximaciones interrelacionadas, entre las que destacan:

- **Aproximación conceptual**: concibe la EIA como un proceso de análisis orientado a emitir un juicio previo, lo más objetivo posible, sobre la relevancia de los impactos provocados por actividades humanas (proyectos), así como sobre las posibilidades de prevenirlos o reducirlos a niveles aceptables.
- **Aproximación administrativa**: considera la EIA como un procedimiento de carácter normativo y regulador, que con base en los impactos ambientales identificados,

permite a la autoridad competente decidir sobre la aprobación, modificación o rechazo del proyecto evaluado.

- **Aproximación técnica**: entiende la EIA como una herramienta analítica y metodológica que permite identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar), prevenir y comunicar (a través de la participación pública) los impactos ambientales de un proyecto en caso de ser ejecutado. En este sentido, la EIA representa un instrumento esencial para la toma de decisiones, apoyando a su vez a la aproximación administrativa.

En el presente estudio, la aproximación conceptual respalda la aproximación administrativa, al ser el marco desde el cual se presenta a la autoridad ambiental competente (SEMARNAT) la propuesta del proyecto. En este contexto, resulta pertinente recordar que la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) como el documento técnico a través del cual se informa, con base en estudios, sobre el impacto ambiental significativo y potencial que una obra o actividad puede generar, así como sobre las medidas previstas para evitarlo o mitigarlo en caso de que sea negativo.

Con base en lo anterior, el objetivo fundamental de una MIA es identificar los impactos ambientales significativos que puede generar un proyecto. Al respecto es conveniente abordar este aspecto asumiendo en toda su dimensión la definición que ofrece el marco reglamentario de la LGEEPA respecto a lo que se entiende por impacto ambiental significativo:

*"**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"* (Fracción IX, Artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental[3], RLGEEPAMEIA).

Con base en lo expuesto en capítulos anteriores, este capítulo presenta la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales significativos que podrían derivarse de la ejecución del proyecto PSFv Tepetate (en adelante, "el proyecto"). El objetivo central del análisis es identificar aquellos impactos que, por su naturaleza y características, se ajustan a la definición de *Impacto Ambiental Significativo (IAS)*, establecida en la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA).

La integración del presente capítulo se sustentó en el análisis e interpretación de:

- Las características de los componentes del proyecto y sus acciones (Capítulo I) con potencial de generar impactos sobre los factores ambientales susceptibles (Capítulo IV).
- La vinculación del proyecto con la normatividad ambiental aplicable (Capítulo II).
- El diagnóstico ambiental del Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) y la caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde se insertará el proyecto (Capítulo III).
- Los usos del suelo definidos por el promovente (Capítulo III).
- La información generada en trabajos de campo y procesos de verificación (Capítulos III y IV).
- Técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

ANEXO TÉCNICO # 4
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO IV

De acuerdo con la fracción V del artículo 13 del RLGEEPAMEIA, las MIAs en modalidad regional deben:

1. Conducir un proceso integral para identificar, describir y evaluar impactos ambientales significativos, particularmente los acumulativos y residuales.
2. Enfocar dicho análisis en el ámbito de la Región Ecológica (REcol)).

Estos elementos son esenciales en la planeación ambiental, pues permiten anticipar y abordar la acumulación progresiva de impactos generados por múltiples actividades en una región determinada. En este sentido, los impactos acumulativos se definen como aquellos efectos que resultan del incremento de impactos particulares cuando interactúan con otros impactos pasados o presentes. Estos pueden superar la capacidad de resiliencia del entorno y producir efectos aditivos o persistentes en el tiempo.

Por su parte, los impactos sinérgicos se generan cuando la combinación de varios efectos produce un impacto mayor (o cualitativamente distinto) que la suma de los efectos individuales. En cuanto a los impactos residuales, el RLGEEPAMEIA los define como aquellos que persisten tras la aplicación de medidas de mitigación. Esta MIA-R complementa dicha definición al considerar también aquellos impactos que no pueden ser mitigados, incluso tras el ajuste de las acciones que los provocan.

El análisis desarrollado en este capítulo no solo contempla los impactos asociados directamente con el proyecto, sino también aquellos que puedan atribuirse a la interacción con otras actividades presentes dentro de la poligonal de la REcol.

Este capítulo se elabora conforme a las recomendaciones establecidas en la guía técnica de SEMARNAT, y en apego a lo dispuesto por la LGEEPA, cuyo objetivo es informar sobre los impactos ambientales significativos y potenciales derivados del proyecto.

Con base en el análisis de la REcol, su caracterización y los eventos de cambio identificados en capítulos previos, este apartado se enfoca en los impactos ambientales significativos, tanto positivos como negativos, derivados de la interacción entre el proyecto y su entorno.

La técnica desarrollada para este estudio permite estimar los impactos generados por el proyecto, reduciendo al mínimo la subjetividad en su identificación y valoración. A partir de esta técnica se definieron las afectaciones a los componentes de la REcol y su relevancia conforme a la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA.

Aunque SEMARNAT proporciona guías orientativas para la elaboración de MIAs, el contenido de este capítulo se ajusta a lo establecido por el artículo 13 del RLGEEPAMEIA para manifestaciones en modalidad regional. El proceso metodológico seguido se articula en torno a tres funciones clave:

a) Identificación de impactos ambientales, incluyendo acumulativos y residuales.

b) Valoración de dichos impactos.

c) Descripción detallada de los mismos.

La metodología se construyó a partir del análisis del proyecto (Capítulo I), incluyendo su desagregación por etapas, componentes y acciones, mediante un esquema tipo “árbol de etapas”. Asimismo, se retomó la definición y delimitación de la REcol, junto con sus factores y subfactores ambientales (Capítulo III).

Posteriormente, se identificaron relaciones causa-efecto, que constituyen el conjunto inicial de impactos potenciales. Estos fueron filtrados mediante un proceso de tamizado conforme a los criterios establecidos en la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA,

complementando con técnicas convencionales que permitan evidenciar impactos destacables.

Finalmente, y en concordancia con la fracción XXI del artículo 3° de la LGEEPA, esta MIA-R prioriza la identificación de los impactos negativos, como base para definir en el apartado IV.2 de este capítulo IV las medidas necesarias para evitarlos o atenuarlos.

Se optó por adaptar la propuesta de Gómez Orea (2013)[4], la cual integra un enfoque holístico que ayuda a limitar la incertidumbre natural asociada a un proceso de predicción como lo es la EIA. Dicha técnica adaptada a los requerimientos de nuestro marco jurídico y administrativo, permite arribar a determinaciones sobre las desviaciones de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto en la "línea base" o T_0 determinada como corolario del Capítulo IV de esta MIA-R, tanto para cada impacto potencial a generar como por el proyecto en su conjunto; dicha técnica (adaptada a nuestras condiciones) es detallada en el apéndice IV.1.1 de esta MIA-R.

Este método ayuda a limitar la incertidumbre asociada a la predicción de los impactos. Por ello, con ligeras adaptaciones, esta es la metodología medular a desarrollar en esta MIA-r y es la que se aplica para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales significativos que puede generar el proyecto (apéndice IV.1.1).

Dentro de la metodología aplicada en esta MIA-R, los esquemas de "árbol de acciones" y "árbol de factores y subfactores ambientales" desempeñan un papel central, ya que permiten estructurar la relación entre las actividades del proyecto y los elementos del ambiente susceptibles de ser afectados. Esta relación es clave para identificar posibles impactos ambientales, ya sean positivos o negativos.

En el presente documento, se define como **acción** a la unidad activa dentro de la relación causa-efecto que da origen a un impacto ambiental. Estas acciones pueden encontrarse a lo largo de todas las fases, etapas o componentes del proyecto, incluyendo el proceso productivo y la etapa de abandono.

Dado el grado de complejidad del proyecto y su naturaleza sistémica, se optó por desagregar su estructura mediante un enfoque jerárquico representado en forma de árbol. Este esquema facilita la sistematización de las acciones y su análisis detallado. La desagregación se estructuró en tres niveles principales:

- **Primer nivel: Fases o etapas del proyecto.** Corresponde a la estructura vertical general del proyecto, e incluye categorías como estudios previos, preparación del sitio, construcción, operación y cierre.
- **Segundo nivel: Componentes del proyecto.** Este nivel agrupa las partes homogéneas de cada etapa, tales como trazado de caminos y vialidades, construcción de edificaciones, excavaciones, entre otros elementos técnicos.
- **Tercer nivel: Acciones específicas.** Representa la unidad mínima de análisis, correspondiente a causas simples, concretas, directas, definidas y localizables que pueden generar impactos ambientales. Ejemplos de estas acciones son la remoción de vegetación, el movimiento de tierras y la operación de maquinaria o equipo.

Este enfoque metodológico permite establecer una relación clara entre cada acción del proyecto y los subfactores ambientales potencialmente afectados, lo cual es fundamental para la identificación precisa de los impactos ambientales y su posterior evaluación.

Toda vez que la fracción V del artículo 13 del RLGEEPAMEIA dispone que la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales (IDEIA), acumulativos, sinérgicos y

residuales se determine para el sistema ambiental regional y, dada la trascendencia que tienen en el procedimiento de identificación del impacto ambiental del proyecto, los efectos acumulativos (muchos autores mencionan que ello es la razón de ser de la EIA) el procedimiento que se adoptó implicó hacer una revisión retrospectivas (del año 2001 a diciembre del año 2023) de la página digital en línea (página *web*) de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT para recopilar la relación de proyectos que se sometieron a la dictaminación de dicha instancia y que hubieran tenido la intención de establecerse en terrenos aledaños al área que pretende ocupar el proyecto en el municipio de Hueypoxtla, Estado de México, siendo identificados varios proyectos de seis sectores económicos y de infraestructura y, salvo dos de ellos, el resto aparecen en la página del SIGEIA[I], pero que, indiscutiblemente inciden en el ambiente con efectos acumulativos de diferentes signo y diferente incidencia, los cuales se identifican, evalúan y caracterizan en el apartado correspondiente a los impactos acumulativos de este capítulo..

Identificación de impactos ambientales

El proceso de identificación de impactos en esta MIA-R inicia con la determinación de los componentes y acciones del proyecto que, por su naturaleza, pueden generar efectos sobre el medio ambiente (conforme a lo establecido en el Capítulo II). Paralelamente, se identifican los factores y subfactores ambientales susceptibles de ser afectados por dichas acciones.

Esta etapa marca el inicio del análisis prospectivo, que parte del conocimiento integral de la estructura y funcionamiento del sistema ambiental para culminar con la determinación de las interacciones causa-efecto entre los elementos del proyecto y los factores del entorno. Estas interacciones constituyen los posibles impactos ambientales.

El objetivo final de este proceso es establecer un mecanismo metodológico que permita determinar la significancia de dichos impactos, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA).

Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos

En el contexto de los elementos constitutivos del proyecto, se entiende por **acción** la parte activa que participa en la relación causa-efecto y que da lugar a un impacto ambiental (Gómez Orea, 2013, *op. cit.*). Para identificar adecuadamente estas acciones, el proyecto se desagrega en tres niveles jerárquicos, que permiten su análisis detallado:

a. Etapas del proyecto: Corresponden a la estructura vertical general del desarrollo e incluyen las siguientes fases:

- Preparación del sitio
- Construcción
- Operación y mantenimiento
- Abandono

[I] SIGEIA: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental. DGIRA/SEMARNAT.

b. Componentes del proyecto: Agrupan partes funcionales u homogéneas dentro de cada etapa, tales como el trazo y nivelación del terreno, apertura de zanjas, instalaciones eléctricas, entre otros. Representan el segundo nivel de desagregación y permiten precisar las áreas técnicas involucradas en cada fase del proyecto.

c. Acciones concretas: Constituyen el nivel más específico de desagregación. Se definen como causas simples, directas, claramente identificables y localizables que pueden generar un impacto ambiental. Ejemplos incluyen la remoción de vegetación, el uso de maquinaria, el transporte de materiales, entre otros.

En esta fase del análisis, se obtiene un inventario detallado de los componentes y acciones del proyecto. Sin embargo, debido a su volumen, será necesario aplicar un proceso de cribado o selección, con el fin de reducir dicho conjunto a un número manejable de acciones relevantes para la identificación efectiva de impactos ambientales.

De acuerdo con las características del proyecto las acciones que podrán derivar de la ejecución del proyecto en todas sus etapas, son aquellas identificadas en la parte final del Capítulo I de esta MIA-R, las cuales suman un total de 85.

Dada la cantidad total de acciones identificadas (85), y con base en la metodología propuesta por Gómez Orea (*op. cit.)*, se aplicó un primer proceso de cribado o filtrado, orientado a seleccionar únicamente aquellas acciones concretas que reúnen ciertas características clave que las hacen operables y pertinentes para el análisis de impactos ambientales.

Este cribado se realizó considerando cinco atributos fundamentales, definidos a continuación:

- **Relevantes (R):** Acciones ajustadas a la realidad técnica del proyecto, con capacidad potencial de generar efectos significativos sobre uno o varios factores del medio ambiente.
- **Excluyentes (E):** Acciones únicas y diferenciadas que no encubren o duplican otras acciones similares, evitando así redundancias en la contabilización de impactos.
- **Fácilmente identificables (FI):** Aquellas que pueden ser definidas con claridad y localizadas fácilmente dentro de los planos y documentos técnicos del proyecto.
- **Localizables (L):** Acciones que pueden ser espacialmente atribuidas a un sitio o punto específico dentro del área de influencia del proyecto.
- **Cuantificables (C):** Acciones que, en la medida de lo posible, pueden expresarse mediante parámetros físicos concretos, como:
    - Magnitud*:* (ej. superficie ocupada, volúmenes de materiales movilizados, etc.)
    - Localización espacial
    - Flujo*:* (ej. caudales de vertidos, emisiones)
    - Momento*:* (ej. momento de ejecución y duración de la acción)

Cada uno de estos atributos fue considerado como un criterio de evaluación adimensional, asignando un valor de 0.2 puntos cuando se cumple satisfactoriamente y 0.0 puntos cuando no aplica o no se cumple. La suma total de estos criterios permite asignar a cada acción un valor teórico máximo de 1.0, lo que indica su grado de destacabilidad dentro del conjunto

general. Este enfoque proporciona una herramienta objetiva para jerarquizar las acciones y definir cuáles serán consideradas en la matriz de identificación de impactos.

Para seleccionar a la acción que se habrá de considerar en la siguiente etapa de la técnica, se desarrolla el proceso de integración del grupo de acciones cuya interacción con los factores y subfactores constitutivos del ambiente, las cuales, en principio serán elegidas de aquellas que tengan como umbral mínimo un valor equivalente al 50% del valor total potencial y no únicamente las acciones que alcanzaran un valor de 1.0 punto, sino a todas aquellas que tuvieran una puntuación 0.6 denominada "valor umbral de selección".

De esta forma, del universo de las 85 acciones, el ejercicio de selección (cribado) permitió identificar un total de 45 acciones destacables lo cual aseguró considerar solo aquellas acciones que aún y cuando no satisficieran todos los atributos, fuesen consideradas para no sesgar la selección retomando únicamente las acciones que alcanzarán el valor máximo.

En el marco de la evaluación ambiental para el establecimiento de una planta fotovoltaica en terrenos agrícolas del municipio de Hueypoxtla, Estado de México, se aplicó un proceso de tamizado o cribado a un conjunto inicial de 85 acciones desagregadas del proyecto, con base en la metodología adaptada. Este procedimiento permitió depurar y sintetizar las acciones con mayor potencial de impacto, haciendo uso de los atributos fundamentales del impacto ambiental: relevancia (priorizando acciones con efectos significativos sobre el medio ambiente), exclusión (descartando aquellas de escasa o nula incidencia), fácil identificación (garantizando claridad en su descripción), localización (vinculando espacialmente cada acción con las unidades del entorno afectado) y cuantificación (evaluando su magnitud e intensidad).

Este cribado metodológico no solo mejora la eficiencia del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), sino que permite consolidar un número reducido y manejable de acciones clave, facilitando su análisis, seguimiento y evaluación. El resultado es una matriz operativa más precisa y funcional que concentra los esfuerzos en los aspectos críticos del proyecto, optimizando así la toma de decisiones ambientales en un contexto agrícola y semiárido como el de Nopala.

Factores del entorno susceptibles de recibir impactos: se entiende por **factor** aquella parte del medio ambiente que establece una interacción directa con el proyecto, ya sea como fuente de recursos y materias primas, como soporte físico para sus componentes, o como receptor de sus efluentes, a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua, incluyendo además aspectos de carácter social (Gómez Orea, 2013, *op. Cit*)).

En el caso del PSFv Tepetate, se utilizó como base el árbol de factores ambientales elaborado a partir del inventario ambiental descrito en el Capítulo III de esta MIA-R. Este esquema jerárquico permitió estructurar los elementos de la REcol que podrían verse afectados por las acciones del proyecto, facilitando así su análisis sistemático dentro del proceso de identificación y evaluación de impactos.

En el proceso seguido en la integración de este capítulo de la MIA-R, del análisis de los elementos constitutivos del ambiente se identificaron 58 subfactores ambientales con susceptibilidad de recibir algún impacto en alguna fase del proyecto; dada la importancia de cada uno de estos subfactores todos ellos fueron considerados sin realizar algún cribado.

Matriz de Interacciones: la matriz de interacciones constituye una de las herramientas metodológicas más ampliamente utilizadas en la evaluación del impacto ambiental para identificar de manera sistemática las relaciones potenciales

entre las acciones de un proyecto y los componentes del sistema ambiental susceptibles de ser modificados. Su principio básico consiste en efectuar un cruce ordenado entre las actividades previstas durante las diferentes etapas del proyecto y los factores o subfactores ambientales caracterizados en la línea base, con el propósito de reconocer todas las posibles relaciones de causa–efecto que puedan presentarse como consecuencia de su ejecución.

Desde el punto de vista metodológico, la matriz de interacciones no representa un método de evaluación del impacto ambiental, ni constituye por sí misma el procedimiento de identificación de impactos. Su función consiste exclusivamente en apoyar la fase inicial del Procedimiento de Identificación, Descripción y Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA), proporcionando un inventario completo de las interacciones potenciales entre las acciones del proyecto y el sistema ambiental receptor. En otras palabras, la matriz identifica dónde pueden producirse modificaciones ambientales, pero no determina todavía si dichas modificaciones constituyen impactos ambientales relevantes, cuál será su magnitud, su importancia o su significancia ambiental.

En el presente estudio, la matriz permitió identificar la totalidad de las relaciones potenciales entre las acciones del proyecto y los subfactores ambientales caracterizados en el Sistema Ambiental Regional. Sin embargo, dichas relaciones constituyen únicamente el universo inicial de análisis dentro del PEIA. Posteriormente, cada conjunto de interacciones que converge sobre un mismo subfactor ambiental fue analizado de manera integral para reconocer la modificación predominante que experimentará dicho receptor ambiental, eliminar redundancias y sintetizar los efectos concurrentes en un único concepto de impacto ambiental. De esta manera, el procedimiento metodológico avanza desde la identificación de relaciones elementales hacia la formulación de impactos ambientales integrados, susceptibles de ser caracterizados y evaluados conforme a los criterios establecidos por la metodología adoptada.

La utilidad de la matriz radica, precisamente, en que garantiza que el proceso de identificación sea exhaustivo, sistemático, reproducible y trazable. Al analizar todas las posibles combinaciones entre acciones y componentes ambientales, reduce significativamente la posibilidad de omitir efectos relevantes y proporciona una base objetiva para justificar la selección de los impactos que serán objeto de evaluación. Asimismo, facilita la identificación de componentes particularmente sensibles, etapas críticas del proyecto, acciones con mayor capacidad de transformación ambiental y procesos ecológicos sobre los cuales convergen múltiples presiones ambientales.

Por estas razones, la matriz de interacciones constituye una de las herramientas más utilizadas en la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental, Estudios de Impacto Ambiental y Evaluaciones Ambientales Estratégicas. Su empleo se ha generalizado desde la publicación de la Matriz de Leopold en 1971 y continúa siendo recomendado por la literatura especializada debido a su sencillez conceptual, flexibilidad metodológica y capacidad para adaptarse a proyectos de distinta naturaleza. Las metodologías desarrolladas posteriormente por Gómez Orea,

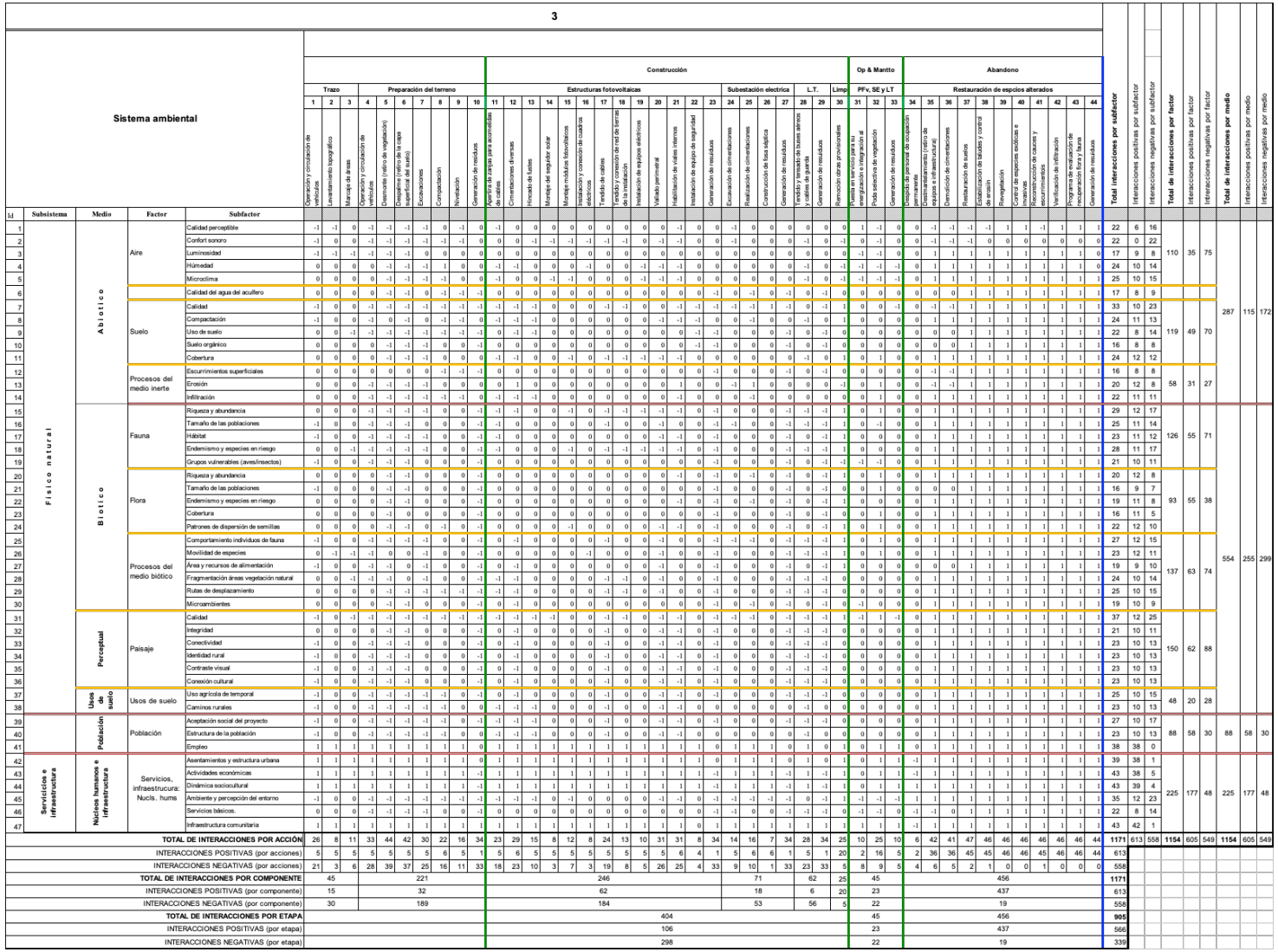
Conesa Fernández-Vítora, Canter y otros autores conservan el mismo principio fundamental: utilizar una matriz de relaciones causa–efecto como etapa preliminar del proceso de identificación de impactos, complementándola posteriormente con procedimientos de caracterización, valoración y evaluación de la importancia ambiental.

En consecuencia, la matriz de interacciones debe entenderse como un instrumento metodológico de identificación, no como un procedimiento de evaluación. Su resultado no es una relación definitiva de impactos ambientales, sino un inventario organizado de interacciones potenciales que sirve como insumo para las etapas posteriores del Procedimiento de Identificación, Descripción y Evaluación del Impacto Ambiental. Solamente después de integrar, caracterizar y valorar dichas interacciones es posible identificar los impactos ambientales que, por sus atributos, magnitud, persistencia, extensión, reversibilidad, acumulación, sinergia e importancia ecológica, constituyen la base técnica para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental.

La matriz de este proyecto se estructuró considerando 44 acciones del proyecto, distribuidas entre las diferentes etapas de desarrollo, y 58 subfactores ambientales, representativos de los componentes físico, biótico, socioeconómico y del paisaje del Sistema Ambiental Regional, resultantes del cribado de los árboles de acciones y de los subfactores ambientales del proyecto. Del cruce sistemático entre ambos conjuntos de variables se identificaron 1,171 interacciones potenciales, las cuales representan el universo inicial de relaciones ambientales susceptibles de generar modificaciones sobre el medio (Tabla IV.1.1). Este resultado evidencia la elevada complejidad inherente a un proyecto de infraestructura de esta naturaleza y confirma que las acciones del proyecto presentan diferentes niveles de interacción con los diversos componentes del sistema ambiental.

Es importante señalar que el número de interacciones identificado no representa el número de impactos ambientales, sino únicamente la totalidad de las relaciones potenciales entre acciones y subfactores ambientales. En consecuencia, la matriz constituye un instrumento de identificación y depuración metodológica que permite distinguir, en una etapa posterior del análisis, aquellas interacciones que efectivamente reúnen las características necesarias para ser consideradas impactos ambientales y, posteriormente, ser objeto de evaluación de importancia y significancia.

ANEXO TÉCNICO # 4
MIA-R TEPETATE SOLAR. CAPÍTULO IV



Id	Subsistema	Medio	Factor	Subfactor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Total interacciones por subfactor	Interacciones positivas por subfactor	Interacciones negativas por subfactor	Total de interacciones por factor	Interacciones positivas por factor	Interacciones negativas por factor	Total de interacciones por medio	Interacciones positivas por medio	Interacciones negativas por medio
					Trazo			Preparación del terreno							Estructuras fotovoltaicas													Subestación electrica				L.T.		Limp	Op & Mantto			Abandono																									
					Operación y circulación de vehículos	Levantamiento topográfico	Marcaje de áreas	Operación y circulación de vehículos	Desmonte (retiro de vegetación)	Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	Excavaciones	Compactación	Nivelación	Generación de residuos	Apoyo de zanjas para acometidas de cables	Cimentaciones diversas	Hincado de postes	Montaje del seguidor solar	Montaje módulos fotovoltaicos	Instalación y conexión de cuadros eléctricos	Tendido de cables	Tendido y conexión de red de tierras de la instalación	Instalación de equipos eléctricos	Vallado perimetral	Habilitación de viales internos	Instalación de equipo de seguridad	Generación de residuos	Excavación de cimentaciones	Realización de cimentaciones	Construcción de fosa séptica	Generación de residuos	Tendido y tensado de bueno aéreos y cables de puesta	Generación de residuos	Remoción obras provisionales	Puesta en marcha para su energización e integración al	Poda selectiva de vegetación	Generación de residuos	Desfase de personal de ocupación permanente	Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	Demolición de cimentaciones	Restauración de suelos	Estabilización de taludes y control de erosión	Revegetación	Control de especies exóticas e invasivas	Recuperación de cauces y escurrimientos	Verificación de infiltración	Programa de restauración de recuperación flora y fauna	Generación de residuos																		

Distribución de las interacciones por etapa del proyecto: el análisis de la distribución de las interacciones evidencia que la mayor presión ambiental potencial se concentra durante las etapas en las que el proyecto modifica físicamente el territorio.

La etapa de Construcción concentra 497 interacciones, equivalentes al 42.4 % del total identificado. Este comportamiento era previsible debido a que durante esta fase convergen simultáneamente actividades como el desmonte, despalme, nivelación del terreno, excavaciones, cimentaciones, apertura de caminos, instalación de estructuras, tendido de redes eléctricas y montaje de la infraestructura electromecánica. La coincidencia temporal y espacial de estas actividades explica que sea la etapa con mayor capacidad de generar modificaciones sobre el sistema ambiental.

La etapa de Abandono y restauración registra 408 interacciones (34.9 %). Aunque tradicionalmente esta fase suele asociarse con una disminución de los efectos ambientales, en este caso presenta un número elevado de interacciones debido a que incorpora tanto las actividades de desmantelamiento de infraestructura como los procesos de restauración, rehabilitación y recuperación ambiental del sitio, los cuales interactúan con una amplia variedad de componentes ecológicos y territoriales.

Por su parte, la Preparación del terreno concentra 221 interacciones (18.9 %), asociadas principalmente con la remoción de vegetación, limpieza del terreno, delimitación de áreas de trabajo y adecuación inicial del sitio. Finalmente, la etapa de Trazo presenta únicamente 45 interacciones (3.8 %), debido a que comprende actividades preliminares de reconocimiento y delimitación con una intervención física muy limitada sobre el medio.

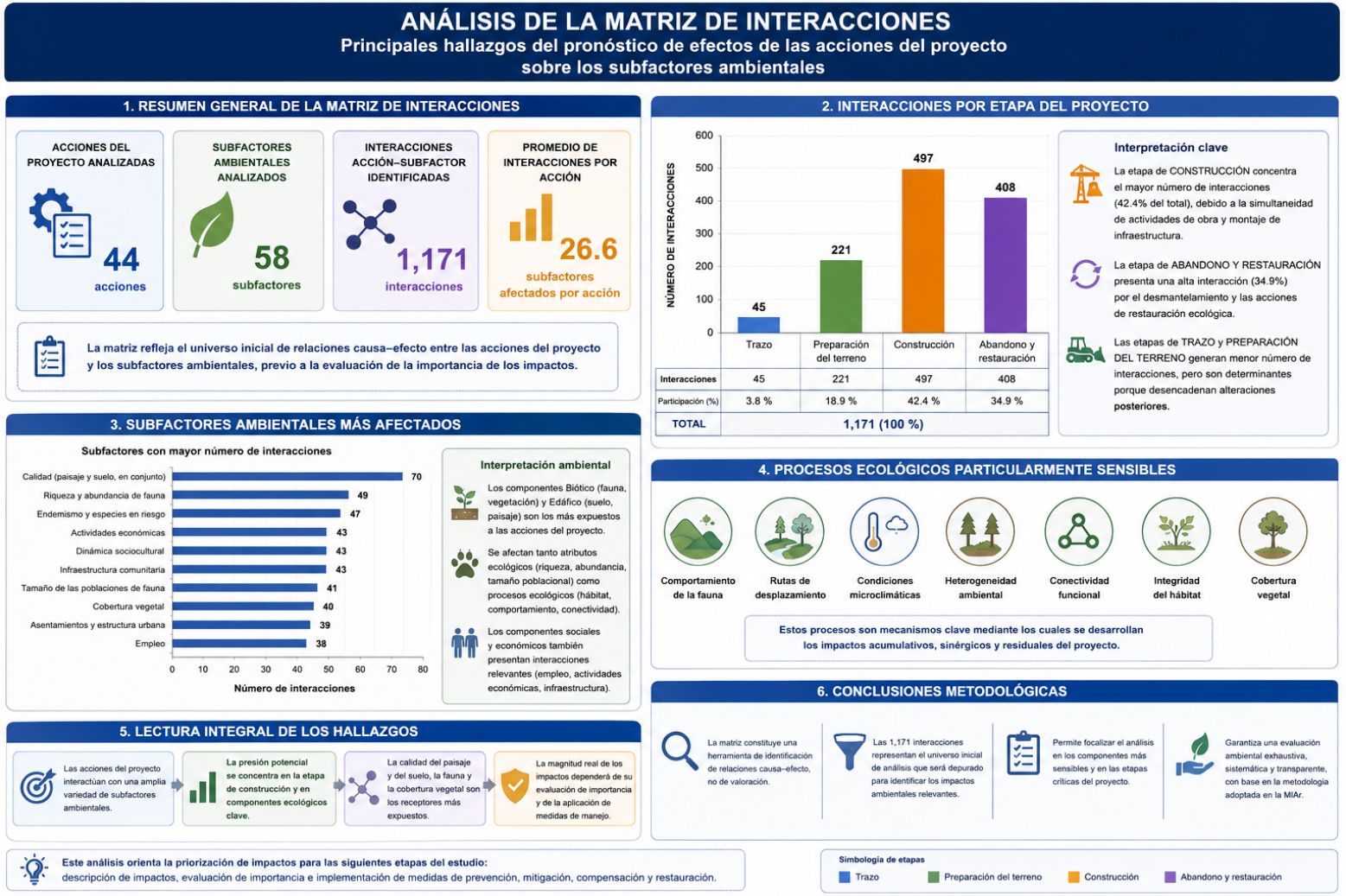
Este comportamiento confirma que la intensidad de las interacciones guarda una relación directa con el grado de transformación física del territorio que caracteriza a cada etapa del proyecto.

V.1.1 Componentes ambientales con mayor número de interacciones

El análisis por subfactores ambientales permite identificar cuáles son los receptores que presentan una mayor susceptibilidad frente a las acciones del proyecto.

Entre los subfactores que registran el mayor número de interacciones destacan la calidad ambiental del suelo y del paisaje, la riqueza y abundancia de la fauna, las especies endémicas o con categoría de riesgo, el tamaño de las poblaciones de fauna, la cobertura vegetal, así como diversos componentes socioeconómicos relacionados con las actividades económicas, la infraestructura y la dinámica territorial. Estos resultados son consistentes con las características del proyecto, cuya implantación implica modificaciones físicas del terreno, remoción parcial de vegetación, incorporación de infraestructura permanente y cambios locales en la configuración espacial del paisaje (Figura IV.1.1).

Figura IV.I.1


ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE INTERACCIONES
Principales hallazgos del pronóstico de efectos de las acciones del proyecto sobre los subfactores ambientales
1. RESUMEN GENERAL DE LA MATRIZ DE INTERACCIONES
ACCIONES DEL PROYECTO ANALIZADAS
44
acciones
SUBFACTORES AMBIENTALES ANALIZADOS
58
subfactores
INTERACCIONES ACCIÓN–SUBFACTOR IDENTIFICADAS
1,171
interacciones
PROMEDIO DE INTERACCIONES POR ACCIÓN
26.6
subfactores afectados por acción
La matriz refleja el universo inicial de relaciones causa–efecto entre las acciones del proyecto y los subfactores ambientales, previo a la evaluación de la importancia de los impactos.
2. INTERACCIONES POR ETAPA DEL PROYECTO
NÚMERO DE INTERACCIONES
600
500
400
300
200
100
0
45
221
497
408
Trazo
Preparación del terreno
Construcción
Abandono y restauración
Interacciones 45 221 497 408
Participación (%) 3.8 % 18.9 % 42.4 % 34.9 %
TOTAL 1,171 (100 %)
Interpretación clave
La etapa de CONSTRUCCIÓN concentra el mayor número de interacciones (42.4% del total), debido a la simultaneidad de actividades de obra y montaje de infraestructura.
La etapa de ABANDONO Y RESTAURACIÓN presenta una alta interacción (34.9%) por el desmantelamiento y las acciones de restauración ecológica.
Las etapas de TRAZO y PREPARACIÓN DEL TERRENO generan menor número de interacciones, pero son determinantes porque desencadenan alteraciones posteriores.
3. SUBFACTORES AMBIENTALES MÁS AFECTADOS
Subfactores con mayor número de interacciones
Calidad (paisaje y suelo, en conjunto) 70
Riqueza y abundancia de fauna 49
Endemismo y especies en riesgo 47
Actividades económicas 43
Dinámica sociocultural 43
Infraestructura comunitaria 43
Tamaño de las poblaciones de fauna 41
Cobertura vegetal 40
Asentamientos y estructura urbana 39
Empleo 38
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Número de interacciones
Interpretación ambiental
Los componentes Biótico (fauna, vegetación) y Edáfico (suelo, paisaje) son los más expuestos a las acciones del proyecto.
Se afectan tanto atributos ecológicos (riqueza, abundancia, tamaño poblacional) como procesos ecológicos (hábitat, comportamiento, conectividad).
Los componentes sociales y económicos también presentan interacciones relevantes (empleo, actividades económicas, infraestructura).
4. PROCESOS ECOLÓGICOS PARTICULARMENTE SENSIBLES
Comportamiento de la fauna
Rutas de desplazamiento
Condiciones microclimáticas
Heterogeneidad ambiental
Conectividad funcional
Integridad del hábitat
Cobertura vegetal
Estos procesos son mecanismos clave mediante los cuales se desarrollan los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales del proyecto.
5. LECTURA INTEGRAL DE LOS HALLAZGOS
Las acciones del proyecto interactúan con una amplia variedad de subfactores ambientales.
La presión potencial se concentra en la etapa de construcción y en componentes ecológicos clave.
La calidad del paisaje y del suelo, la fauna y la cobertura vegetal son los receptores más expuestos.
La magnitud real de los impactos dependerá de su evaluación de importancia y de la aplicación de medidas de manejo.
6. CONCLUSIONES METODOLÓGICAS
La matriz constituye una herramienta de identificación de relaciones causa–efecto, no de valoración.
Las 1,171 interacciones representan el universo inicial de análisis que será depurado para identificar los impactos ambientales relevantes.
Permite focalizar el análisis en los componentes más sensibles y en las etapas críticas del proyecto.
Garantiza una evaluación ambiental exhaustiva, sistemática y transparente, con base en la metodología adoptada en la MIAr.
Este análisis orienta la priorización de impactos para las siguientes etapas del estudio:
descripción de impactos, evaluación de importancia e implementación de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.
Simbología de etapas
Trazo
Preparación del terreno
Construcción
Abandono y restauración

Desde una perspectiva ecológica, sobresale la elevada frecuencia de interacciones registradas sobre los componentes flora, fauna, hábitat, paisaje y procesos ecosistémicos, lo que confirma que el establecimiento de la infraestructura fotovoltaica modifica simultáneamente diversos elementos estructurales y funcionales del sistema ambiental.

Procesos ecológicos particularmente sensibles: más allá del número absoluto de interacciones, la matriz permite identificar aquellos procesos ecológicos cuya alteración puede desencadenar efectos de mayor alcance.

Entre éstos destacan la conectividad ecológica, las rutas de desplazamiento de la fauna, la heterogeneidad ambiental, la integridad del hábitat, la cobertura vegetal, los microhábitats, las condiciones microclimáticas y los procesos de dispersión natural de semillas. Estos procesos representan mecanismos ecológicos fundamentales para el mantenimiento del funcionamiento del paisaje y de los servicios ecosistémicos, por lo que concentran un número elevado de relaciones causa–efecto dentro de la matriz.

La importancia de estos procesos radica en que constituyen los principales mecanismos mediante los cuales pueden desarrollarse posteriormente impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, particularmente aquellos relacionados con la transformación funcional del paisaje, la fragmentación del hábitat y la modificación de la dinámica ecológica regional.

Interpretación sistémica de los resultados: el patrón de interacciones obtenido muestra que las acciones del proyecto no actúan de manera aislada sobre componentes individuales del ambiente, sino que generan una red compleja de relaciones entre factores físicos, biológicos, territoriales y socioeconómicos. Esta característica confirma la conveniencia de evaluar los impactos desde una perspectiva sistémica, considerando no solamente la respuesta de cada componente ambiental por separado, sino también las interacciones existentes entre ellos.

En este sentido, la matriz evidencia que las modificaciones inicialmente producidas sobre el suelo, la cobertura vegetal y la configuración espacial del paisaje pueden desencadenar respuestas sucesivas sobre la fauna, la conectividad ecológica, los procesos ecosistémicos y, finalmente, sobre el funcionamiento integral del sistema ambiental. Esta interpretación coincide con el modelo jerarquizado de organización y propagación de impactos desarrollado para el presente estudio, en el cual los impactos primarios inducen respuestas ecológicas secundarias que, al interactuar entre sí, generan modificaciones estructurales y funcionales del paisaje.

Consideraciones metodológicas: desde el punto de vista metodológico, la matriz de interacciones constituye una herramienta de identificación, no de evaluación. Su propósito consiste en asegurar que ninguna relación causa–efecto potencial quede excluida del análisis inicial y proporcionar una base objetiva para la posterior selección de los impactos ambientales relevantes.

Por ello, las 1,171 interacciones identificadas representan el universo de análisis sobre el cual posteriormente se aplican los criterios de depuración, caracterización

y evaluación establecidos por la metodología adoptada. Como resultado de este proceso, únicamente aquellas interacciones que presentan una modificación ambiental relevante, atribuible al proyecto y susceptible de valoración, son consideradas impactos ambientales y pasan a formar parte de la evaluación de importancia y significancia desarrollada en los apartados subsecuentes del Capítulo IV. Esta secuencia metodológica garantiza que la identificación de impactos se realice de manera exhaustiva, sistemática, trazable y congruente con el enfoque preventivo que rige el procedimiento de evaluación del impacto ambiental.

Nominación de los impactos

El avance alcanzado mediante la determinación de interacciones constituye la base para realizar una agrupación y depuración de dichas interacciones, considerando tanto su naturaleza como los efectos ambientales generados sobre un mismo factor (Tabla V.8). Este proceso responde a la repetibilidad de efectos de similar alcance, provocados por distintas acciones del proyecto que inciden sobre un mismo componente ambiental.

Al elaborar una matriz de interacciones entre las acciones de los componentes del proyecto y los factores del ambiente, no necesariamente cada interacción identificada corresponde a un impacto ambiental único y diferente, esto es:

1. Una interacción no equivale siempre a un impacto ambiental único

- La matriz de interacciones es una herramienta diagnóstica que identifica relaciones potenciales entre actividades del proyecto (por ejemplo, desmonte, excavación, operación) y factores ambientales (agua, aire, suelo, biodiversidad, etc.).
- Muchas de estas interacciones pueden conducir a un mismo impacto ambiental, o ser parte del origen multifactorial de un solo impacto.

2. Las interacciones repetitivas ayudan a identificar impactos acumulativos o sinérgicos

- Si múltiples actividades interactúan con un mismo factor del ambiente, esto no indica varios impactos distintos, sino que refuerzan o agravan un mismo efecto.
- Este patrón puede señalar la existencia de un impacto ambiental significativo o acumulativo, aunque proceda de fuentes distintas.

3. Visto lo anterior, qué utilidad tiene la repetición de interacciones en la matriz, ayuda a:

  - Delimitar la fuente y la ruta de un impacto.
  - Priorizar medidas de mitigación dirigidas a las actividades con mayor peso.
  - Identificar impactos indirectos o acumulativos.

  También permite verificar coherencia en el análisis ambiental posterior: si hay muchas interacciones con un factor, pero el estudio menciona pocos impactos asociados, podría haber una omisión.

En síntesis:

- No, cada interacción de la matriz no identifica automáticamente un impacto único y diferente.

- Sí, las interacciones repetidas con un mismo factor pueden y suelen conducir a la identificación de un solo impacto específico, o a uno compuesto, dependiendo del contexto.
- La clave está en sintetizar correctamente los impactos a partir del análisis conjunto de todas las interacciones, evitando inflar o duplicar impactos ambientales sin justificación.

Para sintetizar correctamente los impactos ambientales a partir de una matriz de interacciones, fue necesario desarrollar un ejercicio sistemático de análisis cruzado y depuración, que transforme las múltiples interacciones en impactos específicos, significativos y no redundantes (anexo ANX.VIII.V.1).

La consolidación de estas interacciones permite optimizar el análisis de impactos, evitando duplicidades y facilitando una evaluación más precisa, enfocada en la calidad y relevancia de los efectos, más alá del simple conteo de interacciones (Tabla IV.1.2).

Tabla IV.1.2 Depuración y agrupamiento de interacciones

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
Abiótico	Aire	Calidad	1 La construcción, operación y mantenimiento del parque fotovoltaico pueden alterar la calidad del aire en su área de influencia, principalmente durante las etapas de preparación del sitio, construcción y traslado de materiales, aunque también existen fuentes menores durante la etapa operativa.
		Confort sonoro	2 Alteración en los niveles y calidad del sonido ambiente que perciben las personas, la fauna o los ecosistemas locales, como resultado de las actividades asociadas a la construcción, operación o mantenimiento del parque, afectando la tranquilidad característica del entorno rural.
		Luminosidad	3 Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato, provocada por la instalación de paneles solares y estructuras asociadas, lo que puede modificar el microclima, los ciclos biológicos de la flora y fauna local, y la percepción visual del paisaje.
		Microclima	4 Modificación localizada de las condiciones climáticas inmediatas (temperatura, humedad, radiación solar, viento y albedo) provocada por la presencia de paneles solares y superficies artificiales, que alteran la dinámica natural de intercambio de energía y agua entre el suelo, la atmósfera y la vegetación.
	Agua	Agua superficial embalsada	5 Pérdida de los embalses temporales y estacionales y reducción de hábitats acuáticos temporales por la remoción de bordos para el establecimiento de infraestructura fotovoltaica. Integra los efectos de las interacciones consecuentes de de la

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			desaparición física del bordo o jagüey y la pérdida de sus micro funciones locales de almacenamiento temporal, regulación del escurrimiento, infiltración puntual y configuración microtopográfica
			6 Alteración del suelo y activación de procesos erosivos y de sedimentación. Resume el efecto derivado del incremento potencial de la erosión hídrica, la pérdida de suelo, la compactación, la alteración de porosidad e infiltración, la generación y arrastre de sedimentos, la turbidez y la posible inducción de procesos erosivos secundarios
			7 Pérdida de cobertura vegetal y simplificación del microhábitat. Reúne los efectos de las interacciones derivadas de la remoción de vegetación herbácea y arbustiva, la reducción de cobertura y la pérdida de heterogeneidad ambiental a microescala, lo que culmina en una superficie más homogénea y antropizada
			8 Alteración ecológica local sobre fauna, microhábitats y conectividad funcional. Consolida los efectos de las interacciones relacionadas a la pérdida de microhábitats húmedos temporales, el desplazamiento de fauna, la posible afectación a organismos de baja movilidad, la reducción de sitios de abrevadero, la disminución de funciones ecológicas locales y la alteración de conectividad funcional entre pequeños parches de humedad temporal
			9 Deterioro temporal de la calidad ambiental durante la obra y modificación de la infiltración puntual al subsuelo. Agrupa polvo, ruido, vibraciones, emisiones atmosféricas, riesgo de derrames, riesgo de contaminación de suelo y agua por insumos o residuos, y generación de residuos de obra.
			10 Cambio paisajístico y efecto acumulativo con la preparación integral del sitio Integra, por una parte, la alteración perceptual y morfológica del paisaje local por eliminación de depresiones y bordos visibles y, por otra, el carácter acumulativo del impacto al concurrir con otras actividades de preparación

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			del sitio, como desmonte, despalme, zanjas y plataformas.
	Suelo	Calidad	11 La alteración física, química y biológica del suelo como consecuencia de las actividades de construcción, operación y mantenimiento del parque, afectando su estructura, fertilidad, capacidad de retención de agua, actividad microbiana y potencial para funciones ecológicas o productivas.
		Compactación	12 La alteración física del suelo que implica el aumento de su densidad y la reducción de su porosidad, causada principalmente por el tránsito y operación de maquinaria pesada durante la construcción y mantenimiento del parque, lo que limita la infiltración de agua, la aireación, el desarrollo radicular y la actividad biológica del suelo.
		Uso de suelo	13 Pérdida de áreas agrícolas por la implementación del proyecto
		Suelo orgánico	14 Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento del parque fotovoltaico pueden incidir negativamente sobre la disponibilidad y calidad del suelo orgánico en las áreas destinadas al proyecto, principalmente a través de procesos como la remoción de la capa superficial, la compactación, la erosión y la alteración de la dinámica biológica del suelo.
		Cobertura	15 La modificación, reducción o sustitución de la cobertura vegetal natural o inducida en el área del proyecto, debido a las actividades de desmonte, construcción de infraestructura y mantenimiento, lo que puede afectar procesos ecológicos como la protección del suelo, el ciclo hidrológico, la biodiversidad y la regulación del microclima.
	Procesos del medio inerte	Escorrentías	16 Alteración puntual del curso de escorrentías
		Erosión	17 Incremento en el proceso en que se va perdiendo la capa superficial del suelo, ya sea por acción del viento o el agua
		Infiltración	18 Posible reducción puntual de la infiltración
Biótico	Fauna	Riqueza y abundancia	19 Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
		Tamaño de las poblaciones	20 Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento del proyecto pueden incidir en el tamaño de las poblaciones de fauna **e**n el área de establecimiento del proyecto, debido a la pérdida de hábitat, fragmentación del paisaje, perturbaciones directas y alteración de recursos vitales. Estos efectos pueden provocar desde desplazamientos temporales hasta reducciones poblacionales, dependiendo de la sensibilidad de las especies y de la magnitud del impacto.
		Hábitat (recurso hábitat funcional)	21 Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto
			Avifauna -hábitats húmedos
			22 **Pérdida local de recurso-hábitat temporal para alimentación, descanso, abrevadero y resguardo.** Agrupa la pérdida del jagüey como recurso estacional de uso oportunista por aves de afinidad acuática y ribereña: alimentación, descanso, consumo de agua, aseo/plumaje, uso de bordes someros y lodosos, disponibilidad de presas y refugio térmico o estacional. Todos estos efectos derivan de una misma causa primaria: la desaparición del parche húmedo temporal y de los recursos tróficos y funcionales que concentraba durante la temporada de lluvias.
			23 **Integración de los efectos de las interacciones que propician la redistribución espacial de individuos y modificación de patrones locales de uso del sitio.** Integra el desplazamiento hacia otros cuerpos de agua, el aumento de distancias de vuelo y gasto energético, el cambio en patrones de uso del espacio y la disminución de la probabilidad de ocurrencia o registro local dentro del área intervenida. Son expresiones complementarias de una misma respuesta comportamental: la relocalización de individuos ante la pérdida de un recurso local.
			24 **Reducción de heterogeneidad ambiental y de conectividad**

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			funcional del paisaje para la avifauna acuática. Reúne los efectos de las interacciones derivadas de la pérdida de heterogeneidad del mosaico ambiental, la disminución de la funcionalidad del paisaje como red de sitios de paso entre hábitats mayores y de mayo amlitud en su hidroperiodo, funcionan como puntos de apoyo temporales para descansar, alimentarse, abrevar o resguardarse durante sus desplazamientos ("*stepping stones*").
			25 **Incremento de presión ecológica en sitios alternos de uso.** Agrupa a las interacciones que inducen a mayores concentraciones de individuos en cuerpos de agua remanentes, el posible aumento de competencia intra e interespecífica y la mayor vulnerabilidad a la perturbación antrópica o depredación en sitios sustitutos más abiertos, agrícolas o transitados. Aquí el efecto no ocurre en el sitio removido sino en los sitios receptores, que absorben la redistribución de las aves. Es un efecto secundario pero ecológicamente eviente, sobre todo en paisajes agropecuarios ya simplificados
			26 **Afectación acumulativa sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales.** Este impacto debe conservarse como rubro independiente porque no es solo una extensión espacial de los anteriores, sino la expresión acumulativa regional del mismo proceso: cada pérdida adicional de un jagüey o cuerpo temporal reduce la oferta total de recursos estacionales dentro de un contexto ya perturbado y con escasez relativa de agua superficial funcional
		Endemismo y especies en riesgo	27 Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo
		Grupos vulnerables (aves e insectos)	28 La afectación directa o indirecta a especies de aves e insectos con características ecológicas sensibles, debido a la transformación del hábitat, el cambio en la disponibilidad de recursos, las alteraciones en el microclima, la presencia de estructuras artificiales o el cambio en los patrones de luz y uso del suelo, lo

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			que puede comprometer su permanencia, reproducción o funciones ecológicas.
	Flora	Riqueza y abundancia	29 La reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales (riqueza) y del número de individuos o cobertura de cada especie (abundancia), como resultado de la remoción de vegetación, el cambio en las condiciones del suelo y microclima, y las prácticas de mantenimiento asociadas al desarrollo del proyecto.
		Integridad ecológica de las poblaciones	**Desmonte generalizada**
			30 **Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal.** Primero, una **pérdida innecesaria y ampliada de cobertura vegetal**, incluyendo vegetación que no interfería materialmente con las obras. Eso reduce más de lo necesario la protección superficial del suelo, disminuye la heterogeneidad ambiental y elimina refugios, sitios de alimentación o desplazamiento para fauna de ocurrencia local. En proyectos solares, la orientación técnica reciente subraya que parte de la vegetación puede coexistir con la infraestructura y aportar beneficios de control de erosión, hábitat y estabilidad del sitio, por lo que su remoción indiscriminada genera un impacto evitabl
			31 Susceptibilidad del terreno a la erosión hídrica. Este efecto integra las interacciones que evidencias el incremento de la **susceptibilidad del terreno a erosión hídrica y generación de sedimentos**, porque una superficie mayor queda desnuda, expuesta al impacto de lluvia, escurrimiento y tránsito de maquinaria. La EPA señala que el agua de lluvia que escurre sobre sitios de construcción puede arrastrar suelo suelto, residuos y químicos hacia drenajes y cuerpos receptores, mientras que NRCS identifica la erosión y la producción de sedimentos como una de las categorías centrales de contaminación asociadas a actividades constructivas. Dicho de otra forma: desmontar de más casi siempre significa **multiplicar el frente erosivo**
			32 A**lteración severa de las propiedades físicas del suelo.**

Medio	Factor	Subfactor		Descripción del efecto (impacto)
				Este efecto integra las interacciones de acciones que propician una alteración más severa de las propiedades físicas del suelo, debido a que el área de exposición, compactación y pérdida de estructura se amplía innecesariamente. Al retirarse vegetación que ayudaba a proteger el suelo, mantener porosidad y amortiguar el impacto de la lluvia, la infiltración puede disminuir en unas áreas y el escurrimiento superficial aumentar en otras, con mayor riesgo de encostramiento, sellado superficial y degradación edáfica. En otras palabras, la falta de selectividad no solo quita vegetación: debilita la capacidad funcional del suelo
			33	**Pérdida y fragmentación de microhabitats**. Este efecto concentra las interacciones de aquellas acciones sobre las poblaciones de la flora que favorecen aumenta la pérdida y fragmentación de microhábitats, así como el desplazamiento de la fauna. Cuando el desmonte excede la huella real de las obras, se remueven parches que podían seguir funcionando como cobertura, refugio o conectores locales dentro del predio. Esto es particularmente relevante en paisajes ya transformados, donde pequeños elementos remanentes pueden tener una función ecológica desproporcionada. La evidencia reciente sobre humedales y pequeños cuerpos de agua refuerza que la pérdida progresiva de elementos locales del paisaje reduce biodiversidad y funciones ecosistémicas incluso cuando cada elemento, visto aisladamente, parezca menor
			34	A**lteración de la calidad ambiental de la zona.** Bajo el alcance de este efecto se cncentran las interacciones de aquellas acciones con el factor flora y que podrían ntensificar los efectos negativos sobre la calidad ambiental de la obra**,** porque una superficie mayor intervenida normalmente implica más polvo, más necesidad de maniobras, más tránsito de maquinaria, mayor exposición a derrames y mayor volumen de residuos vegetales o materiales de despalme. Las Guías Generales EHS

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			del IFC (2024)[5] y la guía de EPA (2025)[6] sobre escurrimientos de construcción coinciden en que el control del impacto depende, en buena medida, de restringir el área perturbada y aplicar medidas preventivas desde el diseño y la ejecución de la obra
			35 **Ampliación innecesaria del impacto.** En el alcance de este efecto de integran las interacciones de las acciones que producen una amplificación innecesaria del impacto acumulativo**.** Si el desmonte no es selectivo, la afectación no se limita a las obras permanentes o a las franjas de trabajo indispensables, sino que se suma de forma expansiva a otras actividades como despalme, apertura de zanjas, conformación de plataformas y caminos de acceso. Eso vuelve más difícil sostener que la afectación fue acotada, proporcional y técnicamente indispensable. Desde una perspectiva de evaluación ambiental, un desmonte no selectivo debilita la justificación del proyecto porque hace más visible que parte del impacto era evitable mediante mejor diseño y control constructivo.
		Tamaño de las poblaciones	36 Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos i alteración del hábitat.
		Endemismo y especies en riesgo	37 Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo
		Cobertura	38 Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto
		Patrones de dispersión de semillas	39 El desarrollo y operación del proyecto puede modificar la continuidad espacial del hábitat**,** lo que puede interrumpir las rutas naturales de dispersión de semillas por viento (anemocoria), agua (hidrocoria) o fauna (zoocoria). El sombreado permanente que generan los paneles puede incidir en el microclima del suelo, afectando la germinación y la viabilidad de las semillas en áreas bajo cobertura (principalmente de gramíneas forrajeras). Además, la reducción o desplazamiento de fauna dispersora (aves, roedores, insectos) como consecuencia de la perturbación y la pérdida de

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			vegetación, podrá limitar la dispersión zoocórica.
		Biomasa vegetal producto de la remoción de vegetación	40 **Incremento de emisiones de CO2.** Uno de los efectos integradores de los efectos de las interacciones sobre el factor flora, después de las operaciones de remoción de la vegetación, es la emisión de dióxido de carbono (CO_2) por mineralización biológica de la materia orgánica vegetal durante su descomposición aerobia. La EPA (2026)[7] define el compostaje como descomposición biológica aerobia de materiales orgánicos, lo que confirma que la biomasa vegetal expuesta y degradándose libera carbono a la atmósfera como parte del proceso de descomposición.
			41 Posible g**eneración de otros GEI.** Este efecto integra las interacciones derivadas del manejo de la biomasa vegetacl, el cual, fuera de toda noma de prevención puede generar de otros gases de efecto invernadero, particularmente metano (CH_4) si en acumulaciones compactas, saturadas o mal aireadas se desarrollan condiciones anaerobias. La EPA (s.f.)[8], documenta que la descomposición de residuos orgánicos vegetales en condiciones de disposición inadecuada puede generar metano; aplicado a biomasa abandonada a la intemperie, esto debe entenderse como un riesgo potencial cuando el material se apila o humedece y pierde aireación
			42 **Generación de lixiviados y aporte de materia orgánica soluble al suelo**. La interacción de diversas acciones sobre la biomasa vegetal remanente (producto de la remoción de vegetación, pueden incorporarse a un efecto de este tipo y generar lixiviados y aportar materia orgánica soluble al suelo, con riesgo de afectar localmente su calidad y, si existe escurrimiento, la de aguas superficiales cercanas. La IFC (s.f. *op. Cit.*), asocia la descomposición de residuos orgánicos con producción de lixiviados, lo que hace técnicamente válido considerar este efecto cuando la biomasa queda expuesta sin contención

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			43 Deterioro local de la calidad ambiental. Las interacciones entre las acciones del proyecto y la biomasa vegetal remanente, se integran en este efecto y se caracterizan por el deterioro local de la calidad ambiental por olores y por atracción de organismos oportunistas asociados al proceso de putrefacción o degradación prolongada. La lógica de manejo controlado de residuos orgánicos que sigue la EPA (s.f., *op. Cit.*) y las guías EHS del IFC (2024)[9], existe precisamente para evitar que la degradación quede expuesta y genere molestias y riesgos ambientales secundarios
	Procesos del medio biótico	Comportamiento individuos de fauna	44 El desarrollo del proyecto podrá generar una transformación directa y acotada del hábitat, lo que puede afectar el comportamiento de la fauna en diversos niveles. La fragmentación del territorio debido a caminos, cercados y plataformas reduce la movilidad de especies y altera las rutas naturales de desplazamiento, forrajeo y desplazamientos. Especies terrestres que dependen de amplias áreas para su actividad diaria podrán experimentar estrés o abandono del sitio. El aumento del ruido, vibraciones y presencia humana constante durante las fases de construcción y mantenimiento puede provocar cambios en los patrones de actividad (por ejemplo, mayor nocturnidad o evasión), así como reducción en la tasa de reproducción o alimentación. Además, la modificación del microclima local (por efecto sombra, cambio en la temperatura del suelo o humedad) puede afectar la disponibilidad de refugio y alimento, especialmente para herpetofauna, aves e insectos. Algunas hipótesis sugieren que ciertas especies polarotácticas sugieren que pueden confundir la reflectancia de los paneles con cuerpos de agua (efecto lago o espejo), lo que puede generar atracción y afectación a su comportamiento, particularmente en aves e insectos acuáticos. En general, estas alteraciones acotadas al tiempo que ocuparán los trabajos de construcción y al espacio que

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
			ocupara el proyecto, podrán provocar una disminución de la riqueza y abundancia faunística, además de cambios en la composición y estructura de las comunidades animales de ese espacio.
		Movilidad de especies	45 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales
		Área y recursos de alimentación	46 El desarrollo de un parque fotovoltaico puede incidir de forma significativa en la disponibilidad de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat, la pérdida de vegetación natural y la alteración de procesos ecológicos que sustentan la oferta alimenticia.
		Fragmentación de áreas con vegetación natural	47 Posible aislamiento de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.
		Rutas de desplazamiento	48 El establecimiento de un proyecto fotovoltaico puede afectar negativamente a las rutas migratorias de la fauna que atraviesa o utiliza el área, principalmente por la fragmentación de los agroecosistemas, la creación de barreras físicas y visuales, y la alteración de señales naturales de orientación.
		Microambientes	49 El establecimiento de un proyecto fotovoltaico puede tener efectos significativos sobre los microambientes del área donde se instala, alterando condiciones físicas, biológicas y ecológicas que regulan la dinámica local del suelo, la vegetación, la fauna y los flujos ambientales.
Perceptual		Servicios ecosistémicos	50 transformación del ecosistema original, lo que reduce su capacidad de ofrecer servicios ecosistémicos clave, especialmente si no se aplican medidas de mitigación y restauración adecuadas.
	Paisaje	Calidad	51 La calidad paisajística del área de establecimiento del proyecto puede verse afectada debido a la transformación física, visual y perceptual del entorno, especialmente en zonas naturales o rurales con valor escénico, ecológico o cultural

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
		Integridad	52 El establecimiento del proyecto puede afectar la integridad paisajística del área de manera significativa, debido a la transformación visual, ecológica y cultural del territorio, especialmente en zonas rurales, naturales o con valor patrimonial
		Conectividad	53 La conectividad paisajística del área de establecimiento del proyecto podrá verse afectada, debido a la fragmentación del territorio, la introducción de barreras físicas y **la** modificación de los flujos ecológicos y funcionales que permiten la interacción entre distintos componentes del paisaje.
		Identidad rural	54 La identidad rural del paisaje puede verse afectada por la construcción y operación del parque fotovoltaico, ya que este tipo de infraestructura introduce cambios evidentes en el uso del suelo en una porción de los terrenos del SAR**,** la percepción del territorio y las dinámicas sociales y culturales de las comunidades locales.
		Contraste visual	55 La construcción y operación del proyecto puede incidir negativamente modificando el contraste visual del paisaje en su área de establecimiento, al introducir elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno natural o rural.
		Conexión cultural	56 La construcción y operación del parque fotovoltaico puede incidir en el contraste visual del paisaje del área de establecimiento, al introducir elementos artificiales y de gran escala que modifican la armonía visual existente entre los componentes naturales, rurales o culturales del entorno
Población	Condición de ocupación	Empleo	57 La construcción y operación del parque fotovoltaico puede incidir en el empleo del área de establecimiento de manera mixta, por una parte, generando tanto oportunidades laborales temporales o especializadas, como también posibles limitaciones puntuales para actividades económicas tradicionales.
		Aceptación social	58 Un proceso inadecuado de gestión durante la construcción y operación del parque fotovoltaico puede tener un impacto negativo directo sobre su aceptación social en el área de establecimiento, especialmente en

Medio	Factor	Subfactor		Descripción del efecto (impacto)
				comunidades rurales o con fuerte vinculación al territorio. La falta de diálogo, beneficios tangibles, transparencia y respeto por los valores locales puede generar desconfianza, conflictos y rechazo hacia el proyecto.
		Acceso a la tierra (tenencia)	59	La construcción y operación del parque fotovoltaico puede afectar **la** percepción de seguridad en la tenencia de la tierra dentro de su área de influencia, por tratarse de contextos rurales o comunitarios donde los derechos de propiedad o uso del suelo no están plenamente formalizados o se basan en sistemas consuetudinarios, ejidales o comunales**.**
Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica	60	La operación de un parque fotovoltaico puede tener impactos relevantes sobre la infraestructura eléctrica en su área de influencia, tanto positivos como potencialmente adversos**,** dependiendo del estado previo de la red, la capacidad instalada y el nivel de planificación del sistema eléctrico local o regional.
		Estructura de vialidades rurales	61	La construcción y operación del proyecto puede afectar significativamente la infraestructura de vialidades rurales en su área de influencia, tanto por el incremento del tránsito pesado como por la modificación o apertura de caminos de acceso, con efectos que pueden ser positivos o negativos según el grado de planificación y mantenimiento.
		Infraestructura comunitaria	62	La construcción y operación del parque fotovoltaico puede tener diversos efectos sobre la infraestructura comunitaria en su área de influencia, principalmente por el tamaño del proyecto, su ubicación, el nivel de coordinación con la comunidad y la capacidad instalada en el territorio. Estos efectos pueden resultar tanto en efectos negativos como positivos, y suelen estar vinculados a la presión sobre servicios existentes, el acceso a infraestructura básica y la reconfiguración del uso del espacio comunitario**.**
		Generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos, residuos de	63	Durante las distintas etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento), se prevé la generación de diversos tipos de

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)
		manejo especial y residuos peligrosos	residuos, entre los que se incluyen: residuos sólidos urbanos (RSU): generados principalmente por el personal en áreas de trabajo y servicios (alimentos, envases, materiales de uso cotidiano); residuos de manejo especial (RME): derivados de actividades como el desmonte, construcción de infraestructura, empaque de componentes eléctricos o sustitución de equipos durante mantenimiento y, residuos peligrosos (RP): generados por el uso de materiales con características corrosivas, inflamables, tóxicas o reactivas, tales como aceites, solventes, baterías, pinturas, filtros contaminados, entre otros. El pronóstico de ocurrencia de este efecto es alto, dado que la generación de residuos es inherente al desarrollo del proyecto. El riesgo ambiental asociado está vinculado principalmente a un manejo inadecuado, lo que podría provocar contaminación del suelo, agua o aire, exposición del personal a materiales peligrosos o afectaciones a la fauna silvestre.

Primer ejercicio de cribado:

El primer ejercicio de cribado consistió en una depuración metodológica inicial de la relación de efectos e impactos identificados para el proyecto, cuyo propósito fue eliminar duplicidades, corregir solapamientos conceptuales, reordenar los enunciados bajo una lógica homogénea por factor ambiental y dejar una matriz analíticamente más consistente para su valoración posterior. El punto de partida fue una tabla original de 63 efectos o impactos integradores, distribuidos en componentes abióticos, bióticos, perceptuales, sociales, de infraestructura y de manejo de residuos.

El procedimiento se desarrolló como una secuencia de revisión y depuración en varias fases. En una primera fase, se efectuó una lectura comparativa integral de todos los enunciados originales, no solo para identificar semejanzas de redacción, sino para reconocer si dos o más impactos describían en realidad el mismo fenómeno ambiental desde ángulos distintos. Esta primera revisión permitió detectar, por ejemplo, que varios enunciados formulaban por separado efectos que compartían un mismo objeto de afectación, una misma cadena causal o un mismo mecanismo de manifestación, como ocurría en diversos bloques de suelo, flora, fauna, biomasa vegetal y paisaje.

En una segunda fase, los impactos fueron reordenados por factor y subfactor ambiental, de manera que cada enunciado pudiera ser leído dentro del componente del sistema ambiental al que realmente pertenece. Esta operación fue importante porque la tabla original contenía algunos efectos que, aun siendo válidos, aparecían próximos a otros con los que guardaban relación temática, pero no necesariamente equivalencia metodológica. Reordenarlos por

factor permitió distinguir mejor entre impactos sobre aire, agua, suelo, flora, fauna, procesos ecosistémicos, paisaje, población, infraestructura y residuos, y evitó que un mismo fenómeno quedara disperso en apartados distintos o confundido con consecuencias derivadas de otra naturaleza.

En una tercera fase, se aplicó un criterio de integración selectiva, mediante el cual solo se fusionaron aquellos impactos cuya equivalencia causal o descriptiva era suficientemente clara. Esto significa que la integración no se hizo por mera afinidad temática ni por conveniencia de reducir el número total, sino únicamente cuando dos o más enunciados: a) afectaban el mismo componente ambiental; b) derivaban de la misma acción del proyecto; y c) no aportaban una diferenciación útil para etapas posteriores de valoración. Por esa razón, por ejemplo, algunos impactos se integraron en una sola formulación depurada, mientras que otros se mantuvieron separados aun cuando guardaban relación entre sí, porque seguían siendo metodológicamente útiles para una evaluación diferenciada.

En una cuarta fase, se revisó el resultado de esa integración para verificar que la depuración no hubiera producido un efecto inverso: esto es, una compactación excesiva capaz de borrar distinciones analíticas relevantes. En este punto se verificó si cada impacto depurado mantenía un alcance suficientemente preciso para ser valorado después en términos de signo, carácter, duración, reversibilidad, acumulación y sinergia. La regla aplicada fue simple pero estricta: fusionar solo cuando la permanencia separada del impacto generara duplicidad; conservar separado cuando la distinción siguiera siendo útil para evaluar**.**

En una quinta fase, el resultado se formalizó en una nueva matriz con numeración consecutiva**,** factor ambiental**,** subfactor**,** impacto depurado y observación metodológica, a fin de dejar constancia expresa del motivo por el que cada rubro fue conservado, integrado o separado. Posteriormente, sobre esa misma base depurada, se añadieron las columnas de signo del impacto **y** carácter directo o indirecto, para robustecer la coherencia interna de la matriz y prepararla para una etapa posterior de evaluación cualitativa o semicuantitativa. Como producto de este Primer ejercicio de cribado, la relación original de 63 efectos fue reorganizada en una matriz final de 46 impactos depurados.

El criterio rector del ejercicio fue, en todo momento, no compactar artificialmente la información, sino depurarla hasta un punto en el que la matriz resultara más clara, no redundante y metodológicamente defendible. En otras palabras, el cribado no buscó reducir por economía expositiva, sino mejorar la consistencia analítica de la identificación de impactos. Por ello, la depuración se concentró en corregir repeticiones evidentes, eliminar formulaciones paralelas que describían el mismo fenómeno y separar aquellos efectos cuya conservación independiente seguía siendo útil por su especificidad ecológica, territorial, perceptual, social o regulatoria.

Notas metodológicas de cautela: Conviene dejar expresamente asentadas cuatro notas metodológicas que deben observarse con mayor rigor en las fases posteriores de clasificación y valoración.

La primera es que no todo impacto indirecto es menos importante. En la matriz resultante, varios de los efectos más relevantes recaen precisamente en categorías cuyo carácter predominante es indirecto, como ocurre con la conectividad ecológica, la redistribución de fauna, la afectación a servicios ecosistémicos, la aceptación social o los impactos acumulativos. Por ello, la clasificación como indirecto no debe interpretarse como sinónimo de irrelevancia o de menor jerarquía, sino únicamente como una indicación de que el efecto se manifiesta a través de una cadena causal secundaria o de una respuesta ecológica o

social subsecuente. Esta salvedad es importante para evitar que, en una valoración posterior, los impactos indirectos queden indebidamente subestimados.

La segunda es que el uso de la categoría de impacto mixto debe mantenerse restrictivo y excepcional. En el ejercicio realizado, ese signo se reservó solo para aquellos casos en los que la propia formulación del impacto admite, de manera razonablemente previsible, tanto efectos favorables como desfavorables, como sucede con el empleo, la infraestructura eléctrica o la infraestructura comunitaria. La salvedad correspondiente es que no debe recurrirse al signo mixto como una salida cómoda frente a la duda metodológica, porque hacerlo debilitaría la claridad interpretativa de la matriz. El signo mixto solo es defendible cuando existen elementos plausibles para sostener que el balance del impacto no es exclusivamente negativo ni exclusivamente positivo.

La tercera nota es que algunos impactos podrían argumentarse simultáneamente como directos e indirectos**,** dependiendo de la escala o del momento en que se les observe. Ello ocurre, por ejemplo, con ciertos cambios de microclima, con la afectación a servicios ecosistémicos o con algunas manifestaciones de conectividad paisajística. Sin embargo, para evitar ambigüedad y mantener operativa la matriz, en este cribado se adoptó el criterio de asignar a cada impacto el carácter predominante. La salvedad aquí es evidente: esta clasificación no pretende negar la existencia de componentes secundarios del mismo impacto, sino solo fijar una categoría principal que haga posible su evaluación posterior con mayor consistencia.

La cuarta nota metodológica es que la **coherencia interna** de la matriz debe preservarse en las siguientes etapas de evaluación. Esto significa que la clasificación adoptada en este Primer ejercicio de cribado —tanto en la depuración de impactos como en la asignación de signo y carácter— deberá ser compatible con las futuras columnas de duración, reversibilidad, acumulación, sinergia, mitigabilidad y residualidad. La salvedad correspondiente es que, si en fases posteriores se modifica el criterio sin justificación expresa, la matriz puede incurrir en contradicciones internas detectables por la autoridad revisora. En otras palabras, el cribado no es un ejercicio aislado: es la base lógica que debe sostener la consistencia de toda la valoración subsecuente.

En síntesis, el primer ejercicio de cribado consistió en una revisión comparativa, reordenamiento por factor y subfactor ambiental, integración selectiva de enunciados equivalentes y formalización de una matriz depurada de impactos. El procedimiento partió de una relación original de 63 efectos o impactos y concluyó en una matriz final de 46 impactos depurados, estructurada con numeración consecutiva, factor ambiental, subfactor, impacto depurado, observación metodológica, signo y carácter. Su finalidad no fue reducir artificialmente la información, sino eliminar duplicidades, corregir solapamientos y establecer una base analíticamente consistente para la valoración posterior de cada impacto.

Tabla IV.1.3 Relación de impactos: primer ejercicio de cribado

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
1	Aire	Calidad del aire	Alteración de la calidad del aire	Negativo	Directo	Se conserva como impacto autónomo por tratarse de un componente ambiental específico con indicadores propios.

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
2	Aire	Confort sonoro	Alteración del ambiente sonoro	Negativo	Directo	Se mantiene separado de la calidad del aire porque el ruido y las vibraciones se valoran con criterios distintos.
3	Aire	Luminosidad y microclima	Alteración de la luminosidad y del microclima local	Negativo	Directo	Se integran ambos por referirse a cambios físicos localizados del entorno atmosférico inmediato.
4	Agua	Agua superficial embalsada	Pérdida de cuerpos de agua temporales y de su función hidrológica local	Negativo	Directo	Se conserva como impacto específico por su importancia sustantiva en el sistema ambiental.
5	Agua	Infiltración	Modificación de la infiltración puntual al subsuelo en antiguos cuerpos de agua	Negativo	Directo	Se separa del anterior porque la pérdida del vaso y la alteración del patrón de infiltración no son idénticas.
6	Agua	Escorrentías	Alteración puntual de escorrentías superficiales	Negativo	Directo	Se mantiene independiente por su utilidad analítica en hidrología superficial.
7	Suelo	Calidad	Alteración integral de la calidad del suelo	Negativo	Directo	Integra deterioro físico, químico y biológico del suelo y la reducción de su disponibilidad/calidad.
8	Suelo	Compactación	Compactación y alteración de propiedades físicas del suelo	Negativo	Directo	Se fusionan ambos porque la compactación es una expresión específica de la alteración física del suelo.
9	Suelo	Erosión	Incremento de erosión y susceptibilidad erosiva	Negativo	Directo	Se integran pérdida de capa superficial y aumento de susceptibilidad por corresponder al mismo proceso.
10	Suelo	Sedimentación	Activación de procesos de sedimentación	Negativo	Indirecto	Aunque deriva del disturbio físico del suelo, se expresa como consecuencia subsecuente del proceso erosivo.
11	Suelo	Uso de suelo	Cambio de uso de suelo y pérdida de áreas agrícolas	Negativo	Directo	Se conserva individualizado por su dimensión territorial, funcional y socioeconómica.
12	Flora	Cobertura vegetal	Reducción de cobertura vegetal y de la cubierta forestal	Negativo	Directo	Se integran ambas formulaciones por referirse al mismo efecto de pérdida o disminución de cobertura.

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
13	Flora	Riqueza, abundancia y tamaño poblacional	Disminución de riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora	Negativo	Directo	Se agrupan por describir distintas manifestaciones cuantitativas de la afectación a la vegetación.
14	Flora	Endemismo y especies en riesgo	Afectación a flora endémica o en categoría de riesgo	Negativo	Directo	Se mantiene separado por su relevancia regulatoria y de valoración.
15	Flora	Dispersión de semillas	Alteración de la dispersión natural de semillas	Negativo	Indirecto	Se conserva como proceso ecológico específico asociado a la continuidad funcional de la vegetación.
16	Flora	Integridad ecológica de las poblaciones	Pérdida innecesaria y ampliada de cobertura vegetal por desmonte no selectivo	Negativo	Directo	Se mantiene independiente porque describe una afectación evitable derivada de una mala práctica de ejecución.
17	Fauna	Individuos y poblaciones	Afectación a individuos y poblaciones de fauna terrestre	Negativo	Directo	Integra afectación a individuos y disminución del tamaño poblacional de fauna general.
18	Fauna	Hábitat	Pérdida y fragmentación del hábitat de fauna terrestre	Negativo	Directo	Se conserva separado porque el hábitat no equivale a la mera disminución de individuos.
19	Fauna	Endemismo y especies en riesgo	Afectación a especies de fauna endémicas o en riesgo	Negativo	Directo	Se mantiene separado por su importancia normativa y ecológica.
20	Fauna	Grupos vulnerables	Afectación a aves e insectos ecológicamente sensibles	Negativo	Directo	Se conserva por su especificidad taxonómica y funcional.
21	Avifauna asociada a humedales	Recurso-hábitat funcional	Pérdida local de recurso-hábitat temporal para alimentación, descanso, abrevadero y resguardo	Negativo	Directo	Se mantiene como efecto especializado ya consolidado para aves de afinidad acuática.
22	Avifauna asociada a humedales	Uso del sitio	Redistribución espacial y modificación de patrones de uso del sitio	Negativo	Indirecto	Se conserva separado porque describe respuesta conductual y no pérdida directa de recurso.
23	Avifauna asociada a humedales	Conectividad funcional	Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje	Negativo	Indirecto	Se mantiene separado por su escala de paisaje y conectividad ecológica.

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
24	Avifauna asociada a humedales	Presión ecológica	Incremento de presión ecológica en sitios alternos de uso	Negativo	Indirecto	Se conserva como efecto secundario diferenciado en sitios receptores.
25	Avifauna asociada a humedales	Acumulación regional	Afectación acumulativa sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales	Negativo	Indirecto	Se mantiene separado por su carácter acumulativo y escala supralocal.
26	Procesos ecosistémicos	Comportamiento de fauna	Alteración del comportamiento de la fauna	Negativo	Indirecto	Se mantiene por su especificidad conductual y utilidad en la descripción de respuestas biológicas.
27	Procesos ecosistémicos	Movilidad y desplazamiento	Alteración de movilidad, desplazamiento y rutas de fauna	Negativo	Indirecto	Integra movilidad, rutas y desplazamiento por tratarse del mismo fenómeno funcional.
28	Procesos ecosistémicos	Alimentación	Reducción de disponibilidad de áreas y recursos de alimentación para fauna	Negativo	Indirecto	Se conserva separado por describir un recurso funcional específico.
29	Procesos ecosistémicos	Fragmentación biológica	Fragmentación y posible aislamiento de poblaciones de flora y fauna con poca movilidad	Negativo	Indirecto	Se mantiene independiente por su relevancia ecológica y su efecto sobre conectividad poblacional.
30	Procesos ecosistémicos	Microhábitats y microambientes	Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes	Negativo	Directo	Se integran por describir la simplificación ecológica local del sitio.
31	Procesos ecosistémicos	Servicios ecosistémicos	Transformación del ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos	Negativo	Indirecto	Se conserva como impacto integrador de nivel ecosistémico.
32	Residuos y calidad ambiental	Calidad ambiental de obra	Deterioro temporal de la calidad ambiental durante la obra	Negativo	Directo	Integra afectaciones temporales asociadas a actividades constructivas y operación de maquinaria.
33	Residuos y biomasa vegetal	Emisiones	Emisión de CO2 y posible generación de otros gases de efecto invernadero por descomposición de biomasa vegetal	Negativo	Directo	Se integran por corresponder al mismo proceso de descomposición no controlada de materia orgánica.
34	Residuos y biomasa vegetal	Lixiviados y calidad ambiental	Generación de lixiviados y deterioro local de la calidad ambiental por descomposición de biomasa vegetal	Negativo	Directo	Se agrupan por describir efectos locales derivados del manejo inadecuado de biomasa removida.

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
35	Residuos	Manejo y disposición final	Riesgo de contaminación por gestión inadecuada de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos	Negativo	Directo	Se mantiene separado por su alcance normativo y operativo específico.
36	Paisaje	Calidad e integridad	Cambio paisajístico y afectación de la calidad e integridad paisajística	Negativo	Directo	Integra transformación visual general y pérdida de integridad escénica del territorio.
37	Paisaje	Conectividad	Afectación de la conectividad paisajística	Negativo	Indirecto	Se mantiene separado porque involucra continuidad funcional del territorio, no solo percepción visual.
38	Paisaje	Identidad rural y conexión cultural	Afectación de la identidad rural y de la conexión cultural del paisaje	Negativo	Indirecto	Se integran ambas por referirse al valor simbólico, territorial y cultural del paisaje.
39	Paisaje	Contraste visual	Incremento del contraste visual del paisaje	Negativo	Directo	Se conserva como atributo visual específico y distinto del cambio paisajístico general.
40	Social	Empleo	Efectos mixtos sobre empleo local y actividades económicas tradicionales	Mixto	Directo	Se mantiene separado por su especificidad socioeconómica; puede implicar beneficios temporales y afectaciones puntuales.
41	Social	Aceptación social	Afectación de la aceptación social del proyecto	Negativo	Indirecto	Se conserva como categoría independiente de gestión social.
42	Social	Tenencia de la tierra	Afectación a la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra	Negativo	Indirecto	Se mantiene separada por su especificidad jurídica y comunitaria.
43	Infraestructura y servicios	Infraestructura eléctrica	Efectos sobre infraestructura eléctrica	Mixto	Directo	Puede incluir mejoras o presiones sobre la red, según condiciones previas y gestión del proyecto.
44	Infraestructura y servicios	Vialidades rurales	Afectación de vialidades rurales por tránsito y apertura o modificación de accesos	Negativo	Directo	Se mantiene separado por su relevancia operativa y territorial.
45	Infraestructura y servicios	Infraestructura comunitaria	Efectos sobre infraestructura comunitaria	Mixto	Directo	Puede generar presión sobre servicios existentes o mejoras puntuales según coordinación y aportaciones.
46	Impacto acumulativo	Acumulación de efectos	Ampliación innecesaria del	Negativo	Indirecto	Se mantiene separado porque no describe un

No.	Factor ambiental	Subfactor	Impacto depurado	Signo	Carácter	Observación metodológica
			impacto acumulativo por desmonte o intervención no selectiva			componente aislado, sino la intensificación por concurrencia de acciones.

Segundo ejercicio de cribado:

Como continuidad del Primer Cribado de Impactos, en el cual se efectuó la revisión, depuración e integración de los impactos inicialmente identificados para eliminar redundancias, solapamientos y formulaciones equivalentes, se desarrolla ahora una Segunda Etapa de Cribado, cuyo propósito específico consiste en reorganizar los impactos depurados conforme a su mecanismo de generación**,** distinguiendo entre impactos directos **e** impactos indirectos.

Esta segunda etapa no implica la identificación de impactos nuevos ni la modificación sustantiva de los ya integrados, sino una reclasificación analítica y metodológica que permite precisar la **ruta causal** mediante la cual cada efecto ambiental puede producirse. En términos de buena práctica en evaluación de impacto ambiental, esta diferenciación fortalece la comprensión del sistema de efectos del proyecto, mejora la trazabilidad entre acción-impacto-factor ambiental y facilita la posterior determinación de medidas de prevención, mitigación, compensación y seguimiento (International Association for Impact Assessment [IAIA], 2025*, op. Cit.*); (International Finance Corporation [IFC], 2013, *op. Cit.*).

Bajo este enfoque, en la segunda etapa de cribado los impactos integrados en la fase anterior se someten a una revisión adicional para determinar cuáles de ellos constituyen efectos inmediatos y primarios atribuibles directamente a una acción o componente del proyecto, y cuáles corresponden a efectos derivados, secundarios o consecuenciales, es decir, aquellos cuya ocurrencia depende de que previamente se materialice otro impacto o alteración ambiental. De esta manera, el cribado no se limita a depurar la lista final de impactos, sino que también ordena jerárquicamente la secuencia causal de sus manifestaciones**.**

En este contexto, se consideran impactos directos aquellos que derivan de manera inmediata de las actividades del proyecto sobre un factor ambiental determinado, sin requerir para su ocurrencia de una cadena intermedia adicional de transformaciones. Por su parte, se consideran impactos indirectos aquellos que no resultan de forma primaria e inmediata de la acción del proyecto, sino que se presentan como consecuencia de un impacto previo o de una modificación inducida en el sistema ambiental. Esta forma de clasificación es congruente con los principios metodológicos aceptados en evaluación de impacto y con la necesidad de evitar duplicidades analíticas al momento de valorar efectos vinculados entre sí (IAIA, 2025, *op. Cit.*); (IFC, 2013, *op. Cit.*).

La utilidad de esta etapa radica en que permite distinguir, dentro del conjunto ya depurado, cuáles impactos constituyen el núcleo primario de afectación ambiental y cuáles deben entenderse como expresiones subsecuentes o encadenadas de esos mismos procesos de cambio. Así, por ejemplo, una alteración física inicial del suelo, de la cubierta vegetal, del drenaje superficial o de la calidad del aire puede constituir un impacto directo, mientras que

los cambios posteriores en disponibilidad de hábitat, patrones de desplazamiento de fauna, procesos erosivos intensificados, modificación microclimática o afectaciones funcionales del ecosistema pueden clasificarse como impactos indirectos, en la medida en que dependen causalmente de la alteración primaria.

Desde una perspectiva metodológica, esta segunda etapa persigue además un objetivo de depuración jerárquica: evitar que un mismo proceso de deterioro ambiental sea contabilizado reiteradamente como si se tratara de impactos autónomos e independientes, cuando en realidad algunos de ellos representan sólo consecuencias sucesivas o expresiones derivadas de un impacto principal. En otras palabras, el criterio aplicado consiste en conservar como impactos directos aquellos que expresan la interacción inmediata entre obra/actividad y medio, y adscribir como impactos indirectos aquellos que, aun siendo ambientalmente relevantes, se explican por una relación causal de segundo orden. Este criterio mejora la claridad expositiva del análisis y reduce el riesgo de sobreestimación artificial del universo de impactos.

La segunda etapa de cribado también permite construir una base metodológica más robusta para la valoración posterior de atributos como acumulación, sinergia, residualidad, persistencia y reversibilidad, dado que estos atributos suelen apreciarse con mayor precisión cuando previamente se ha distinguido si el impacto es primario o derivado. En particular, la adecuada separación entre impactos directos e indirectos resulta indispensable para reconocer cuándo un efecto secundario debe analizarse como manifestación acumulativa o sinérgica de una alteración original, y no como un fenómeno aislado.

En congruencia con lo anterior, el resultado de esta segunda etapa consiste en una organización final de los impactos integrados en dos grandes categorías analíticas:

a) Impactos directos: aquellos atribuibles de forma inmediata a las actividades del proyecto y que representan la perturbación primaria sobre el medio físico, biótico o socioambiental.

b) Impactos indirectos: aquellos que se generan como consecuencia mediata, derivada o encadenada de un impacto directo previo, incluyendo efectos secundarios sobre procesos ecológicos, funciones ambientales, disponibilidad de hábitat, dinámica de especies o condiciones de calidad ambiental.

Debe precisarse que esta clasificación no disminuye la importancia de los impactos indirectos, ni supone que éstos sean menores o irrelevantes; por el contrario, en muchos casos pueden alcanzar una magnitud o significancia comparable o incluso superior a la de los impactos directos. Su diferenciación responde exclusivamente a una exigencia de orden metodológico y causal, útil para presentar una evaluación más clara, congruente y técnicamente defendible ante la autoridad ambiental (IAIA, 2025, *op. Cit.*).

En suma, la segunda etapa de cribado constituye un ejercicio de reorganización causal y jerarquización metodológica del conjunto de impactos previamente depurados, mediante el cual se estructura la relación final de impactos del proyecto en impactos directos **e** impactos indirectos**,** evitando duplicidades, clarificando la secuencia de efectos ambientales y

fortaleciendo la consistencia del análisis para su valoración integral en los apartados subsecuentes de la manifestación.

V.1.1 Valoración de impactos

El siguiente paso en la aplicación de la metodología para la evaluación de impactos ambientales consiste en la valoración de los impactos identificados, con el objetivo de determinar su significancia. Esta etapa se desarrolló en dos fases complementarias:

1. Valoración cualitativa inicial, basada en los criterios definidos en la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA), que establece los elementos que caracterizan a un impacto ambiental significativo.
2. Valoración sistematizada, fundamentada en una adaptación de la propuesta metodológica de Gómez Orea (*op Cit.*), la cual fue modificada para incorporar los conceptos, definiciones y disposiciones establecidas en el marco jurídico nacional, particularmente la LGEEPA y su reglamento en la materia.

Esta segunda fase permitió establecer una metodología estructurada que facilita la calificación de la significancia de los impactos detectados, en coherencia tanto con el enfoque técnico como con las exigencias normativas aplicables Determinación de significancia

Como se ha señalado previamente, el primer procedimiento de valoración de impactos se alineó con los lineamientos establecidos en la normativa ambiental vigente, particularmente con lo dispuesto en el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. En este contexto, y conforme a la fracción XXI del artículo 3° de la LGEEPA, la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) es el instrumento mediante el cual se informa, con base en estudios, sobre los impactos ambientales significativos y potenciales que podría generar una obra o actividad, así como las medidas previstas para evitarlos o atenuarlos en caso de ser negativos.

En concordancia con lo anterior, la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA define el impacto ambiental significativo o relevante como:

“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.”

Respecto a la forma como se abordó el alcance de esta definición en la MIAR en revisión, la DGIRA requirió la atención de lo siguiente:

a) Que de acuerdo los alcances del concepto de significancia de los impactos ambientales, acorde al alcance de la fracción IX del artículo 3º antes citado, ajustardo al sentido gramatical y sistemático de dicha disposición, se reconoce que la redacción normativa no exige la concurrencia simultánea de todos los supuestos contenidos en la definición reglamentaria para que un impacto pueda ser considerado significativo. La estructura del precepto muestra que, una vez segregado el supuesto de origen atribuible a “la naturaleza” —que no resulta imputable al proyecto ni puede ser válidamente tomado como efecto derivado de éste en el marco de una evaluación preventiva—, la norma permite que la significancia se configure cuando se actualice alguno de los supuestos materiales previstos en la disposición, y no necesariamente la totalidad de ellos de manera acumulativa.

No obstante, de ello no se sigue, como parecería desprenderse de una lectura puramente literal y descontextualizada, que cualquier alteración, por mínima, temporal, localizada o ambientalmente irrelevante, deba reputarse automáticamente como impacto significativo. Esa conclusión sería técnicamente improcedente y jurídicamente insostenible, porque vaciaría de contenido útil al propio concepto de significancia y volvería ociosa toda labor de jerarquización, valoración y discriminación entre impactos compatibles, moderados, severos o críticos. En otros términos: si toda alteración fuese, por el solo hecho de existir, un impacto significativo, entonces la categoría normativa perdería toda función diferenciadora dentro del procedimiento de evaluación ambiental.

Por ello, la promovente asumirá en esta versión corregida que la fracción IX del artículo 3 del Reglamento establece supuestos alternativos de significancia, pero que cada uno de ellos debe actualizarse con un contenido material real, demostrable y ambientalmente relevante. Así, la mera existencia de un cambio, modificación o perturbación no bastará para sostener, sin mayor razonamiento, que un impacto es significativo; será indispensable acreditar que dicho efecto alcanza un umbral suficiente de intensidad, extensión, duración, persistencia o trascendencia ecológica o social para encuadrar razonablemente en alguno de los supuestos normativos invocados.

Bajo ese entendimiento, el supuesto relativo a las “alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales” no se interpretará como sinónimo de cualquier modificación detectable del medio, pues ello conduciría a una conclusión automática y metodológicamente defectuosa. Se asumirá, en cambio, que ese supuesto sólo se actualiza cuando el impacto adverso comprometa de manera relevante la integridad funcional del ecosistema, su organización como sistema de interacción entre los organismos y su ambiente, o la aptitud de sus componentes para mantener sus atributos esenciales. Esta precisión resulta congruente con la definición legal de ecosistema contenida en la LGEEPA, que lo concibe como la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

En el mismo sentido, el supuesto relativo a la salud no podrá tenerse por actualizado a partir de conjeturas abstractas, posibilidades remotas o molestias inespecíficas, sino únicamente cuando existan elementos objetivos para sostener que el impacto puede provocar un detrimento real en la salud o el bienestar físico de la población. De igual manera, la referencia reglamentaria a la obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos no debe entenderse en términos retóricos o sobredimensionados, sino como la posibilidad de que un impacto comprometa de manera relevante la viabilidad, permanencia, reproducción, desplazamiento, alimentación, refugio o desarrollo de sus receptores. Lo contrario equivaldría a utilizar el concepto de significancia como una cláusula abierta de aplicación automática, desvinculada de los hechos efectivamente evaluados.

Particularmente importante es precisar el alcance del supuesto relativo a la “continuidad de los procesos naturales”. Dado que el Reglamento no define esa expresión, no sería jurídicamente admisible asumir que cualquier incidencia sobre cualquier proceso natural, por marginal que sea, actualiza por sí sola la significancia. La interpretación técnicamente correcta exige identificar, en cada caso, cuáles son los procesos naturales pertinentes para el sistema ambiental analizado y determinar si el impacto tiene entidad suficiente para interrumpir, degradar o desarticular de forma relevante su continuidad funcional. Sólo en ese escenario podrá sostenerse, con rigor, que el supuesto reglamentario se actualiza; no así cuando se trate de incidencias menores, temporales, reversibles o espacialmente acotadas que no comprometan el funcionamiento general del sistema.

En ese sentido, se estima que no sería jurídicamente aceptable desprender de dicha observación que la fracción IX del artículo 3 del Reglamento impone considerar como significativo todo impacto que produzca cualquier modificación del entorno. Tal entendimiento no sólo carecería de razonabilidad técnica, sino que convertiría la categoría de significancia en un concepto vacío, automático e indiscriminado, contrario a la lógica misma del procedimiento de evaluación del impacto ambiental, que exige precisamente valorar, distinguir, jerarquizar y motivar los efectos previsibles del proyecto.

Para efectos de la presente MIA-R actualizada, la determinación de la significancia de los impactos ambientales se desarrollará mediante un procedimiento secuencial de dos niveles. En un primer momento, se realizará una identificación preliminar de impactos potencialmente significativos a partir de los supuestos normativos que integran la definición contenida en la fracción IX del artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental; posteriormente, aquellos impactos que, de manera razonada, incidan en alguno de dichos supuestos, serán sometidos a una evaluación específica de severidad y forma de alteración mediante el procedimiento de evaluación del "índice de incidencia" de cada impacto, lo cual forma parte de la metodología propuesta por Gómez Orea, asumida en esta MIA con las adaptaciones necesarias para hacerla congruente con el marco jurídico y administrativo mexicano (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013, *op. Cit.*).

Bajo este enfoque, la simple aplicación de los supuestos de la fracción IX multicitada no constituye todavía la calificación definitiva de la significancia de los impactos, sino que en esa etapa se tarta de una fase preliminar de cribado jurídico-técnico**.** Su función consiste en contrastar cada impacto identificado con los supuestos desagregados de la fracción IX del artículo 3 del Reglamento, excluyendo desde luego el componente relativo a los efectos originados por "la naturaleza", por no ser imputable al proyecto en el contexto de una evaluación preventiva de impacto ambiental. Así, cuando un impacto previsto por el establecimiento, operación o mantenimiento de la planta fotovoltaica incida, al menos en forma inicial, en alguno de los supuestos normativos relativos a alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales, en la salud, en la existencia y desarrollo de los seres vivos o en la continuidad de los procesos naturales, dicho impacto será considerado preliminarmente significativo y, por ello, pasará a una etapa posterior de evaluación de su entidad real.

Esta precisión es relevante porque evita dos errores metodológicos opuestos. Por una parte, evita el criterio ya superado de exigir que todos los supuestos de la definición reglamentaria concurran acumulativamente para reconocer la significancia. Por otra, evita también asumir, en forma automática, que cualquier alteración mínima o mera modificación detectable del medio deba calificarse sin más como impacto significativo. En consecuencia, la tabla V.1 operará como un instrumento de identificación preliminar o preclasificación, mientras que la calificación sustantiva de la severidad del impacto y de su forma de alteración quedará reservada al análisis técnico posterior mediante el índice de incidencia.

En esa segunda etapa metodológica se empleará el índice de incidencia propuesto por Gómez Orea, entendido como un valor numérico que expresa la severidad **y la** forma de alteración de cada impacto evaluado. Conforme a ese modelo, la incidencia se obtiene a partir de la asignación de valores codificados a los atributos que caracterizan cada impacto —tales como inmediatez, acumulación, sinergia, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, continuidad y periodicidad—, para después estandarizar el resultado en una escala comprendida entre 0 y 1**,** lo que permite comparar objetivamente la entidad relativa de los distintos impactos identificados. La promovente adopta esta metodología

como base de identificación, descripción y evaluación de impactos en la presente MIA-R, sin perjuicio de las adaptaciones que resultan necesarias para armonizarla con las categorías, definiciones y exigencias propias del régimen mexicano de evaluación del impacto ambiental (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013, *op. Cit.*).

Así, el procedimiento aplicable en esta MIA-R debe entenderse del modo siguiente: primero, se identifican los impactos del proyecto; segundo, se determina en la tabla V.1 si cada uno de ellos incide preliminarmente en alguno de los supuestos de significancia previstos en la fracción IX del artículo 3 del Reglamento; y tercero, sólo respecto de aquellos impactos que superen ese umbral preliminar, se procede a valorar su severidad y forma de alteración mediante el índice de incidencia, con base en los atributos antes señalados. Este diseño metodológico permite que la significancia no quede definida por una afirmación puramente nominal o abstracta, sino por una evaluación gradual, estructurada y motivada de la entidad del impacto (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013, *op. Cit.*).

En otros términos, la incidencia preliminar en alguno de los supuestos legales de significancia es la condición que activa el análisis técnico detallado, pero no sustituye la necesidad de ponderar la severidad real del impacto. De este modo, la metodología evita tanto la subestimación como la sobredimensión de los efectos ambientales: no reduce la significancia a la concurrencia extrema de todos los supuestos reglamentarios, pero tampoco la hace depender de la sola existencia de cualquier alteración menor. Lo que se adopta, en cambio, es un criterio escalonado y consistente: la norma define los supuestos de entrada y el índice de incidencia permite establecer la entidad concreta del impacto dentro de esos supuestos.

Por ello, en la presente MIA-R actualizada, la significancia será asumida como una categoría de evaluación construida a partir de la convergencia entre el estándar jurídico previsto en la fracción IX del artículo 3 del Reglamento y la valoración técnico-metodológica derivada del índice de incidencia. La primera identifica si existe una afectación que, en principio, encuadra en alguno de los supuestos legales; la segunda determina con qué intensidad, persistencia, acumulación, sinergia y capacidad de recuperación se manifiesta esa afectación. Sólo a partir de esa doble operación —jurídica en su umbral de activación y técnica en su graduación— puede sostenerse, con motivación suficiente, la calificación final de los impactos como significativos dentro de esta evaluación.

Con base en lo anterior se procedió a definir de los conceptos determinantes de la significancia de un impacto (tabla IV.1.4)

Tabla IV.1.4 Definición de los conceptos determinantes de la significancia del impacto

CONCEPTO	SIGNIFICADO
Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales.	Si por alteración se entiende la acción que propicia cambiar la esencia o forma de algo (*Alterar: cambiar la esencia o forma de algo*, DRAE, 2020), entonces, el concepto de alteración en los ecosistemas y sus recursos naturales se asume como aquel efecto que provoca un cambio en la esencia o la forma de los ecosistemas y, si consideramos que la esencia de los ecosistemas es su organización para que funcionen como la *unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados* (Fracción XIII, Artículo 3°, LGEEPA), un impacto alcanzará significancia cuando cambie la esencia de la función de los ecosistemas y estos dejen de conformar la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con su ambiente, lo que equivaldrá a la alteración radical de su integridad funcional y de su capacidad de carga.
Alteración de la salud.	El DRAE, 2020 define al verbo alterar como "*cambiar la esencia o la forma de algo*". Por lo que se refiere al sujeto receptor de la *alteración*, éste no se encuentra explícitamente identificado en el concepto que define el RLGEEPAMEIA/LGEEPA, pero es de inferirse que ese atributo está dirigido hacia las personas, toda vez que la fracción I del artículo 1

CONCEPTO	SIGNIFICADO
	de la LGEEPA dispone que este instrumento establece las bases para "Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar." Consecuentemente, un impacto significativo será aquel que modifique en sentido negativo el estado de salud de las personas, esto es que le afecte y que consecuentemente vaya en detrimento su estado físico.
Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre.	El DRAE define obstaculizar como "*Impedir o dificultar la consecución de un propósito*"; consecuentemente, un impacto será significativo cuando impida la existencia del hombre y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida del hombre y de la continuidad de sus procesos vitales (desarrollo). Esto equivale a considerar, que la significancia del impacto, sustentada en este concepto implicaría poner en riesgo la vida de las personas y su desarrollo en el más amplio sentido.
Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos.	Al igual que el concepto anterior, en este rubro el impacto será significativo cuando impida la existencia de los seres vivos (en general de todos aquellos que conforman la biota, flora y fauna) y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida de los seres vivos y de la continuidad de sus procesos vitales.
Obstaculización de la continuidad de los procesos naturales.	Todo lo que ocurre en la naturaleza, son procesos o transformaciones naturales, y una característica de todos ellos es que se desarrollan durante un lapso de tiempo (ninguno es instantáneo). Algunos ejemplos de procesos naturales son el envejecimiento, la erosión, la fotosíntesis, el ciclo del agua, la productividad primaria, el ciclo de la energía, la respiración, la reproducción, la evaporación son procesos o transformaciones naturales; en consecuencia el número de "procesos naturales es prácticamente de difícil cuantificación; por lo tanto el texto que se analiza, el cual forma parte de la definición contenida en la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA/LGEEPA, al no acotar el concepto "procesos naturales", alude a todos aquellos procesos que se dan en la naturaleza y que aseguran la funcionalidad de sus diversas estructuras. Por otra parte, la palabra continuidad alude a la unión natural que tienen entre si las partes de un *continuum*, lo que equivale a considerar que su utilización en la frase *continuidad de los procesos naturales*, implica que, los procesos naturales, están unidos y se desarrollan en el tiempo de manera secuencial, uniforme e ininterrumpida. Consecuentemente para que un impacto sea significativo deberá incidir en alterar alguna o algunas de las partes de esos *continuum* integrados por los procesos de transformación que ocurren en la naturaleza.

Bajo esta perspectiva, la definición normativa del concepto de impacto ambiental significativo, tal como se establece en la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, presenta limitaciones prácticas para su aplicación en el análisis de los efectos que un proyecto como el aquí evaluado puede generar sobre los factores ambientales. Por lo tanto, si bien se reconoce la importancia de contar con definiciones legales que guíen el análisis, resulta necesario complementar esta visión con un enfoque técnico-operativo, que permita valorar los impactos de forma más realista, proporcional al tipo de proyecto, y útil para la toma de decisiones ambientales responsables.

Para determinar si alguno de los impactos negativos que podría generar el proyecto y que han sido identificados en este capítulo como "Impactos con Actualización Preliminar de Supuestos de Significancia (IAPSS) , podría alcanzar el nivel de impacto ambiental significativo, se desarrolló un ejercicio basado en el análisis del alcance que dicho efecto podría llegar a ocasionar, señalando con un "si" el caso en el que el supuesto se satisfaga y con un "no", cuando el supuesto no puede ser satisfecho o, lo que es lo mismo, cuando dicho supuesto no puede alcanzarse. Se anticipa, de acuerdo a la interpretación gramatical del texto de la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental que, para que el impacto bajo análisis resulte significativo debe satisfacer al conjunto de cada uno de los supuestos que integran dicha definición; tal ejercicio se representa en el contenido de la siguiente tabla.

Se destaca que el empleo de la letra (X) o la palabra "no" en el ejercicio antes reseñado es arbitrario y que lo mismo podría haberse adjudicado un valor cualquiera para cuando el efecto se reconozca que ocurre o un valor de cero para cuando el supuesto no se cumpla; el resultado hubiera sido el mismo, para que el impacto sea significativo deberá, siempre, registrar la ocurrencia en todos y cada uno de los supuestos (Tabla IV.1.5).

Los resultados del ejercicio realizado no arrojaron la identificación de significancia para ningún impacto, debido a que ninguno de los impactos negativos satisfizo la totalidad de los alcances que, respecto a la significancia del efecto, establece el precepto reseñado en la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de la Evaluación del Impacto Ambiental. Se destaca que la interpretación sistemática, armónica, gramatical e integral de dicha definición obliga a considerar a todos los supuestos que la conforman como requisito para que un impacto sea significativo y, dado el alcance de varios de esos conceptos, resulta explicable la razón por la cual no se identifica significancia en ninguno de los 28 impactos negativos del proyecto.

Tabla IV.1.5 Alcances del concepto de significancia de los impactos ambientales

ID	Impactos ambientales	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA					Impacto con actualización preliminar de significancia (IAPS)
		ALTERA		OBSTACULIZA			
		Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
1	Afectación temporal de la calidad del aire por emisiones de partículas y contaminantes atmosféricos durante la fase de construcción, por actividades de preparación del sitio, construcción de obras y traslado de materiales	Si	So	No	No	No	Si
2	Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.	Si	Si	No	No	No	SI
3	Alteración potencial en los niveles y calidad del confort perceptible por el tránsito y desplazamiento de vehículos y maquinaria.	Si	Si	No	No	No	SI
4	Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de la operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.	Si	No	No	No	No	SI
5	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.	Si	No	No	Si	No	Si
6	Transformación irreversible de los pequeños embalses de almacenamiento estacional de agua y pérdida de funciones locales de captación pluvial	Si	No	No	Si	Si	Si
7	Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y cobertura vegetal del sitio	No	No	No	No	Si	Si
8	Degradación de la calidad y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria	Si	No	No	Si	Si	Si
9	Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto	No	No	No	Si	No	Si
10	Afectación de las características del suelo derivadas de la remoción de su cobertura vegetal, lo que puede derivar en	Si	No	No	Si	Si	Si

ID	Impactos ambientales	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA					Impacto con actualización preliminar de significancia (IAPS)
		ALTERA		OBSTACULIZA			
		Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
	la alteración de los procesos ecológicos que se realizan en dicho sustrato.						
11	Alteración puntual del curso de las escorrentías pluviales como resultado de los trabajos de nivelación, perfilado y preparación del suelo para recibir la infraestructura del proyecto.	No	No	No	Si	Si	Si
12	Posible reducción puntual de la infiltración al subsuelo por la modificación de las condiciones superficiales del terreno, derivadas de la infraestructura fotovoltaica.	No	No	No	No	Si	Si
13	Generación de lixiviados y deteriro local de la calidad ambiental por descomposición de biomasa vegetal.	Si	No	No	Si	No	Si
14	Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico	Si	No	No	Si	Si	Si
15	Incremento en los procesos de sedimentación.	No	No	No	No	Si	Si
16	Cambio de uso de suelo y pérdida de áreas agrícolas.	No	No	No	No	No	No
17	Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna , debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen.	Si	No	No	Si	No	Si
18	Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat como consecuencia de la remoción de vegetación.	Si	No	No	Si	No	Si
19	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto	SI	No	No	So	No	Si
20	Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales.	Si	No	No	Si	No	Si
21	Afectación a aves e insectos ecológicamente sensibles	Si	No	No	Si	No	Si
22	Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación, para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat en los agroecosistemas	Si	No	No	Si	No	Si
23	Afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat por la construcción del proyecto.	Si	No	No	Si	No	Si
24	Pérdida local de recurso-hábitat temporal para alimentación, descanso, abrevadero y resguardo (avifauna asociada a humedales)	Si	No	No	Si	No	Si
25	Redistribución espacial y modificación de patrones de uso del sitio (avifauna asociada a humedales)	Si	No	No	Si	No	Si
26	Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje (avifauna asociada a humedales)	Si	No	No	Si	No	Si

ID	Impactos ambientales	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA					Impacto con actualización preliminar de significancia (IAPS)
		ALTERA		OBSTACULIZA			
		Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
27	Incremento de la presión ecológica en sitios alternos de uso (avifauna asociada a humedales).	Si	No	No	Si	No	Si
28	Afectación acumulativa sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales (avifauna asociada a humedales)	Si	No	No	Si	No	Si
29	Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.	Si	No	No	Si	No	Si
30	Alteración del comportamiento de la fauna.	Si	No	No	Si	No	Si
31	Reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal.	Si	No	No	Si	No	Si
32	Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmonte no selectivo.	So	No	No	Si	No	Si
33	Disminución de la integridad y tamaño poblacional de individuos de especies de flora silvestre.	Si	No	No	So	No	Si
34	Afectación a flora endémica o en categoría de riesgo.	Si	No	No	Si	No	No
35	Interrupción de los patrones naturales de dispersión de las semilla y afectación a las áreas de acumulación, por efecto de la emoción de vegetación, la nivelación y el perfilamiento del suelo para recibir la infraestructura del proyecto.	Si	No	No	Si	No	Si
36	Alteración de la integridad y conectividad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio, como consecuencia de la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.	No	No	No	No	No	No
37	Incremento del contraste visual del paisaje	No	No	No	No	No	No
38	Interferencia con los usos del suelo o actividades productivas, por la modificación del entorno para recibir infraestructura del proyecto.	Si	No	No	No	No	Si
39	Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.	Si	No	No	Si	No	Si
40	Afectación de la aceptación social del proyecto.	No	No	No	No	No	No
41	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra.	Si	No	No	No	No	Si
42	Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.	Si	No	No	No	No	Si
43	Deterioro temporal de la calidad ambiental durante la obra.	Si	No	No	No	No	Si
44	Efectos mixtos sobre empleo local y actividades económicas tradicionales.	No	No	No	No	No	No
45	Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.	No	No	No	No	No	No
46	Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario	No	No	No	Ni	No	No
47	Generación y manejo inadecuado de residuos (residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos), durante el ciclo de vida del proyecto.	Si	Si	No	No	No	Si

Dado que, una vez aplicado el análisis de los supuestos de significancia previstos en la fracción IX del artículo 3º del RLGEEPAMEIA, 39 de los 47 impactos negativos identificados se ajustaron al menos a uno de dichos supuestos y en consecuencia se definen como "***impactos con actualización preliminar de significancia*** (IAPS)", se procedió a someterlos a una evaluación objetiva posterior de su significancia efectiva, a fin de determinar su nivel o grado real de incidencia ambiental. Para ello, estos impactos no se asumieron automáticamente como significativos en sentido definitivo, sino como impactos que ameritan una valoración técnica adicional sobre su severidad y forma de alteración.

En consecuencia, la determinación del nivel efectivo de significancia de esos 39 impactos se realizó mediante la estimación de la incidencia de cada uno de ellos, utilizando el indicador correspondiente basado en los nueve atributos del impacto propuestos por Gómez Orea, cuya metodología ha sido adoptada en esta MIA-R con las adecuaciones pertinentes al marco jurídico y administrativo aplicable. De esta manera, el análisis jurídico-preliminar de encuadramiento en supuestos de significancia se complementa con una valoración técnico-metodológica que permite graduar, con mayor objetividad, la entidad real de cada impacto.

Determinación de la incidencia

Dado que 39 impactos se ajustan al menos a uno de los cinco supuestos de significancia ; para determinar el alcance, se procedió a desarrollar un ejercicio complementario de valoración**,** aplicando una metodología adaptada de Gómez Orea (*op. cit*.)**,** basada en 10 atributos de impacto (véase Tabla IV.1.6).

Es importante destacar que este procedimiento no sustituye ni contradice lo dispuesto por el RLGEEPAMEIA, sino que lo complementa, al permitir valorar aquellos impactos que, sin ser formalmente significativos en términos jurídicos, resultan ambientalmente destacables por su posible efecto sobre uno o varios factores del entorno.

A los impactos que obtuvieron los valores más altos en esta evaluación alternativa se les clasificó como impactos destacables. Este término, aunque no equivalente jurídicamente al de "significativo", se utiliza aquí como una forma de resaltar su importancia relativa dentro del conjunto de impactos identificados, bajo un enfoque técnico más sensible y proporcional al tipo de proyecto evaluado**.**

Cada uno de los diez atributos fue valorado mediante una escala de 1 a 3 puntos, dependiendo de la severidad con que se manifiesta cada característica del impacto, permitiendo así construir un índice de valoración que guía la jerarquización de los impactos en función de su importancia ambiental.

Tabla IV.1.6 Atributos de impacto para determinar incidencia

ATRIBUTO	CARÁCTER DEL ATRIBUTO	INTERPRETACIÓN	CÓDIGO/ VALOR
Signo del efecto	Benéfico		+
	Perjudicial		-
	Indeterminado		x
Inmediatez (In)	Directo	Es el efecto que tiene repercusión inmediata sobre el ambiente	3
	Indirecto	Es el que deriva de un efecto primario	1
Acumulación (Ac)	Simple	Se manifiesta en un solo factor ambiental y no induce efectos secundarios, ni acumulativos, ni sinérgicos	1

ATRIBUTO	CARÁCTER DEL ATRIBUTO	INTERPRETACIÓN	CÓDIGO/ VALOR
	Acumulativo	Es aquel que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera	3
Sinergia (S)	No Sinérgico	Cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente	1
	Sinérgico	Cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente	3
Momento (M)	Corto	Es el que se manifiesta en el período inmediato posterior al desarrollo de la acción que lo desencadena.	3
	Mediano	Es el que se presente varias semanas o meses después del desarrollo de la acción que lo desencadena	2
	Largo plazo	Es el que se genera un año o más, después de que se ejecuta la acción que lo genera.	1
Persistencia (Pe)	Temporal	El efecto tiene una alteración de duración definida	1
	Permanente	Tiene una duración indefinida	3
Reversibilidad (Re)	Corto	Puede ser asimilado por los procesos naturales en plazos menores a una semana	1
	Mediano	No puede ser asimilado de inmediato, tardan varias semanas en desaparecer las manifestaciones del efecto.	2
	Largo plazo o no reversible	Las manifestaciones del efecto tardan un año o más en desaparecer	3
Recuperabilidad (Ri)	Recuperable	El que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	1
	Irrecuperable	El que no puede ser eliminado o reemplazado por la acción natural o humana	3
Continuidad (Co)	Discontinuo	Se manifiesta de forma intermitente o irregular.	1
	Continuo	Es el que produce una alteración constante en el tiempo	3
Periodicidad (Pi)	Aparición irregular	Es el que se manifiesta de forma impredecible en el tiempo, debiendo evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia.	1
	Periódico	Es el que se manifiesta de forma cíclica o recurrente	3

Con el uso de los valores de estos criterios se determinó la destacabilidad de cada impacto. Para ello se procedió a determinar el índice de incidencia de cada uno de ellos. Al respecto, por índice de incidencia entendemos a la severidad y a la forma de la alteración que provoca el impacto, la cual viene definida por la serie de atributos mencionados con anterioridad que caracterizan dicha alteración.

A cada uno de impactos identificados se le atribuye un índice de incidencia que variará de 0 a 1, mediante la siguiente metodología:

1. Se tipificaron las formas en que se puede describir cada atributo; por ejemplo, momento en corto, mediano y largo plazo,
2. Atribuir un código numérico a cada forma, acotado entre un valor máximo (3) para la más desfavorable y un mínimo (1) para la más favorable; así para el ejemplo anterior si el momento es de corto plazo = 3, mediano plazo = 2, largo plazo = 1.

3. El índice de incidencia (I) de cada impacto, se evaluó a partir del algoritmo simple que se muestra a continuación. El valor se obtiene a través de la suma ponderada de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala, lo anterior requiere atribuir pesos específicos a los atributos considerados como "definitorios de la significancia".

Expresión 1

$$\boldsymbol{I = In + Ac + S + M + Pe + Re + Ri + Co + Pi}$$

4. Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la siguiente expresión:

Expresión 2:

$$Ii = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

En el cual:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

$I_{mín}$ = el valor obtenido utilizando el valor menor de cada atributo, que para el caso de esta evaluación será de 9, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 1.

$I_{máx}$ = el valor obtenido utilizando el valor mayor de cada atributo, que para el caso de esta evaluación será de 27, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 3.

5. Previamente se determina un valor umbral de significancia a aplicar a los resultados del ejercicio y éste queda a criterio del evaluador. La técnica recomienda asignar la destacabilidad[II] a los impactos que alcancen el valor I_{max}, sin embargo, con el objeto de ser más rigurosos en la selección se decidió que el valor considerado como mínimo destacable fuera una media del valor estandarizado, más un porcentaje mínimo, lo cual definió al valor de 0.60 como el valor umbral para decidir entre destacable y no destacable.

Tabla IV.1.7 Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados

CATEGORÍA	INTERPRETACIÓN	INTERVALO VALORES
Despreciables	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a 0.33
No significativo	Se afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.59
Destacable	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	Mayor a 0.60

[II] En este ejercicio se utiliza el adjetivo destacable (destacabilidad), como sustituto de significativo para no propiciar una confusión con el concepto que utiliza la definición de impacto ambiental significativo, cuya aplicación ya se analizó y evidenció que ninguno de los impactos que se han identificado que pudiera ocasionar el proyecto alcanza esa connotación, en consecuencia y de acuerdo al objetivo de identificar los impactos cuya incidencia les hace más destacables en el contexto de la generalidad del conjunto, se utilizó el adjetivo de impacto destacable.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del modelo complementario de valoración permitieron determinar la incidencia de cada impacto, entendida como el grado de severidad y la forma de alteración que dicho impacto puede generar. Esta incidencia fue evaluada con base en los atributos específicos descritos en la Tabla IV.1.6, los cuales caracterizan y ponderan la alteración ambiental potencial.

Interpretación de los resultados de la matriz de estimación del índice de incidencia

La matriz de incidencia o de significancia contenida en el Apéndice IV.1.3 comprende la estimación del índice de incidencia de los 37 impactos ambientales que pasaron por el filtro de la aplicación del alcance de la fracción IX del artículo 3º del RLGEEPAMEIA, valorados mediante nueve atributos: inmediatez, acumulación, sinergia, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, continuidad y periodicidad.

Cada atributo recibió una valoración de 1 a 3, por lo que la incidencia absoluta puede variar entre 9 puntos, como valor mínimo, y 27 puntos, como valor máximo. El índice normalizado se determinó mediante la expresión antes citada.

El resultado se expresa en una escala de 0 a 1. Los valores más próximos a cero corresponden a impactos con una incidencia reducida, mientras que los valores cercanos a uno representan efectos que reúnen una mayor cantidad de atributos desfavorables, como manifestación directa, acumulación, sinergia, persistencia, continuidad, limitada reversibilidad o dificultad de recuperación. De los 37 impactos valorados, el 59.5% alcanzan valores de significancia que permite clasificarlos como destacabloes o significativo (tabla IV.1.9)

Tabla IV.1.9: valores de significancia de los impactos evaluados

Categoría consignada en la matriz	Número de impactos	Proporción relativa (% en relación al total)
Despreciables	4	10.8 %
No significativos	11	29.7 %
Destacables	22	59.5 %
Total	37	100 %

Por tanto, conforme a la clasificación registrada en la propia matriz, 22 impactos alcanzan la categoría de destacables o significativos y constituyen el conjunto que debe analizarse con mayor detalle para determinar su significancia ambiental.

Comportamiento general del índice de incidencia: Los índices estimados varían entre 0.056 y 0.833, con un promedio aproximado de 0.595 y una mediana de 0.667. Esto significa que, aunque existen algunos efectos de baja incidencia, la distribución general se concentra en los valores medios y altos de la escala.

La recopilación de los valores decimales evidencia que 15 impactos alcanzan un valor de 0.778 y solo tres rebasan ese valor y alcanzan 0.833 puntos (tabla IV.1.10).

Tabla IV.1.10 Valores de incidencia

Índice exacto	Número de impactos
0.056	1
0.167	2
0.278	1
0.389	2
0.444	1
0.500	8
0.556	1
0.667	7
0.722	2
0.778	10
0.833	2

La mayor concentración se presenta en el índice 0.778, alcanzado por diez impactos. Este resultado evidencia que una parte importante de los efectos identificados reúne simultáneamente características de acumulación, sinergia, persistencia, continuidad y limitada capacidad de recuperación.

Los dos valores máximos, de 0.833, corresponden a la reducción de la cobertura vegetal y a su pérdida innecesaria por desmontes no selectivos. Esto confirma que la vegetación constituye uno de los principales receptores y mecanismos desencadenantes de las cadenas de efectos ambientales previstas.

Interpretación por componentes ambientales

Medio físico

Dentro del medio físico destacan la emisión de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, la modificación del microclima bajo los módulos, la alteración del patrón de escurrimientos, la degradación del suelo, la sustitución del suelo agrícola y el incremento de la erosión.

La emisión de CO_2, la alteración del microclima, la modificación de los escurrimientos, la sustitución del suelo agrícola y el incremento de la erosión alcanzaron índices de 0.667. Estos resultados indican una incidencia relevante, debido principalmente a su carácter directo, acumulativo y, en diversos casos, sinérgico.

La degradación de la calidad y las funciones ecológicas del suelo obtuvo un índice exacto de 0.556, equivalente a 0.6 cuando se redondea a un decimal. Su inclusión entre los impactos destacables resulta congruente con la importancia funcional del suelo como soporte de la vegetación, regulador de la infiltración y medio para el desarrollo de procesos biológicos.

Fauna y hábitat

Los efectos sobre fauna y hábitat presentan algunos de los índices más elevados de toda la matriz. La incidencia sobre el tamaño de las poblaciones, la reducción de la diversidad y abundancia, la pérdida y fragmentación del hábitat, la afectación de especies endémicas o en riesgo, la modificación de rutas de desplazamiento y la disminución de la heterogeneidad funcional alcanzaron un índice de 0.778.

La coincidencia de estos valores refleja que no se trata únicamente de efectos sobre individuos aislados, sino de alteraciones relacionadas con la estructura del hábitat, la movilidad de la fauna, la disponibilidad de refugios y recursos, y la conectividad ecológica.

La electrocución y la colisión potencial de aves obtuvieron índices de 0.722. Estos valores expresan una incidencia potencial relevante; sin embargo, deberán interpretarse conjuntamente con la probabilidad real de ocurrencia, el diseño de la infraestructura eléctrica y fotovoltaica, el comportamiento de las especies y las medidas preventivas que se adopten.

Flora y vegetación

Los impactos sobre flora y vegetación concentran los valores más altos de la matriz. La disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora; la reducción de la integridad de sus poblaciones; y la interrupción de la dispersión natural de semillas obtuvieron índices de 0.778.

La reducción de la cobertura vegetal y la pérdida innecesaria derivada de desmontes no selectivos alcanzaron el valor máximo de 0.833. Ambos impactos presentan una elevada incidencia porque la remoción de vegetación ocurre de forma directa, puede extenderse de manera acumulativa y tiene efectos concurrentes sobre el suelo, la fauna, el microclima, el paisaje y los procesos de regeneración natural.

Debe distinguirse entre ambos conceptos. La reducción de la cobertura vegetal corresponde al efecto inherente a las superficies que necesariamente deben intervenirse, mientras que la pérdida por desmontes no selectivos representa una afectación evitable que se produciría por una deficiente delimitación o ejecución de los trabajos.

Procesos ecosistémicos y paisaje

La pérdida de microhábitats y alteración de microambientes obtuvo un índice de 0.667, mientras que la transformación del ecosistema y afectación de sus servicios alcanzó 0.778.

Este último constituye un impacto integrador, ya que sintetiza las modificaciones concurrentes sobre cobertura vegetal, suelo, hábitat, conectividad, microclima, infiltración, regulación de la erosión y procesos de regeneración natural. Su valor elevado confirma que la evaluación no debe limitarse a componentes aislados, sino considerar la respuesta conjunta del sistema ambiental.

Residuos

La generación y manejo inadecuado de residuos durante el ciclo de vida del proyecto obtuvo un índice de 0.667. Aunque se trata de un efecto ampliamente prevenible, su incidencia resulta relevante porque puede presentarse durante varias etapas y afectar de manera simultánea el suelo, los escurrimientos, la calidad visual, las condiciones sanitarias y la seguridad de las áreas de trabajo.

Relación final de impactos clasificados como destacables

La relación recopilada incluye los 22 impactos registrados como destacables o significativos (tabla IV.1.11) en la matriz. El índice se presenta con tres decimales y, en el caso del impacto número 7, se señala su equivalencia redondeada.

Tabla IV.1.11: Impactos destacables o significativos

Nº[1/]	Impacto ambiental	Índice
2	Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.	0.667
5	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos, con incidencia en la flora, la fauna local y la humedad del suelo.	0.667
6	Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y de la cobertura vegetal del sitio.	0.667
7	Degradación de la calidad y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.	0.556, equivalente a 0.6 redondeado
8	Sustitución de suelo agrícola derivada de la implementación y operación del proyecto.	0.667
12	Incremento de la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de la remoción de vegetación, desmonte y excavación.	0.667
14	Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de fauna debido a la afectación de su hábitat, la fragmentación del paisaje y las respuestas de los individuos.	0.778
15	Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat.	0.778
16	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente para individuos grandes y medianos.	0.778
17	Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo o vulnerables, por transformaciones del hábitat o estímulos perjudiciales.	0.778
18	Electrocución potencial de aves.	0.722
19	Colisión potencial de aves con paneles fotovoltaicos.	0.722
21	Afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida.	0.778
24	Reducción de la heterogeneidad ambiental y de la conectividad funcional del paisaje para la avifauna asociada a humedales.	0.778
26	Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.	0.778
28	Reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal.	0.833
29	Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmonte no selectivo.	0.833
30	Disminución de la integridad y tamaño poblacional de individuos de especies de flora silvestre.	0.778
31	Interrupción de los patrones naturales de dispersión de semillas y afectación de sus áreas de acumulación.	0.778
33	Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.	0.667
35	Transformación del ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.	0.778
37	Generación y manejo inadecuado de residuos durante el ciclo de vida del proyecto.	0.667
1/	Número correspondiente al que se designó en la matriz de incidencia	

Conclusión: la matriz identifica 22 impactos destacables, equivalentes al 59.5 % de los 37 impactos evaluados. La incidencia se concentra principalmente en la cobertura vegetal, las

poblaciones de flora y fauna, la integridad y conectividad del hábitat, los microhábitats y el funcionamiento general del ecosistema.

Los resultados muestran que los impactos más relevantes no corresponden únicamente a alteraciones puntuales, sino a efectos capaces de propagarse a través de cadenas causales. La remoción de vegetación y la modificación física del terreno actúan como procesos desencadenantes; posteriormente se manifiestan efectos sobre el suelo, el microclima, la disponibilidad de hábitat, la movilidad de la fauna y la conectividad ecológica, hasta expresarse en la transformación parcial del ecosistema y de sus servicios.

Por ello, los 22 impactos clasificados como destacables deberán constituir el núcleo del análisis posterior de significancia, así como de la formulación de medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y seguimiento ambiental.

Relación final de impacto ambientales.

La relación final de impactos ambientales resultantes de los ejercicios antes reseñados (descartando los que se evaluaron con incidencia despreciable), evidencia que los factores ambientales que mayor incidencia registran es el suelo, la flora, y la fauna (tabla V.15).

Tabla V. 2 Relación de impactos ambientales significativos

ID	Impactos ambientales significativos
1	Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.
2	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.
3	Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y cobertura vegetal del sitio
4	Degradación de la calidad y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria
5	Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto
6	Afectación de las características del suelo derivadas de la remoción de su cobertura vegetal, lo que puede derivar en la alteración de los procesos ecológicos que se realizan en dicho sustrato.
7	Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico
8	Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna , debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen.
9	Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat como consecuencia de la remoción de vegetación.
10	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto
11	Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales.
12	Afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat por la construcción del proyecto.
13	Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje (avifauna asociada a humedales)
14	Afectación acumulativa sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales (avifauna asociada a humedales)
15	Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.
16	Reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal.
17	Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmonte no selectivo.
18	Disminución de la integridad y tamaño poblacional de individuos de especies de flora silvestre.

ID	Impactos ambientales significativos
19	Interrupción de los patrones naturales de dispersión de las semilla y afectación a las áreas de acumulación, por efecto de la emoción de vegetación, la nivelación y el perfilamiento del suelo para recibir la infraestructura del proyecto.
20	Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.
21	Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.
22	Generación y manejo inadecuado de residuos (residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos), durante el ciclo de vida del proyecto.

A partir de la relación final de 22 impactos ambientales y de la caracterización incluida en la tabla IV.1.12, se realizó su clasificación conforme a los atributos de residualidad, acumulación y sinergia. Estas categorías no son excluyentes, por lo que un mismo impacto puede presentar simultáneamente dos o tres de dichos atributos.

Para efectos de la matriz:

- Residual: efecto que previsiblemente permanecerá, total o parcialmente, después de aplicar las medidas ambientales.
- Acumulativo: efecto cuya gravedad aumenta progresivamente por la reiteración de las acciones que lo generan o por su concurrencia con otros proyectos y actividades.
- Sinérgico: efecto que se intensifica por la interacción con otras alteraciones, produciendo una afectación mayor que la suma aislada de sus componentes.

La Tabla IV.1.12 caracteriza expresamente numerosos impactos como directos, acumulativos y sinérgicos, y asigna diferentes niveles de residualidad a las alteraciones sobre microclima, vegetación, fauna, hábitat y conectividad ecológica, la síntesis de esa clasificación se detalla en la tabla IV.1.13.

Tabla IV.1.13: Relación de impactos residuales, acumulativos y sinergicos

ID	Impacto ambiental	Residual	Acumulativo	Sinérgico
1	Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.	—	X	X
2	Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos, con incidencia en la flora, la microfauna y la humedad del suelo.	X	X	X
3	Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y de la cobertura vegetal.	—	X	X
4	Degradación de la calidad y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.	—	X	X
5	Sustitución de suelo agrícola derivada de la implementación y operación del proyecto.	X	X	—
6	Incremento de la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de la remoción de vegetación, desmonte y excavación.	—	X	X
7	Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de fauna.	X	X	X
8	Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat.	X	X	X

ID	Impacto ambiental	Residual	Acumulativo	Sinérgico
9	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.	X	X	X
10	Incidencia sobre especies de fauna endémicas, vulnerables o con categoría de riesgo.	X	X	X
11	Afectación de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida.	X	X	X
12	Reducción de la heterogeneidad ambiental y de la conectividad funcional del paisaje para la avifauna asociada a humedales.	X	X	X
13	Afectación acumulativa sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales.	X	X	X
14	Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.	X	X	X
15	Reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal.	X	X	X
16	Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmonte no selectivo.	X	X	X
17	Disminución de la integridad y tamaño poblacional de individuos de especies de flora silvestre.	X	X	X
18	Interrupción de los patrones naturales de dispersión de semillas y afectación de sus áreas de acumulación.	X	X	X
19	Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.	X	X	X
20	Transformación del ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.	X	X	X
21	Generación y manejo inadecuado de residuos durante el ciclo de vida del proyecto.	—	—	—
22	Afectación de las características del suelo derivada de la remoción de su cobertura vegetal y alteración de los procesos ecológicos del sustrato.	X	X	X

Relación simple por categoría

Impactos residuales previstos

Se reconocen como residuales aquellos vinculados con:

- modificación del microclima;
- sustitución del suelo agrícola;
- reducción de las poblaciones, diversidad y abundancia de fauna;
- pérdida y fragmentación del hábitat;
- afectación de especies de fauna sensibles o protegidas;
- alteración de rutas de desplazamiento y conectividad;
- disminución regional de hábitats acuáticos temporales;
- disminución de la riqueza, cobertura e integridad de la flora;
- interrupción de la dispersión de semillas;
- pérdida de microhábitats;
- transformación del ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos;
- afectación persistente de las funciones ecológicas del suelo.

La residualidad es especialmente alta en los impactos asociados con la permanencia de la infraestructura, el cambio de función del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, la fragmentación del hábitat y la alteración de la conectividad ecológica. En la propia Tabla IV.1.12, por ejemplo, la pérdida y fragmentación del hábitat se califica con residualidad alta debido a la permanencia del cambio físico y del efecto barrera.

Impactos acumulativos

Prácticamente todos los impactos sobre el medio físico y biótico presentan capacidad acumulativa, debido a que su gravedad aumenta conforme se amplía la superficie intervenida, se reiteran las actividades o se suman sus efectos a los de otras obras y proyectos existentes o previsibles dentro de la Región Ecológica.

Destacan particularmente:

- emisión de GEI;
- modificación del microclima;
- alteración de escurrimientos;
- degradación, sustitución y erosión del suelo;
- reducción de poblaciones de flora y fauna;
- pérdida y fragmentación de hábitats;
- reducción de conectividad;
- afectación regional de hábitats acuáticos temporales;
- pérdida de cobertura vegetal;
- transformación del ecosistema.

La afectación sobre la disponibilidad regional de hábitats acuáticos temporales constituye, por su propia formulación, un impacto acumulativo, debido a que cada pérdida adicional de un bordo o jagüey reduce progresivamente la oferta regional de recursos estacionales.

Impactos sinérgicos

Los impactos sinérgicos se concentran en aquellos procesos en los que concurren simultáneamente la remoción de vegetación, la compactación del suelo, la alteración de escurrimientos, la erosión, la fragmentación, la presencia de cercados y la incorporación de infraestructura.

Entre los más representativos se encuentran:

- modificación del microclima;
- alteración de escurrimientos;
- degradación y erosión del suelo;
- disminución de poblaciones de flora y fauna;
- pérdida y fragmentación del hábitat;
- alteración de rutas de desplazamiento;
- reducción de la heterogeneidad y conectividad;
- pérdida de cobertura vegetal;

- afectación de la dispersión de semillas;
- pérdida de microhábitats;
- transformación del ecosistema y sus servicios.

En estos casos, la interacción de las alteraciones físicas, biológicas y territoriales genera una respuesta ecológica superior a la que produciría cada efecto considerado aisladamente. La Tabla IV.1.12 señala expresamente que la alteración de las rutas de desplazamiento se potencia por la concurrencia de cercados, iluminación, tránsito y pérdida de cobertura.

Síntesis interpretativa

La clasificación evidencia que los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos se concentran principalmente en los componentes suelo, flora, fauna, hábitat y procesos ecosistémicos. La remoción de vegetación y la modificación física del terreno actúan como alteraciones primarias; posteriormente, sus efectos se propagan hacia la erosión, el microclima, la disponibilidad de hábitat, la movilidad de la fauna, la regeneración vegetal y la conectividad ecológica.

Los impactos de mayor complejidad son la pérdida y fragmentación del hábitat, la reducción de la cobertura vegetal, la afectación de la conectividad funcional y la transformación del ecosistema y de sus servicios, debido a que reúnen simultáneamente los atributos de residualidad, acumulación y sinergia. Por el contrario, la generación y manejo inadecuado de residuos corresponde principalmente a un impacto prevenible y controlable mediante medidas operativas y, por ello, no se clasifica inicialmente dentro de estas tres categorías, salvo que ocurra de manera reiterada o deficiente.

Descripción y determinación de magnitud de los impactos destacables

El sub proceso de determinación de la significancia de los impactos ambientales, resultó en la relación de los 22 impactos antes referido; dicho subproceso se sustentó en la cantidad y la calidad del factor ambiental alterado, en la importancia o contribución de dicho factor a la calidad del ambiente respectivo, en el grado de incidencia o severidad de la afectación y de las características del efecto expresadas por los atributos que le describe, según se describe en la metodología adoptada para este proceso (Apéndice IV.1.1).

Indicadores de impacto

La magnitud de los impactos ambientales o alteraciones potenciales sobre un factor del entorno puede expresarse de diversas maneras, dependiendo de la naturaleza del factor**,** su estado actual**,** sus características intrínsecas y la unidad de medida seleccionada para su evaluación. Uno de los mecanismos comúnmente adoptados para cuantificar esta magnitud es el uso de indicadores de impacto ambiental**.**

Sin embargo, es importante señalar que la utilidad y aplicabilidad de los indicadores dependen directamente de la calidad ambiental del sistema receptor. En la medida en que el ambiente se encuentra alterado respecto a sus condiciones naturales, la capacidad de los indicadores para representar adecuadamente los impactos disminuye, y su empleo debe restringirse a factores particularmente representativos o sensibles**.**

En el caso de la REcol donde se proyecta instalar el PSFV Tepetate, tal como se documentó en el Capítulo III, se trata de un entorno ampliamente transformado, con una pérdida significativa de la integridad funcional de sus ecosistemas, debido principalmente a la conversión de suelo natural a usos agrícolas. Esta condición obliga a seleccionar

indicadores adaptados a dicha realidad ambiental, es decir, que reflejen adecuadamente los procesos y condiciones actuales de dicha REcol, y no sus características teóricas o naturales originales.

Asimismo, y conforme a lo señalado por Gómez Orea (op. cit.), existen impactos cuya naturaleza impide definir indicadores representativos de forma objetiva. En estos casos, se optó por una valoración cualitativa, reconociendo que tales impactos conforman lo que puede denominarse la "fracción no cuantificable del impacto", la cual, aunque no expresada en términos numéricos, debe ser considerada en el análisis integral por su valor ambiental.

Es fundamental destacar que uno de los resultados más relevantes de este proceso es la constatación de que, al aplicar correctamente la definición de impacto ambiental significativo establecida en la fracción IX del artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA), no se identifican impactos ambientales de tal magnitud en el proyecto.

Para valorar la magnitud de los impactos, la metodología recomendada se basa en criterios reconocidos por la comunidad científica o en aquellos establecidos por la normativa aplicable, con el objetivo de predecir los cambios potenciales derivados de cada acción del proyecto sobre los factores ambientales involucrados. Entre las herramientas comúnmente empleadas se encuentran:

a. Modelos de difusión y dispersión atmosférica,
b. Modelos de vulnerabilidad a la contaminación,
c. Modelos de evaluación y comportamiento de suelo, agua y aire,
d. Métodos para el análisis y dispersión del ruido,
e. Técnicas para el inventario y valoración del paisaje,
f. Métodos de investigación social,
g. Modelos de calidad de vida que integran indicadores económicos,
h. Predicción de efectos sobre la salud, e
i. Indicadores de impacto.

De todas estas alternativas, el uso de indicadores de impacto representa la herramienta con mayor aplicabilidad para determinar el valor de la magnitud de los impactos relevantes identificados. Esta estrategia se adopta con el fin de asegurar la congruencia con el alcance que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) otorga a la Manifestación de Impacto Ambiental en la fracción XXI de su artículo tercero, la cual establece que dicho instrumento debe exponer los impactos significativos o relevantes. A través de este ejercicio, se contribuye a cumplir con dicho mandato.

A continuación y, ajustando el procedimiento a las recomendaciones descritas en el nuevo formato de la guía para la interacción de MIA's, se desarrolla la descripción de los impactos ambientales a generar durante cada etapa del proyecto para cada componente (factor y subfactor ambiental) susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades (tabla IV.1.14).

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
C	Remoción de vegetación	Aire Calidad del aire	**[1] Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, con manifestación principal en el componente atmosférico y con incidencia concurrente sobre procesos ecosistémicos, al representar la movilización hacia la atmósfera del carbono previamente almacenado en la biomasa vegetal. Esa caracterización es consistente con la definición metodológica de **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	La remoción y descomposición de biomasa vegetal derivada de las actividades de preparación del sitio generará emisiones de CO_2 y potencialmente de otros gases de efecto invernadero (GEI), ocasionando una modificación negativa temporal sobre la calidad atmosférica y contribuyendo marginalmente al incremento de gases asociados al cambio climático. Este efecto se considera **directo**, ya que ocurre de manera inmediata como consecuencia de la eliminación de cobertura vegetal y de la degradación de materia orgánica durante las etapas iniciales del proyecto.
C O&M	Sembrado de la infraestructura del parque fotovoltaico.	Procesos ecosistémicos Condiciones microambientales. Balance radiativo.	**[2] Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo**.	Naturaleza**:** Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre los **procesos ecosistémicos**, porque implica una alteración funcional de las condiciones microambientales del sitio derivada de la presencia física de los paneles, su sombra, la modificación del balance radiativo, la redistribución de humedad y la variación microambiental y local de temperatura y evaporación. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica** Sus receptores directos son el suelo, la flora y la fauna que se ubica o pudiera ubicarse bajo las estructuras del parque fotovoltaico., Escala**:** La escala es **local** y su efecto acumulativo con el otro proyectos de la misma naturaleza, por establecerse en sus inmediaciones, podrían concretarse en el establecimiento de diferentes formaciones vegetales y refugio de fauna menor. Residualidad es **alta.**	La presencia y operación de los módulos fotovoltaicos podrán modificar localmente las condiciones microclimáticas debajo y alrededor de la infraestructura, generando cambios puntuales en la incidencia de radiación solar, temperatura, humedad y circulación superficial del aire, con posible incidencia sobre individuos de flora silvestre, microfauna local y sobre la humedad superficial del suelo. Este efecto se considera **directo, localizado y de larga duración**, debido a que deriva de la permanencia física de la infraestructura durante la etapa operativa del proyecto.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				Afectaciones ecológicas potenciales: cambios en humedad del suelo, temperatura superficial, condiciones de germinación, uso del espacio por fauna y respuesta de la vegetación bajo paneles. Afectaciones humanas potenciales: necesidad de manejo adaptativo de vegetación, mantenimiento diferenciado y ajuste de medidas de restauración o revegetación. Atributos de incidencia: consistente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=1, Co=3 y Pi=3**. Aquí la **recuperabilidad** se mantiene como **recuperable**, porque el efecto puede disminuir o revertirse mediante retiro de infraestructura y restauración, aunque no desaparezca espontáneamente mientras los paneles permanezcan instalados. Puede presentarse desde la **construcción**, pero se consolida sobre todo en **operación y mantenimiento**, que es cuando la infraestructura genera de forma estable las nuevas condiciones microclimáticas. En la etapa de **abandono** podrá cesar si se desmontan las instalaciones. La escala es **local,** con posible interés a nivel de la **REcol** si la superficie afectada es amplia.	
C	**impacto negativo** que recae sobre el **factor agua**, al modificar la dirección, concentración, velocidad, dispersión o conectividad de los escurrimientos pluviales temporales como consecuencia de la alteración del relieve, la remoción de cobertura vegetal y la implantación de infraestructura	Agua Cantidad	**[3] Alteración del patrón natural de escurrimientos pluviales temporales por modificación del relieve y cobertura vegetal del sitio.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** porque la alteración hidrológica se produce directamente por cambios físicos del terreno, aumenta conforme se amplían las superficies modificadas y se potencia al interactuar con compactación, erosión, sedimentación y pérdida de cobertura vegetal. Esto es congruente con **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	La modificación del relieve superficial y la remoción parcial de la cobertura vegetal durante las actividades de preparación del sitio y construcción podrán alterar localmente el patrón natural de escurrimientos pluviales, favoreciendo cambios en la dirección, velocidad e infiltración del agua de lluvia, así como procesos puntuales de erosión y arrastre de sedimentos. Este efecto se considera **directo y**

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
					temporal, debido a que deriva inmediatamente de las adecuaciones físicas del terreno y de la disminución de la capacidad natural de retención e infiltración del suelo.
PS y C	Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre el **factor suelo**, debido a la compactación, deformación superficial, alteración de la estructura, pérdida de porosidad, disminución de infiltración y perturbación de las funciones ecológicas del sustrato como consecuencia del tránsito repetido de maquinaria, equipo pesado y vehículos de obra. El impacto se produce por presión mecánica directa sobre el suelo y por la alteración de sus propiedades físicas superficiales y subsuperficiales	Suelo: Calidad Funciones ecológicas	**[4] Degradación de la calidad** y afectación de las **funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** con incidencia principal en el componente edáfico y con efectos concurrentes sobre infiltración, vegetación y procesos ecosistémicos. Esto es congruente con **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = Sinérgico (3).**	El tránsito continuo de maquinaria y vehículos durante las etapas de preparación del sitio y construcción podrá ocasionar compactación, pérdida de porosidad y alteración de la estructura superficial del suelo, afectando temporalmente su capacidad de infiltración, aireación y soporte de procesos biológicos y ecológicos. Este efecto se considera **directo y temporal**, debido a que deriva inmediatamente de la presión mecánica ejercida sobre el terreno y de la perturbación física de sus horizontes superficiales.
PS C O&M	Se trata de un **impacto negativo** sobre el **factor suelo**, consistente en la sustitución de la función agrícola del terreno por una función de ocupación para infraestructura fotovoltaica. No describe sólo un cambio de uso administrativo, sino una modificación efectiva en la función territorial y productiva del suelo. Su concurrencia principal es social y productiva, pero el receptor primario sigue siendo el suelo como soporte y recurso.	Suelo Uso de suelo Función productiva	**[5] Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y no fuertemente sinérgica** en su manifestación básica, ya que deriva directamente del establecimiento del proyecto y se incrementa con la superficie transformada. Aquí la lectura consistente es **Inmediatez = Directo (3), Acumulación = Acumulativo (3) y Sinergia = No sinérgico (1),** porque el cambio de función del suelo no requiere necesariamente la concurrencia de otras acciones para producirse.	La ocupación permanente del terreno por la infraestructura del proyecto ocasionará la sustitución parcial de superficies actualmente destinadas a actividades agrícolas, modificando temporal o permanentemente las funciones productivas y algunas propiedades físicas y ecológicas del suelo dentro del área directamente intervenida. Este efecto se considera **directo y de larga duración,** debido a que deriva de la instalación y permanencia de la infraestructura asociada a la operación del proyecto.
PS C	Se trata de un **impacto negativo** sobre el **factor suelo**, consistente en el aumento de pérdida, arrastre	Suelo Estabilidad	**[6] Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades**	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, porque se deriva directamente del disturbio del terreno, se incrementa	Las actividades de desmonte, remoción de vegetación, nivelación y excavación durante la

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
	o redistribución del material edáfico por acción del agua y del viento, favorecido por la remoción de vegetación, la exposición del terreno y la alteración de su estabilidad superficial. Es uno de los impactos edáficos más sensibles porque funciona, además, como mecanismo detonador de afectaciones secundarias sobre agua y paisaje.	Pérdida de suelo	**de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico.**	con la expansión de áreas expuestas y se potencia con pendiente, escurrimientos concentrados, compactación y pérdida de cobertura. Esto coincide con **Inmediatez = Directo (3)**, **Acumulación = Acumulativo (3)** y **Sinergia = Sinérgico (3)**.	etapa de construcción podrán incrementar temporalmente la susceptibilidad del suelo a procesos de erosión hídrica y eólica, favoreciendo la pérdida de partículas superficiales, el arrastre de sedimentos y la disminución local de la estabilidad del terreno. Este efecto se considera **directo y temporal**, debido a que deriva de la exposición del suelo y de la alteración de su cobertura protectora natural durante el desarrollo de las obras.
PS C O&M	Presencia de `personas en el sitio; remoción de vegetación, nivelación y excavaciones durante la etapa de construcción	Fauna Tamaño de las poblaciones.	**[7] ,Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna, debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen.**	Naturaleza: Negativa, directa e indirecta, acumulativa y potencialmente sinérgica. Se trata de un **impacto negativo** que recae sobre la **fauna**, por disminución potencial del tamaño poblacional de especies presentes en el área como consecuencia de la pérdida de calidad del hábitat, su fragmentación y la respuesta de evitación, desplazamiento o mortalidad de individuos. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** ya que deriva del establecimiento del proyecto, aumenta con la extensión del hábitat afectado y se potencia con otros disturbios como tránsito, ruido, iluminación y cercado. En términos de atributos, se alinea con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.**	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto podrá generar desplazamiento, reducción local de refugios, alteración de rutas de movilidad y cambios en el comportamiento de individuos de fauna silvestre, ocasionando potencialmente una disminución en la abundancia y distribución de algunas poblaciones presentes en el área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de la transformación física del paisaje y de la perturbación continua asociada a la presencia y operación de la infraestructura del proyecto.
PS C	Demonte y despalme. Excavaciones. Nivelación del Suelo Establecimiento de las estructuras del parque fotovoltaico. Cercado perimetral	Fauna Diversidad Abundancia	**[8] Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por pérdida o modificación de su hábitat como**	Naturaleza: Negativa, directa, acumulativa y parcialmente sinérgica. Residualidad: Media, pudiendo alcanzar alta en áreas donde la recuperación de cobertura vegetal sea lenta o incompleta.	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto podrá generar desplazamiento, reducción local

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			consecuencia de la remoción de vegetación	Afectaciones ecológicas potenciales: Empobrecimiento de comunidades faunísticas, simplificación de ensamblajes de especies, pérdida de refugio, disminución de sitios de alimentación y reducción de disponibilidad de microhábitats. Afectaciones humanas potenciales: Disminución de la percepción de naturalidad del sitio, menor valor ambiental del entorno y posible inconformidad de actores locales sensibles a la pérdida de biodiversidad. Indicador propuesto: Riqueza específica, abundancia relativa, índice de diversidad y número de gremios funcionales registrados por campaña de monitoreo.	de refugios, alteración de rutas de movilidad y cambios en el comportamiento de individuos de fauna silvestre, ocasionando potencialmente una disminución en la abundancia y distribución de algunas poblaciones presentes en el área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de la transformación física del paisaje y de la perturbación continua asociada a la presencia y operación de la infraestructura del proyecto.
PS C O&M	Remoción de vegetación, Nivelaciones del terreno, Rellenos, Excavaciones. Establecimiento de estructuras, Construcción de cerca perimetral	Hábitat Hábitat efectivo Corredores biológicos.	**[9] Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área del proyecto**	Naturaleza: Negativa, directa, estructural, acumulativa y sinérgica. Escala espacial: Local y de paisaje inmediato. Residualidad: Alta, por la permanencia del cambio físico del espacio y del efecto barrera asociado a la infraestructura. Afectaciones ecológicas potenciales: Reducción del hábitat efectivo, interrupción de desplazamientos, contracción de áreas de campeo, mayor exposición a perturbación y posible exclusión de especies medianas y grandes más sensibles a la presencia de infraestructura y actividad humana. Afectaciones humanas potenciales: Disminución del valor ecológico percibido del sitio y eventual conflicto social si la fauna desplazada incrementa su presencia en áreas agropecuarias vecinas. Atributos de incidencia aplicados: Se trata de un **impacto negativo** sobre fauna, centrado en la reducción de continuidad del hábitat y en la generación de barreras funcionales	La ocupación del terreno y la instalación de infraestructura asociada al proyecto podrán reducir y fragmentar parcialmente el hábitat disponible para especies de fauna silvestre, particularmente para individuos de talla mediana y grande con mayores requerimientos de movilidad y espacio, favoreciendo cambios en sus patrones de desplazamiento, uso del territorio y conectividad ecológica local. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de la modificación física del paisaje y de la permanencia de la infraestructura durante la vida útil del proyecto

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				para individuos medianos y grandes. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, coherente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Su etapa de ocurrencia principal es **preparación del sitio y construcción,** con consolidación en **operación y mantenimiento** debido a la permanencia de infraestructura, cercados y áreas abiertas.	
PS C O&M CODAyRS		Hábitat Microhábitats críticos	**[10] Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales**.	Naturaleza: Negativa, directa e indirecta, acumulativa y de alta sensibilidad ecológica. Escala espacial: Local, con relevancia regional si se trata de especies de distribución restringida o con protección normativa. Residualidad: Muy Alta cuando se comprometen sitios de refugio, anidación, alimentación o tránsito de especies sensibles. Afectaciones ecológicas potenciales: Pérdida de individuos, desplazamiento, estrés conductual, reducción de aptitud del hábitat, afectación a poblaciones locales de especies prioritarias y disminución del valor de conservación del sistema ambiental. Afectaciones humanas potenciales: Mayor sensibilidad social y regulatoria, riesgo de observaciones adicionales por parte de la autoridad y necesidad de fortalecer medidas de prevención, rescate o exclusión. Atributos de incidencia: Es un **impacto negativo** particularmente sensible porque recae en especies de mayor valor de conservación. Su naturaleza sigue siendo **directa, acumulativa y sinérgica**, con atributos consistentes de **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Puede presentarse desde **preparación del sitio** y	La transformación parcial del hábitat y la incorporación de estímulos artificiales asociados a la construcción, operación del proyecto y de su eventual desmantelamiento, particularmente iluminación nocturna y presencia continua de infraestructura, podrán generar alteraciones en los patrones de comportamiento, desplazamiento, refugio y actividad de especies de fauna endémica, vulnerables o con categoría de riesgo, ocasionando potencialmente perturbaciones en su permanencia y uso del área del proyecto. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de cambios persistentes en las condiciones ambientales y funcionales del hábitat disponible.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				construcción, y mantenerse en **operación** si persisten los estímulos perjudiciales o la pérdida de condiciones de hábitat.	
C O&M	Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico. Cercado perimetral.	Hábitat Rutas de tránsito. Intercambio entre subpoblaciones, Libre desplazamiento. Conectividad ecológica.	**[11] Afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat.**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y sinérgica. Escala espacial: Local y de paisaje funcional. Residualidad: Media a alta, según el diseño del cercado, la presencia de pasos de fauna y la permanencia de barreras físicas. Afectaciones ecológicas potenciales: Interrupción de rutas de tránsito, disminución de intercambio entre subpoblaciones, aislamiento de individuos o grupos con baja movilidad, incremento de vulnerabilidad a depredación o mortalidad y pérdida de conectividad ecológica. Afectaciones humanas potenciales: Posible desplazamiento de fauna hacia caminos o parcelas vecinas, con incremento de encuentros no deseados o percepción de afectación territorial. Atributos de incidencia aplicados: rste impacto es **negativo** y recae sobre la **movilidad funcional de la fauna**. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, porque el obstáculo no depende de un impacto previo, aumenta con la extensión y diseño de la infraestructura y se potencia con cercos, iluminación, tránsito y pérdida de cobertura. La lectura consistente es **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**. Se presenta desde **construcción** y se consolida en **operación**, que es cuando el patrón de barreras queda permanente.	La modificación y fragmentación del hábitat derivada de las actividades de construcción y operación del proyecto podrá afectar parcialmente las rutas naturales de desplazamiento de la fauna silvestre, limitando el intercambio entre subpoblaciones y favoreciendo el aislamiento de individuos con movilidad restringida, particularmente de especies con baja capacidad de dispersión o alta dependencia del hábitat local. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de la alteración persistente de la conectividad ecológica y de las condiciones funcionales del paisaje dentro del área de influencia del proyecto
PS C O&M	Remoción cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación del terreno	Heterogeneidad del ambiente Factores físicos o abióticos,	**[12] Reducción de la heterogeneidad ambiental y**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y sinérgica.	La transformación parcial de la cobertura vegetal y la incorporación de infraestructura

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
	Estructuras de módulos fotovoltaicos.	Factores biológicos o bióticos. Componente ecológico. Componentes socio económicos. Componentes territoriales.	**conectividad funcional del paisaje**	Escala espacial: Local con expresión subregional en el mosaico de hábitats disponibles. Residualidad: Media-alta, particularmente si la transformación reduce la diversidad de microambientes y recursos temporales. Afectaciones ecológicas potenciales: Simplificación del paisaje, menor diversidad de sitios de descanso, alimentación o resguardo para avifauna asociada a humedales, pérdida de conectividad funcional entre cuerpos de agua temporales y disminución de flexibilidad ecológica en el uso del territorio. Afectaciones humanas potenciales: Disminución del valor de observación de fauna, empobrecimiento perceptual del paisaje y posible cuestionamiento social por pérdida de atributos ecológicos del sitio. Atributos de incidencia aplicados: Es un **impacto negativo** sobre la fauna, específicamente sobre avifauna asociada a humedales temporales, por simplificación del mosaico ambiental y reducción de conectividad funcional entre áreas de uso. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica**, compatible con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3.** Se presenta desde **preparación del sitio** y **construcción**, con persistencia en **operación**. La escala no sólo es **local**, sino que puede proyectarse a la REcol por el carácter móvil de la fauna. La residualidad es **alta**.	asociada al proyecto podrán disminuir localmente la heterogeneidad ambiental y la conectividad funcional del paisaje, favoreciendo una mayor homogeneización de las condiciones del hábitat y limitando la continuidad espacial de procesos ecológicos, rutas de desplazamiento y áreas de intercambio biológico. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de modificaciones persistentes en la estructura y configuración del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.
C O&M	Remoción de cobertura vegetal,	Flora Tamaño	**[13] Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora**.	Se trata de un **impacto negativo** que incidirá sobre la **flora**, al implicar una reducción en el número de especies presentes, en el número de individuos y	Las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto podrán ocasionar la disminución local de la riqueza, abundancia y

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				en la estructura poblacional de las comunidades vegetales dentro del área intervenida. Su causa inmediata es la remoción de vegetación y la transformación del espacio donde esas poblaciones se desarrollan. Naturaleza: **directa, acumulativa y sinérgica**, porque deriva directamente del establecimiento del proyecto, aumenta con la superficie afectada y se potencia con desmonte, fragmentación, exposición del suelo y modificación microclimática. Escala: **local,** con posible expresión al **área de influencia del proyecto** (AiP) si forma parte de una unidad de vegetación más amplia. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: simplificación florística, reducción de resiliencia y menor capacidad de regeneración. Afectaciones humanas potenciales: pérdida del valor ambiental del predio y mayor exigencia de compensación y restauración.	tamaño poblacional de especies de flora presentes dentro del área directamente intervenida, principalmente aquellas asociadas a pastizales inducidos, matorrales secundarios, arbustos y árboles dispersos. No obstante, debido a que la Región Ecológica y el área del proyecto presentan una condición de alta transformación antrópica dominada por agricultura de temporal y una representación limitada de cobertura vegetal natural, este efecto tenderá a manifestarse de manera localizada sobre comunidades vegetales de baja complejidad estructural y reducida continuidad ecológica. Este efecto se considera **directo, acumulativo y de mediana duración**, debido a que deriva de la remoción parcial de cobertura vegetal y de la modificación física del terreno durante el desarrollo de las obras del proyecto.
PS C O&M	Remoción de cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación de los terrenos, Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico.	Vegetación Cobertura (cantidad y extensión)	**[14]** Reducción de la cobertura vegetal y la cubierta forestal.	Es un **impacto negativo** sobre la **flora** que expresa la pérdida de superficie cubierta por vegetación natural o seminatural y, en su caso, de la porción forestal presente. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** Escala: **local,** con posible valoración a la **REcol por el efecto acumulativo con otros proyectos,** dado que la cubierta afectada forma parte de un mosaico regional. Residualidad: es **muy alta**. Afectaciones ecológicas potenciales: pérdida de protección del suelo, disminución de hábitat, alteración	Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán ocasionar la reducción directa de la cobertura vegetal existente en el área de intervención, principalmente conformada por pastizal inducido, vegetación secundaria, matorrales, arbustos y arbolado disperso, diferenciándose de la afectación florística poblacional porque este impacto expresa ante todo la pérdida física y espacial de superficie cubierta por vegetación. Este efecto se considera **directo, localizado y de mediana a larga**

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				microclimática y reducción de continuidad vegetal. Afectaciones humanas potenciales: cambio visible del entorno, pérdida de cobertura de valor productivo o ambiental y necesidad de compensación forestal. Atributos de incidencia aplicados: compatible con **In=3, Ac=3, S=3, M=3, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**. Aquí el **momento** se valora como **corto**, porque la reducción de cobertura se materializa desde la remoción misma..	**duración**, debido a que deriva de la remoción de la cubierta vegetal y de la ocupación del terreno por infraestructura del proyecto.
PS C O&M	Remoción de cubierta vegetal, Excavaciones, Nivelación de los terrenos, Establecimiento de estructuras del parque fotovoltaico.	Vegetación Cobertura (cantidad y extensión)	**[15]** Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmontes no selectivos.	Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica,** Escala es **local**. Residualidad es **muy alta**. Afectaciones ecológicas potenciales: pérdida innecesaria de individuos, simplificación de la comunidad vegetal y mayor exposición del suelo. Afectaciones humanas potenciales: evidencia de deficiente manejo ambiental y aumento de exigencia correctiva o sancionatoria. Atributos de incidencia aplicados: en línea con **In=3, Ac=3, S=3, M=3, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=1**. Aquí la **periodicidad** se entiende mejor como **aparición irregular,** porque el desmonte no selectivo no necesariamente ocurre de forma cíclica, sino como evento operativo indebido o contingente.	La ejecución de desmontes no selectivos durante las actividades de preparación del sitio podría ocasionar una pérdida innecesaria y ampliada de cobertura vegetal fuera de las áreas estrictamente requeridas para las obras del proyecto, favoreciendo una perturbación adicional de pastizales inducidos, vegetación secundaria, arbustos y arbolado disperso presentes en el sitio. Este efecto se considera **directo, evitable y de mediana duración**, debido a que deriva de prácticas inadecuadas de remoción de vegetación y de una delimitación deficiente de las áreas de intervención.
C O&M	Remoción de la vegetación. Nivelación y perfilamiento de los terrenos.	Flora Integridad de las poblaciones naturales. Estructura de la población.	**[16] Disminución de la integridad y tamaño poblacional de los individuos de especies de la flora silvestre.**	Es un **impacto negativo sobre la flora silvestre**, enfocado no sólo en cobertura general sino en la afectación a individuos y poblaciones específicas. Naturaleza: es **directa, acumulativa y sinérgica.** Escala es **local**, con posible expresión a la **REcol derivada de la acumulación previsible de los otros proyectos establecidos o por establecerse en**	Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán ocasionar la disminución local de la integridad y tamaño poblacional de individuos de flora silvestre presentes dentro de las áreas directamente intervenidas, principalmente de ejemplares arbustivos y arbóreos dispersos asociados a vegetación

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				ese espacio geográfico si las especies afectadas forman parte de poblaciones regionales relevantes. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: disminución de integridad poblacional, pérdida de individuos reproductivos y debilitamiento de la permanencia local de especies silvestres. Afectaciones humanas potenciales: mayores obligaciones de rescate, reubicación o compensación si hay especies de interés ecológico. Atributos de incidencia aplicados: coherente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=3, Co=3 y Pi=3**.	secundaria y matorral perturbado. Este efecto se considera **directo y de mediana duración**, debido a que deriva de la remoción parcial de vegetación y de la modificación física de los sitios donde se desarrollan dichas poblaciones vegetales.
C O&M	Remoción de vegetación, Nivelación de los terrenos. Perfilamiento del terreno. Sembrado de la infraestructura del proyecto.	Flora Dinámica sucesional. Banco de semillas del suelo. Procesos naturales de dispersión.	**[17] Interrupción de los patrones naturales de dispersión de las semillas y afectación a sus áreas de acumulación, como efecto de la remoción de vegetación, la nivelación y el perfilamiento del terreno para recibir la infraestructura del proyecto.**	Naturaleza: Negativa, indirecta, acumulativa y potencialmente sinérgica. Escala espacial: Local, con posible proyección al entorno inmediato en función de la continuidad de parches de vegetación y de agentes dispersores presentes. Residualidad: Media, pero puede incrementarse cuando la alteración del sitio reduce de manera prolongada la entrada, retención o establecimiento de semillas. Afectaciones ecológicas potenciales: Interrupción de rutas de dispersión, disminución del reclutamiento natural, pérdida de áreas de acumulación de semillas, reducción de la regeneración de especies nativas, simplificación sucesional y debilitamiento de la recuperación ecológica espontánea del sitio. Afectaciones humanas potenciales: Menor capacidad de restauración natural del predio, mayores requerimientos de revegetación asistida y aumento de	La remoción de vegetación silvestre, así como las actividades de nivelación y perfilado del terreno durante la preparación del sitio, podrán alterar localmente los patrones naturales de dispersión y acumulación de semillas, reduciendo temporalmente la capacidad de regeneración natural de algunas especies vegetales presentes en el área intervenida. Este efecto se considera **directo y de mediana duración,** debido a que deriva de la modificación física del terreno y de la eliminación parcial de la cobertura vegetal que participa en los procesos naturales de dispersión y establecimiento de propágulos vegetales.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				costos y tiempos para estabilización vegetal del sitio intervenido. Atributos de incidencia aplicados: Inmediatez 3; Acumulación 3; Sinergia 3; Momento 2; Persistencia 3; Reversibilidad 3; Recuperabilidad 3; Continuidad 3; Periodicidad 3. Indicador propuesto: Densidad de semillas o propágulos en trampas, bancos de semillas o micrositios de acumulación, así como presencia de plántulas de regeneración natural en áreas intervenidas y de referencia.	
C O&M	Sembrado de la infraestructura del parque fotovoltaico.	Procesos ecosistémicos Condiciones microambientales. Balance radiativo.	**[2] Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo.**	Naturaleza**:** Se trata de un **impacto negativo** que recae principalmente sobre los **procesos ecosistémicos**, porque implica una alteración funcional de las condiciones microambientales del sitio derivada de la presencia física de los paneles, su sombra, la modificación del balance radiativo, la redistribución de humedad y la variación microambiental y local de temperatura y evaporación. Su naturaleza es **directa, acumulativa y sinérgica** Sus receptores directos son el suelo, la flora y la fauna que se ubica o pudiera ubicarse bajo las estructuras del parque fotovoltaico., Escala**:** La escala es **local** y su efecto acumulativo con el otro proyectos de la misma naturaleza, por establecerse en sus inmediaciones, podrían concretarse en el establecimiento de diferentes formaciones vegetales y refugio de fauna menor. Residualidad es **alta.** Afectaciones ecológicas potenciales: cambios en humedad del suelo, temperatura superficial, condiciones de germinación, uso del espacio por fauna y respuesta de la vegetación bajo paneles.	La presencia y operación de los módulos fotovoltaicos podrán modificar localmente las condiciones microclimáticas debajo y alrededor de la infraestructura, generando cambios puntuales en la incidencia de radiación solar, temperatura, humedad y circulación superficial del aire, con posible incidencia sobre individuos de flora silvestre, microfauna local y sobre la humedad superficial del suelo. Este efecto se considera **directo, localizado y de larga duración**, debido a que deriva de la permanencia física de la infraestructura durante la etapa operativa del proyecto.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				Afectaciones humanas potenciales: necesidad de manejo adaptativo de vegetación, mantenimiento diferenciado y ajuste de medidas de restauración o revegetación. Atributos de incidencia: consistente con **In=3, Ac=3, S=3, M=2, Pe=3, Re=3, Ri=1, Co=3 y Pi=3**. Aquí la **recuperabilidad** se mantiene como **recuperable**, porque el efecto puede disminuir o revertirse mediante retiro de infraestructura y restauración, aunque no desaparezca espontáneamente mientras los paneles permanezcan instalados. Puede presentarse desde la **construcción**, pero se consolida sobre todo en **operación y mantenimiento**, que es cuando la infraestructura genera de forma estable las nuevas condiciones microclimáticas. En la etapa de **abandono** podrá cesar si se desmontan las instalaciones. La escala es **local,** con posible interés a nivel de la **REcol** si la superficie afectada es amplia.	
O&M	Establecimiento de líneas de transmisión (una vez energizada la infraestructura). Protectores electrificados del cercado perimetra.l	Fauna silvestre Avifauna y quiropterofauna, Supervivencia Movilidad local, Uso de estructuras (percha o desplazamiento) Integridad poblaciones	**[18] Electrocución potencial de aves.**	**Naturaleza:** Negativa, potencial, directa y de baja a moderada probabilidad, dependiendo del diseño de la línea, distancia entre conductores, presencia de estructuras de percha, altura de vuelo y comportamiento de las especies presentes. El riesgo se asocia principalmente al contacto simultáneo de individuos con elementos energizados y estructuras conductoras. **Escala del impacto:** Local y lineal, restringida al trazo de la infraestructura eléctrica y su franja inmediata de influencia. No se prevé una proyección relevante sobre toda la Región Ecológica, salvo que el trazo intersecte rutas frecuentes de vuelo, zonas de	La operación de la línea de transmisión asociada al proyecto podrá generar un riesgo potencial de electrocución para aves y murciélagos, particularmente cuando individuos utilicen estructuras eléctricas como percha, crucen el trazo en vuelos bajos o entren en contacto con elementos energizados. Este efecto se considera **potencial, localizado, lineal, prevenible y de baja a media residualidad**, debido a que su manifestación dependerá del diseño técnico de la infraestructura, del comportamiento de las especies y de la aplicación efectiva de

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				alimentación, refugio o desplazamiento de especies sensibles. **Residualidad:** Baja a media, dependiendo del diseño final de la línea y de la incorporación de medidas preventivas como aislamiento de componentes energizados, distancias seguras entre conductores, dispositivos disuasorios, señalización visual y monitoreo de mortalidad. **Afectaciones ambientales directas:** Lesión o muerte eventual de aves o murciélagos por contacto con elementos energizados de la infraestructura eléctrica. **Afectaciones ambientales indirectas:** Alteración puntual de patrones de vuelo, evasión de estructuras eléctricas, reducción local de sitios de percha o modificación del uso espacial de áreas cercanas a la línea de transmisión. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; de forma indirecta, eventos de electrocución podrían generar requerimientos de mantenimiento, interrupciones operativas, riesgos secundarios por caída de individuos o preocupación social por afectación a fauna silvestre.	medidas de prevención y monitoreo.
O&M	Establecimiento de módulos fotovoltaicos	Avifauna Integridad poblaciones Comportamiento en el vuelo, Movilidad local, Supervivencia de individuos	**[19], Colisión potencial de aves en paneles fotovoltaicos**.	**Naturaleza:** Negativa, potencial, indirecta y de baja probabilidad relativa. Se asocia con la posible confusión visual que podrían generar las superficies reflectantes de los paneles expuestas a la radiación solar, especialmente bajo ciertas condiciones de luminosidad, ángulo de incidencia y desplazamiento de aves. **Etapa en la que puede hacerse evidente:** Principalmente durante la	La operación del parque fotovoltaico podrá generar un riesgo potencial de colisión de aves con los paneles solares, asociado a la posible confusión visual producida por superficies reflectantes expuestas al sol. Este efecto se considera **potencial, localizado, de baja probabilidad y baja residualidad**, debido a que su manifestación dependerá de la

Tabla IV.1.14 Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades					
Etapa del proyecto (1/)	**Obra o actividad del proyecto**	**Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide**	**Impacto ambiental**	**Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.**	**Efectos(3/)**
				operación y mantenimiento, una vez instalados los módulos fotovoltaicos y expuestas sus superficies reflectantes. **Factor ambiental receptor:** Fauna silvestre. **Subfactor ambiental receptor:** Avifauna; comportamiento de vuelo, movilidad local y supervivencia de individuos. **Escala del impacto:** Local, restringida al área ocupada por los arreglos fotovoltaicos y su entorno inmediato. No se prevé una proyección relevante hacia toda la Región Ecológica, salvo en el caso improbable de afectar especies con rutas recurrentes de desplazamiento sobre el sitio. **Residualidad:** Baja, siempre que se apliquen medidas de manejo, monitoreo de avifauna, control de iluminación, mantenimiento adecuado de superficies y revisión periódica de eventos de colisión. **Afectaciones ambientales directas:** Lesión o muerte eventual de individuos de aves por colisión con módulos fotovoltaicos. **Afectaciones ambientales indirectas:** Alteración puntual de patrones de vuelo, evasión del área ocupada por paneles o modificación local de rutas de desplazamiento de algunas especies. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; de forma indirecta, podría generar preocupación social o requerimientos de seguimiento ambiental si se registraran eventos recurrentes de colisión.	presencia, conducta de vuelo y sensibilidad específica de la avifauna que utilice o sobrevuele el área del proyecto.
PS C O&M	Remoción de vegetación. Limpieza del terreno, Nivelación de terrenos, Compactación de terrenos,	Flora Flora herbácea Flora arbustiva Banco de semillas,	**[20] Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, potencial y de carácter localizado. Se asocia con la remoción de vegetación, limpieza del terreno, nivelación, compactación y	La preparación del sitio, construcción y ocupación física del terreno podrán ocasionar la pérdida de microhábitats y la

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
	Ocupación física del sitio	Fauna Microfauna, Microhábitats, Suelo Humedad superficial del suelo, Condiciones microclimáticas del sitio.		ocupación física del sitio por infraestructura, lo que puede modificar condiciones ecológicas de pequeña escala como sombra, humedad, refugio, acumulación de materia orgánica, temperatura superficial y disponibilidad de sitios de resguardo. **Etapa en la que puede hacerse evidente:** Principalmente durante la **preparación del sitio y construcción**; podrá mantenerse durante la **operación y mantenimiento** en aquellas áreas ocupadas permanentemente por infraestructura o sometidas a manejo recurrente. **Escala del impacto:** Local, restringida a las superficies directamente intervenidas y sus bordes inmediatos. No se prevé una proyección relevante hacia toda la Región Ecológica, aunque puede contribuir puntualmente a la simplificación ecológica del mosaico ambiental dentro del área del proyecto. **Residualidad:** Baja a media, dependiendo de la intensidad de la remoción, grado de compactación, permanencia de áreas vegetadas, manejo de bordes, conservación de relictos de vegetación y recuperación natural o inducida de cobertura herbácea. **Afectaciones ambientales directas:** Pérdida de sitios de refugio, alimentación, reproducción o establecimiento para microfauna, invertebrados, flora herbácea, plántulas y organismos de baja movilidad; modificación de humedad, sombra, temperatura y acumulación de materia orgánica. **Afectaciones ambientales indirectas:** Disminución local de la heterogeneidad ambiental, reducción de la regeneración natural, menor disponibilidad de microambientes funcionales y posible	alteración de microambientes locales, reduciendo la diversidad de condiciones ecológicas de pequeña escala que sostienen flora, microfauna, humedad del suelo y procesos de regeneración natural. Este efecto se considera **directo, localizado, parcialmente recuperable y de baja a media residualidad**, debido a que su permanencia dependerá del grado de intervención física, del manejo de la cobertura vegetal remanente y de la capacidad de recuperación del sitio.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				simplificación de interacciones ecológicas de pequeña escala. **Afectaciones humanas potenciales:** No se identifican afectaciones directas a la población humana; indirectamente, la pérdida de microambientes puede disminuir la capacidad de recuperación ecológica del sitio y aumentar la necesidad de acciones de manejo, revegetación o control de erosión.	
C O&M	Modificación física y funcional de superficies del ecosistema,	Ecosistema Integridad estructural, Servicios.	**[21] Transformación del ecosistema y afectación de sus servicios.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, acumulativa y de larga duración. Se asocia con la modificación física y funcional de superficies del ecosistema derivada de la instalación, operación y permanencia de la infraestructura del proyecto, ocasionando cambios locales en la composición, configuración y funcionamiento ecológico del sitio. **Residualidad:** Media, debido a que parte de las modificaciones funcionales permanecerán durante la vida útil del proyecto, aunque algunos procesos ecológicos podrán mantenerse parcialmente o recuperarse mediante medidas de manejo ambiental, revegetación y conservación de áreas no intervenidas. **Afectaciones ambientales directas:** Modificación parcial de la cobertura vegetal, reducción localizada de hábitats, alteración de procesos de infiltración y regulación superficial del agua, cambios microclimáticos puntuales y simplificación funcional del paisaje. **Afectaciones ambientales indirectas:** Disminución local de algunos servicios ecosistémicos asociados a la regulación ambiental, conectividad ecológica, retención de suelo, reciclaje de materia	La instalación y operación del proyecto podrán transformar puntualmente áreas del ecosistema local, modificando parcialmente la estructura y funcionamiento ecológico del sitio y afectando algunos servicios ecosistémicos relacionados con regulación ambiental, infiltración, estabilidad del suelo, conectividad ecológica y soporte de hábitat. Este efecto se considera **directo, localizado, acumulativo y de mediana residualidad**, debido a que deriva de la ocupación permanente del terreno y de cambios persistentes en la funcionalidad ecológica de las superficies intervenidas.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				orgánica, regeneración natural y soporte de microhábitats. **Principales servicios ecosistémicos potencialmente afectados:** • Regulación microclimática local. • Infiltración y retención superficial de agua. • Control natural de erosión. • Captura y almacenamiento de carbono en vegetación y suelo. • Soporte de hábitat para fauna silvestre y microfauna. • Mantenimiento de procesos de regeneración natural. • Conectividad ecológica local. • Conservación de heterogeneidad ambiental de pequeña escala. **Afectaciones humanas potenciales:** No se prevén afectaciones directas significativas a la población humana;	
PS C O&M	En la PS y C, mayor presencia de personal, materiales, empaques, residuos de obra y actividades opoeracivas	Agua Calidad del agua Suelo Calidad ambiental del suelo, Escurrimientos superficiales Calidad ambiental Paisaje Calidad paisajística	**[22] Generación y manejo inadecuado de residuos.**	**Naturaleza:** Negativa, directa, potencial y prevenible. Se asocia con la generación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos potencialmente peligrosos derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto, así como con un manejo inadecuado de almacenamiento, separación, recolección o disposición final. **Escala del impacto:** Local, restringida a las áreas de almacenamiento, frentes de obra, zonas operativas y superficies utilizadas para actividades del proyecto. No se prevé una proyección relevante hacia la Región Ecológica, salvo en escenarios de manejo inadecuado persistente o disposición irregular de residuos fuera del sitio autorizado.	La generación de residuos durante las diferentes etapas del proyecto podrá ocasionar alteraciones locales en las condiciones de limpieza, higiene y calidad ambiental del sitio cuando su manejo no se realice adecuadamente. Este efecto se considera **directo, localizado, prevenible y de baja residualidad**, debido a que su magnitud dependerá principalmente de la eficacia de las medidas de manejo integral, almacenamiento temporal, recolección y disposición final autorizada de los residuos generados

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
				Residualidad: Baja, debido a que el impacto puede prevenirse y controlarse mediante la implementación adecuada de programas de manejo integral de residuos, separación, almacenamiento temporal, recolección periódica y disposición final autorizada. **Afectaciones ambientales directas:** Acumulación de residuos, alteración de la limpieza ambiental del sitio, contaminación puntual del suelo, generación de lixiviados, dispersión de materiales ligeros y deterioro de la calidad visual de las áreas intervenidas. **Afectaciones ambientales indirectas:** Atracción de fauna nociva, generación de olores, incremento de riesgos sanitarios, afectación paisajística y posible contaminación secundaria de escurrimientos superficiales en caso de manejo inadecuado. **Afectaciones humanas potenciales:** Riesgos sanitarios y de seguridad para trabajadores, deterioro de las condiciones de higiene en áreas operativas, exposición accidental a materiales peligrosos y percepción negativa del manejo ambiental del proyecto en caso de disposición inadecuada.	
IMPACTOS SIGNIFICATIVOS CON EFECTOS CONCURRENTES[III]					
PS C O&M	Remoción de la vegetación. Nivelación y perfilamiento de los terrenos.	Factor concurrente: Paisaje	**Impacto principal:** [9] *Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.* Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con posible expresión en el SAR. **Residualidad:** alta.	La pérdida y fragmentación del hábitat derivada de la instalación y operación de la infraestructura del proyecto podrá generar una configuración más fragmentad del paisaje, reduciendo localmente la

[III] Impacto significativo con efecto concurrente: aquel impacto cuya relevancia ambiental deriva no sólo de su manifestación individual, sino de la coincidencia espacial, temporal o funcional de diversos efectos ambientales que actúan simultáneamente sobre un mismo componente, proceso ecológico o sistema ambiental, incrementando conjuntamente su nivel de alteración, persistencia o significancia.

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**	**Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de continuidad estructural, simplificación del mosaico y menor conectividad funcional. **Afectaciones humanas concurrentes:** percepción de mayor artificialización del entorno y cambio de la lectura territorial del sitio.	continuidad espacial entre remanentes de vegetación y modificando la funcionalidad ecológica del mosaico ambiental disponible para la fauna silvestre. De manera concurrente, este proceso podrá incidir sobre la movilidad, conectividad ecológica, disponibilidad de refugios y patrones de intercambio entre poblaciones animales. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de la transformación física persistente del paisaje y de la reducción de la continuidad funcional del hábitat dentro del área de influencia del proyecto.
PS C O&M	Desmonte. Establecimiento de los módulos fotovoltaicos.	Paisaje Heterogeneidad.	**Impacto principal:** [12] *Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje..* Expresión concurrente en paisaje: Aquí la dimensión paisajística es todavía más explícita: la reducción de heterogeneidad implica una **homogeneización del paisaje**, con pérdida de contrastes ecológicos, simplificación del patrón espacial y menor disponibilidad de unidades ambientales complementarias	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con clara proyección a la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de heterogeneidad estructural y funcional del paisaje. **Afectaciones humanas concurrentes:** reducción de calidad escénica ambiental y empobrecimiento del carácter ecológico del entorno.	La reducción de la heterogeneidad ambiental y de la conectividad funcional del paisaje derivada de la instalación y operación del proyecto podrá favorecer una mayor homogeneización de las condiciones ecológicas del sitio, disminuyendo localmente los contrastes ambientales, la diversidad espacial de hábitats y la continuidad funcional entre remanentes de vegetación. De manera concurrente, este proceso podrá simplificar la configuración del mosaico paisajístico y reducir la complejidad ecológica del territorio, con incidencia sobre la movilidad de fauna, la distribución de microhábitats y la dinámica de algunos procesos ecológicos locales. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga**

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
					duración, debido a que deriva de modificaciones persistentes en la estructura y funcionalidad del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.
PS C O&M	Infraestructura del proyecto. Cercado perimetral	Paisaje Continuidad del mosaico ambiental.	**Impacto principal: [9]** *Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.* Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con posible expresión en la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de continuidad estructural, simplificación del mosaico y menor conectividad funcional. **Afectaciones humanas concurrentes:** percepción de mayor artificialización del entorno y cambio de la lectura territorial del sitio.	La pérdida y fragmentación del hábitat derivada de la instalación de infraestructura, obras y accesos del proyecto podrá incrementar localmente la discontinuidad espacial del mosaico ambiental, favoreciendo una configuración más fragmentada del paisaje y reduciendo la conectividad funcional entre remanentes de vegetación utilizados por la fauna silvestre. De manera concurrente, este proceso podrá modificar patrones de movilidad, intercambio y uso del territorio por parte de diversas especies, particularmente aquellas con mayores requerimientos de desplazamiento y continuidad de hábitat. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración,** debido a que deriva de la transformación persistente de la estructura y funcionalidad ecológica del paisaje dentro del área de influencia del proyecto.
PS C O&M	Infraestructura del parque fotovoltaico	Paisaje Heterogeneidad	**Impacto principal:** [20] *Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.* Expresión concurrente en paisaje: En escala fina, este impacto se expresa como una **simplificación del paisaje de detalle**, es decir, pérdida de rugosidad ecológica, de	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Escala:** local con clara proyección a la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** pérdida de heterogeneidad estructural y funcional del paisaje.	La pérdida de microhábitats y la alteración de microambientes derivadas de la remoción de vegetación y de la modificación física del terreno podrán reducir localmente la diversidad de condiciones ecológicas de pequeña escala, afectando sitios de refugio, alimentación, humedad

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			pequeños refugios y de variación microambiental. No es un paisaje panorámico, sino un paisaje ecológico de microescala.	**Afectaciones humanas concurrentes:** reducción de calidad escénica ambiental y empobrecimiento del carácter ecológico del entorno.	y protección utilizados por microfauna, flora asociada y organismos de baja movilidad. De manera concurrente, este proceso podrá simplificar el paisaje ecológico de detalle, disminuyendo la heterogeneidad ambiental y la disponibilidad de microambientes funcionales dentro de las superficies intervenidas. Este efecto se considera **directo, concurrente y de mediana a larga duración**, debido a que deriva de cambios persistentes en las condiciones microambientales y estructurales del sitio
PS C O&M	Desmonte y despalme Establecimiento de la infraestructura del prpyecto	Ecosistema Integridad pasiajística	**Impacto principal:** [21 *Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.* Expresión concurrente en paisaje: Este impacto-síntesis tiene una expresión concurrente clara en paisaje: la **transformación integral del carácter territorial y ecológico del sitio**, con modificación de composición, configuración y funcionamiento del sistema ambiental visible y funcionalmente perceptible.	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Etapa:** preparación del sitio, construcción y operación. **Escala:** local con eventual expresión en la REcol. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** cambio de la fisonomía ecológica del territorio y pérdida de integridad del sistema paisajístico. **Afectaciones humanas concurrentes:** alteración de la percepción del paisaje, del valor escénico y del carácter ambiental del predio y su entorno.	La transformación parcial del ecosistema derivada de la instalación y operación de la infraestructura del proyecto podrá modificar localmente la composición, configuración y funcionamiento visible y funcional del sistema ambiental, con incidencia sobre algunos servicios ecosistémicos asociados a la regulación microambiental, conectividad ecológica, cobertura vegetal y disponibilidad de hábitats. De manera concurrente, este proceso podrá alterar la integración territorial y ecológica del paisaje, favoreciendo una configuración ambiental más homogénea y funcionalmente simplificada dentro del área de influencia del proyecto. Este efecto se considera **directo, concurrente, acumulativo y de larga duración**, debido a que deriva de modificaciones

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
					persistentes en la estructura y funcionalidad ecológica del territorio intervenido.
PS C O&M	Nivelación y perfilado del terreno. Establecimiento de infraestructura	Suelo Suelo agrícola (=suelo orgánico)	*[5] Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.* Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: Este impacto tiene una concurrencia social clara porque implica la **sustitución de una función productiva del territorio**. Aunque el receptor principal sea el suelo, su dimensión concurrente se expresa en la reorganización del uso del espacio, la modificación de la función económica del predio y la posible alteración de la lógica local de aprovechamiento.	**Naturaleza:** concurrente, directa y acumulativa; no necesariamente fuertemente sinérgica. **Etapa:** preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. **Escala:** local. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** reducción del mosaico agroecológico local. **Afectaciones humanas concurrentes:** sustitución de función productiva, modificación del uso territorial y posible percepción de pérdida de suelo útil.	La implementación y operación del proyecto ocasionará la sustitución parcial de superficies actualmente destinadas a uso agrícola, modificando localmente la función productiva del territorio y la dinámica de aprovechamiento del suelo dentro del área intervenida. De manera concurrente, este proceso podrá favorecer una reorganización espacial de las actividades productivas y una modificación en la lógica de uso del predio, con incidencia sobre la estructura funcional del paisaje rural y sobre las formas locales de ocupación y utilización del espacio. Este efecto se considera **directo, concurrente y de larga duración**, debido a que deriva de la ocupación permanente del terreno por infraestructura asociada al proyecto.
PS C O&M Abandono	Todas las obras y actividades del proyecto.	Ambiente Calidad Entorno humano inmediato	**Impacto principal:** [22] *Generación y manejo inadecuado de residuos...* Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: La dimensión concurrente aquí se expresa en la **gestión del proyecto**, las condiciones de seguridad e higiene, la percepción del orden ambiental y el uso adecuado de áreas operativas y de servicio. El mal manejo de residuos no sólo afecta la calidad ambiental, sino también la funcionalidad de la	**Naturaleza:** concurrente, directa, acumulativa y sinérgica. **Etapa:** todas las etapas del proyecto. **Escala:** local, con posible proyección al SAR si hay arrastre externo o afectación fuera del polígono. **Residualidad:** alta. **Afectaciones ecológicas concurrentes:** contaminación puntual y dispersión de materiales. **Afectaciones humanas concurrentes:** riesgos sanitarios, de seguridad, operativos y percepción negativa del manejo ambiental del proyecto.	La generación y manejo inadecuado de residuos durante las diferentes etapas del proyecto podrá ocasionar alteraciones locales en las condiciones de limpieza, orden ambiental e higiene dentro de las áreas de trabajo, con posible incidencia sobre la calidad ambiental del sitio y la funcionalidad operativa de la infraestructura asociada. De manera concurrente, este proceso podrá afectar la percepción del entorno intervenido y las condiciones de seguridad en las áreas de almacenamiento, tránsito

Tabla IV.1.14
Describir los impactos ambientales a generar durante cada una de las etapas del proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades

Etapa del proyecto (1/)	Obra o actividad del proyecto	Componente y subcomponente ambiental(2/) en el que incide	Impacto ambiental	Caracterización del impacto indicando el tipo, duración, extensión e intensidad, entre otros, de acuerdo con la metodología utilizada.	Efectos(3/)
			infraestructura auxiliar y el entorno humano inmediato.		y operación relacionadas con el manejo de materiales y residuos. Este efecto se considera **directo, concurrente y de mediana duración**, debido a que deriva de las actividades cotidianas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Apartado IV.1: Medidas de prevención, mitigación y compensación..

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
1	Impacto: Emisión de CO_2 y posible generación de otros GEI por descomposición de biomasa vegetal.		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**. Restauración o compensación sólo serían aplicables si la remoción de biomasa afectara áreas con valor ecológico relevante o si fuera necesario compensar pérdida de cobertura vegetal	**Nombre: Evitar acumulación y abandono de biomasa.** evitando desmontes innecesarios y conservando cobertura vegetal compatible con la operación del parque. Esta medida se alinea con la jerarquía de mitigación, que prioriza evitar impactos antes de minimizarlos o compensarlos (IFC, 2012)[10]. 2. **Prohibir la quema de biomasa vegetal**, ya que la combustión abierta libera CO_2 y otros contaminantes atmosféricos; el IPCC reconoce que la biomasa y los residuos vegetales pueden generar emisiones de CO_2 y gases distintos de CO_2 dependiendo de su manejo y destino (IPCC, 2019)[11]. 3. **Triturar y reincorporar selectivamente residuos vegetales como acolchado o materia orgánica**, en áreas donde sea técnicamente viable, para favorecer protección del suelo, reducción de erosión y mantenimiento de carbono orgánico. La FAO reconoce que el manejo de materia orgánica y carbono del suelo es relevante para conservar o incrementar reservas de carbono en sistemas agrícolas y de pastizal (FAO, s. f.)[12]. 4. **Retirar y valorizar biomasa excedente mediante gestores autorizados o usos compatibles**, como composta controlada, acolchado, cobertura temporal o aprovechamiento autorizado, evitando acumulaciones prolongadas. 5. **Evitar acopios voluminosos y prolongados de biomasa húmeda**, porque pueden favorecer descomposición anaerobia parcial y generación de CH_4 y N_2O bajo ciertas condiciones. 6. **Mantener registro de volumen o peso aproximado de biomasa removida y destino final**, para documentar trazabilidad y manejo ambiental.	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con la logística normal de preparación del sitio y construcción; requieren delimitación de áreas, supervisión ambiental, manejo de residuos vegetales y coordinación con contratistas. **Viabilidad económica:** Alta a media. La prevención de desmontes innecesarios y prohibición de quema tienen bajo costo. La trituración, traslado o compostaje controlado puede implicar costos moderados, pero son manejables frente al costo general de obra. **Viabilidad ambiental:** Alta. Reduce emisiones evitables, limita pérdida innecesaria de biomasa, favorece protección del suelo y disminuye la generación de residuos vegetales sin manejo.
2	Impacto: Modificación potencial del microclima debajo de los módulos fotovoltaicos con incidencia en individuos de la flora y la micro fauna local y en la humedad del suelo.		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**. También pueden tener carácter de **restauración funcional** cuando se promueve recuperación de cobertura herbácea compatible con la operación del parque	**Nombre: Mantener cobertura vegetal compatible bajo y entre paneles**, evitando configuraciones excesivamente cerradas que limiten ventilación, entrada de luz difusa y recuperación de cobertura herbácea. La literatura muestra que los paneles pueden modificar radiación, temperatura, viento y humedad bajo los arreglos solares, por lo que el diseño espacial es determinante para el comportamiento microclimático (Armstrong et al., 2016)[13]; (Choi et al.,	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con el diseño, operación y mantenimiento de una planta fotovoltaica; requieren integración al diseño de arreglo, programa de revegetación, manejo de vegetación, drenaje superficial y monitoreo ambiental. **Viabilidad económica:** Media-alta. La conservación de cobertura herbácea y el control de tránsito tienen

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		2020)[14]. 2. **Conservar o restablecer cobertura herbácea baja bajo y entre módulos**, usando especies nativas o compatibles con el sitio, para estabilizar suelo, reducir erosión y amortiguar cambios de temperatura y humedad. Estudios en sistemas agrivoltaicos reportan que la sombra de paneles puede aumentar humedad del suelo y modificar biomasa vegetal, por lo que el manejo de vegetación es clave para evitar simplificación ecológica o pérdida de funcionalidad (Barron-Gafford *et al*., 2019)[15]; (Adeh *et al*., 2018)[16]. 3. **Evitar suelo desnudo prolongado debajo de los paneles**, mediante revegetación, acolchado orgánico controlado o mantenimiento de cobertura natural compatible, para reducir evaporación extrema, erosión y compactación. 4. **Manejar la escorrentía generada por los bordes de los paneles**, evitando concentración de goteo, surcos erosivos o encharcamientos mediante microdrenajes, dispersión superficial, cobertura vegetal y mantenimiento de pendientes suaves. 5. **Restringir el tránsito de maquinaria bajo los módulos**, salvo actividades de mantenimiento indispensables, para evitar compactación y pérdida de porosidad que alteren humedad e intercambio aire-suelo. 6. **Monitorear temperatura y humedad del suelo en puntos bajo panel, entre hileras y áreas testigo**, ya que la evidencia reciente indica que los parques solares pueden generar microclimas diferenciados y efectos variables según diseño, clima y manejo del sitio (Gao *et al*., 2023)[17]; (Száz *et al*., 2025)[18]. La modificación microclimática bajo paneles no debe asumirse automáticamente como negativa en todos sus componentes, ya que puede reducir radiación directa y evaporación e incluso aumentar humedad del suelo bajo ciertas condiciones; sin embargo, también puede generar contrastes microambientales, suelo desnudo, encharcamientos o cambios en flora y microfauna si no se maneja adecuadamente. Por ello, la medida más sólida consiste en mantener cobertura herbácea compatible, evitar compactación, controlar líneas de goteo y monitorear humedad-temperatura en puntos representativos. Con estas acciones, la residualidad del impacto puede mantenerse entre **baja y media**, limitada al entorno inmediato de los arreglos fotovoltaicos.	bajo costo; el monitoreo con sensores de humedad y temperatura implica costos moderados, pero puede aplicarse por muestreo representativo. **Viabilidad ambiental:** Alta. Las medidas reducen suelo desnudo, estabilizan humedad, evitan erosión y permiten conservar microambientes funcionales para flora herbácea, microfauna y procesos de regeneración local.
3	Impacto: Alteración del patrón tarural de escurrimientos pluviales temporles por la modificación del relieve y de la cobertura vegetal del sitio.		
	Principalmente **preventivas y de mitigación**; de **restauración** en áreas temporalmente intervenidas. La compensación no es la respuesta principal, salvo que se	**Nombre: Diseño de drenaje pluvial superficial compatible con el patrón natural de escurrimientos**, evitando concentrar caudales en puntos únicos o descargar	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas son compatibles con el diseño y operación de una planta fotovoltaica; pueden integrarse al diseño civil, al

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	afectaran cauces, escurrimientos funcionales o zonas de infiltración relevantes. En la expresión extrema de residualidad la medida se convierte en una acción de compensación.	agua hacia predios vecinos sin control. Las mejores prácticas de manejo de escurrimientos en obra recomiendan planear controles de erosión, sedimentos y escorrentía desde el diseño del sitio (EPA, 2026)[19]; (IFC, 2024)[20]. 2. **Conservación de pendientes suaves y micro relieve funcional**, limitando nivelaciones extensivas a lo estrictamente necesario. 3. **Mantenimiento o restablecimiento de cobertura herbácea bajo y entre arreglos fotovoltaicos**, para favorecer infiltración, reducir velocidad del flujo y controlar erosión; los estudios específicos sobre parques solares señalan que la vegetación y los interespacios entre hileras son elementos clave para manejar escurrimientos en instalaciones FV de gran escala (NREL, 2024)[21]. 4. **Implementación de cunetas verdes, franjas filtrantes, bordos bajos, disipadores de energía, zanjas de infiltración o pequeñas obras de retención temporal**, según pendiente, suelo y dirección natural del flujo. 5. **Control de sedimentos durante construcción**, mediante barreras filtrantes, pacas, geotextiles, trampas de sedimento y protección de taludes o suelos desnudos. La EPA destaca que el sedimento suele ser uno de los principales contaminantes asociados a escurrimientos de sitios en construcción (EPA, 2023)[22]. 6. **Manejo de líneas de goteo de paneles**, evitando formación de surcos mediante cobertura vegetal, dispersión superficial o material estabilizador en puntos críticos. 7. **Restricción del tránsito de maquinaria a caminos definidos**, para reducir compactación y pérdida de infiltración. 8. **Inspección después de lluvias intensas**, ya que los controles de erosión y sedimentos requieren verificación y mantenimiento periódico para conservar su efectividad (EPA, 2021)[23]. **Síntesis de la medida:** La estrategia ambiental debe orientarse a que el proyecto no convierta escurrimientos difusos en descargas concentradas, ni suelos temporalmente desnudos en fuentes de erosión y sedimentos. Para ello, el diseño debe conservar en lo posible el patrón natural de drenaje, mantener cobertura vegetal compatible con la operación solar, controlar compactación, estabilizar superficies expuestas y verificar el desempeño de las obras después de lluvias. Bajo estas condiciones, la residualidad esperada del impacto será **baja a media**, dependiendo de la pendiente, textura del suelo, intensidad de lluvias y eficacia del mantenimiento. La alta residualidad del impacto obliga a que Cuando la afectación no pueda evitarse, desarrollar medidas de compensación funcional que restituyan, en la mayor medida	Programa de Vigilancia Ambiental y al mantenimiento de caminos, cunetas, franjas vegetadas y áreas bajo módulos. **Viabilidad económica:** Media-alta. La prevención mediante diseño de drenaje, conservación de cobertura y control de tránsito tiene menor costo que corregir erosión, cárcavas o afectaciones a predios colindantes. La estabilización temprana del suelo suele ser más eficiente que reparar erosión después de ocurrida (MPCA, 2026)[24]. Alta. Reduce erosión, arrastre de sedimentos, compactación, pérdida de infiltración y alteración del drenaje superficial, manteniendo en lo posible la funcionalidad hidrológica local. **En un escenario de residualidad elevada, los indicadores que se proponen son:** **Indicador de resultado:** Número, superficie y funcionalidad de sitios compensados o mejorados con capacidad de captación y almacenamiento temporal. **Indicador de eficiencia:** Cumplimiento de metas de compensación funcional respecto de lo programado.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		posible, la capacidad local de captación pluvial y almacenamiento temporal, o que fortalezcan sitios remanentes de valor hidrológico similar dentro del ámbito de influencia del proyecto. La compensación debe privilegiar equivalencia funcional antes que una simple sustitución física formal. En este caso y dado que la afectación de pequeños embalses de almacenamiento estacional de agua no pueda evitarse, la compensación se orientará a la **restitución funcional de la captación pluvial y del almacenamiento temporal,** dentro del ámbito de influencia del proyecto, en embalses de ubicación próxima al AeP. Para ello, se prevé aplicar, de manera individual o combinada, dos medidas compensatorias tipo: **i)** la habilitación, restauración o reconformación de embalses estacionales compensatorios en la misma unidad de escurrimiento o en una unidad hidrológicamente equivalente, con capacidad efectiva de captación y retención temporal comparable a la perdida; y el fortalecimiento hidrológico de sitios remanentes mediante la rehabilitación de bordos o depresiones existentes, control de sedimentos, revegetación protectora y pequeñas obras de retención e infiltración en microcuencas de aporte. En ambos casos, la compensación deberá privilegiar la **equivalencia funcional**, acreditando que las acciones propuestas restablecen, en la mayor medida posible, las funciones de almacenamiento temporal, regulación de escurrimientos, infiltración y soporte ecológico local, antes que limitarse a una sustitución física meramente formal	
	Prevención, mitigación, control y seguimiento	**Nombre:** mantener continuidad funcional de escurrimientos temporales. **Descripción de la medida o medidas:** Mantener, en la medida de lo técnicamente posible, la continuidad funcional de los escurrimientos temporales existentes; diseñar y ejecutar obras de drenaje menor, pasos hidráulicos, cunetas, desvíos controlados o estructuras de conducción que respeten la lógica natural del flujo superficial y eviten obstrucciones o concentraciones artificiales del escurrimiento; conservar cobertura protectora y estabilización en puntos críticos; limitar cortes, terraplenes o perfilamientos innecesarios; y dar mantenimiento periódico a las obras hidráulicas para prevenir taponamientos, erosión secundaria o redireccionamientos anómalos del flujo.	**Indicador de resultado:** Mantenimiento de trayectorias funcionales de escurrimiento; ausencia de encharcamientos anómalos, erosión inducida o desbordamientos generados por la obra; estabilidad de puntos de conducción y descarga. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de puntos críticos con obras de control instaladas y operativas; cumplimiento del mantenimiento preventivo y correctivo de drenajes y estructuras de conducción.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Viabilidad técnica: Alta, porque las medidas pueden incorporarse al diseño y manejo ordinario de obra, siempre que exista identificación previa de patrones de escurrimiento y puntos críticos. **Viabilidad económica:** Media-alta, por tratarse de medidas de ingeniería menor y mantenimiento compatibles con el presupuesto del proyecto. **Eficacia ambiental esperada:** Alta en la reducción de alteraciones localizadas del escurrimiento, y media frente a eventos pluviales extraordinarios o condiciones de relieve muy sensibles. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Formación de flujos concentrados no previstos; taponamientos; erosión o socavación aguas abajo; encharcamientos persistentes; pérdida de control del escurrimiento en cruces o taludes. **Punto de verificación del avance de la medida:** Cunetas, pasos hidráulicos, líneas naturales de escurrimiento, puntos bajos del terreno, zonas de descarga, taludes y áreas con modificación de relieve. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque aunque las medidas pueden conservar en buena medida la funcionalidad hidráulica local, siempre subsiste un remanente derivado de la modificación del relieve, de la cobertura vegetal y de la ocupación del sitio.	
4	Degradación de la calidad **y afectación de las funciones ecológicas del suelo por tránsito de maquinaria.**		
	Prevención, mitigación, restauración y seguimiento	**Nombre:** delimitación y señalización de rutas obligatorias y áreas de maniobra. Delimitar y señalizar rutas obligatorias de tránsito y áreas de maniobra; restringir el tránsito de maquinaria pesada a superficies previamente definidas; evitar circulación innecesaria fuera de caminos y plataformas autorizadas; programar maniobras en condiciones de humedad no críticas; retirar, acopiar y conservar de manera diferenciada la capa superficial del suelo con mayor valor edáfico donde ello proceda; descompactar o subsolar localmente superficies alteradas al término de las obras temporales; y restaurar o revegetar áreas temporalmente ocupadas para recuperar parcialmente su funcionalidad. **Clasificación de la medida:** Prevención, mitigación, restauración y seguimiento. **Viabilidad técnica:** Alta, porque depende principalmente de organización de obra, balizamiento, supervisión ambiental y procedimientos constructivos ordinarios.	**Indicador de resultado:** Superficie efectivamente afectada por compactación o pérdida de estructura del suelo respecto de la superficie total intervenida; condición física del suelo en áreas rehabilitadas. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de rutas y áreas de maniobra efectivamente delimitadas y respetadas; porcentaje de áreas temporales rehabilitadas respecto de las programadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Huellas de maquinaria fuera de rutas autorizadas; compactación generalizada; encharcamientos anómalos; formación de costra superficial; pérdida evidente de porosidad y ausencia de recuperación en áreas temporales. **Punto de verificación del avance de la medida:** Caminos internos, patios de maniobra, frentes de obra, superficies temporalmente ocupadas y áreas sujetas a rehabilitación. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque aun con control

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Viabilidad económica: Alta, ya que se basa en medidas de control operativo y en acciones de rehabilitación local compatibles con el presupuesto normal de construcción. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta; reduce compactación innecesaria, preserva mejor la estructura superficial del suelo y evita una degradación extendida, aunque no elimina totalmente la alteración en superficies ocupadas por obra.	operativo y rehabilitación puede persistir alteración de la estructura y funcionalidad del suelo en áreas intervenidas, aunque con una extensión y severidad significativamente menores.
5	Impacto: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto.		
	Prevención, mitigación y compensación	**Nombre:** ajustar la ocupación de superficie estrictamente necesaria. Ajustar la ocupación del proyecto a la superficie estrictamente necesaria; evitar ampliaciones innecesarias de plataformas, caminos y áreas auxiliares; conservar, donde sea viable, superficies sin uso con función de amortiguamiento; delimitar claramente las zonas de ocupación permanente y temporal; restituir funcionalidad de las áreas temporales una vez concluidas las obras; y, cuando proceda, establecer acciones compensatorias o de manejo territorial que reconozcan la pérdida funcional del suelo previamente destinado a uso agrícola. **Clasificación de la medida:** Prevención, mitigación y compensación. **Viabilidad técnica:** Alta, porque depende de control de diseño y de implantación física del proyecto. **Viabilidad económica:** Media-alta, dado que implica disciplina de ocupación y recuperación de áreas temporales, más que inversiones extraordinarias. **Eficacia ambiental esperada:** Media; puede reducir la superficie innecesariamente sustraída y acotar la pérdida funcional, pero no evita la sustitución en las áreas de ocupación permanente.	**Indicador de resultado:** Superficie agrícola efectivamente sustituida por infraestructura respecto de la inicialmente prevista; superficie temporalmente ocupada que fue reincorporada a una condición funcional. **Indicador de eficiencia:** Diferencia entre superficie autorizada de ocupación y superficie realmente utilizada; porcentaje de áreas temporales recuperadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Expansión de ocupación permanente más allá de lo programado; uso de áreas auxiliares no autorizadas; permanencia de superficies temporales sin rehabilitación. **Punto de verificación del avance de la medida:** Polígonos de ocupación permanente, caminos, patios de maniobra, áreas temporales y cartografía de implantación final. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta, porque la sustitución del suelo agrícola persiste en las superficies ocupadas de forma permanente, aunque su alcance puede limitarse mediante una implantación estrictamente controlada y la recuperación de áreas temporales.
5	**Impacto:** Impacto: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto		
	Restauración y seguimiento.	**Nombre:** reducir remoción de cobertura vegetal al mínimo indispensable**.** Reducir la remoción de cobertura vegetal al mínimo indispensable; ejecutar desmonte selectivo y secuencial; conservar y manejar adecuadamente la capa superficial del suelo; evitar exposición prolongada del sustrato desnudo; revegetar superficies temporales con especies nativas o coberturas protectoras; estabilizar zonas críticas; y conservar remanentes vegetales que contribuyan a mantener procesos	**Indicador de resultado:** Condición de cobertura del suelo, estabilidad superficial, presencia de regeneración o cobertura protectora y recuperación visible de funciones físicas básicas en áreas intervenidas. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de superficie expuesta que recibe cobertura protectora, estabilización o revegetación en el tiempo programado.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		de infiltración, retención de humedad, actividad biológica y protección física del suelo. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media-alta. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta; reduce el deterioro derivado de la exposición y pérdida de protección vegetal, y mejora la probabilidad de recuperación funcional del sustrato.	**Signos de falla en la aplicación de la medida:** Suelos desnudos por periodos prolongados; pérdida de finos; agrietamiento o encostramiento; disminución de cobertura de restauración; escasa recuperación biológica del sustrato. **Punto de verificación del avance de la medida:** Frentes desmontados, áreas desprovistas de vegetación, zonas revegetadas, superficies temporales y remanentes de vegetación protectora. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque parte de la alteración edáfica puede persistir, aunque la pérdida de funcionalidad y la afectación de procesos ecológicos del suelo se reducen si el control de exposición y la restauración se aplican oportunamente
6	**Impacto:** Incremento en la erosión hídrica y eólica del suelo derivado de las actividades de remoción de vegetación, desmonte y excavación durante la etapa de construcción del parque fotovoltaico.		
	Prevención, mitigación y seguimiento	**Nombre:** programar remoción y excavaciones por etapas. Programar remoción de vegetación y excavaciones por etapas para no dejar superficies amplias y desnudas al mismo tiempo; instalar obras de control de erosión y retención de sedimentos; proteger taludes y cortes; mantener cobertura temporal o definitiva en zonas expuestas; definir drenes y desvíos controlados donde se requiera; limitar tránsito sobre superficies susceptibles; y rehabilitar de manera temprana las áreas concluidas. **Viabilidad técnica:** Alta, porque las obras y prácticas de control de erosión forman parte de la gestión ordinaria de construcción en sitios vulnerables. **Viabilidad económica:** Media, dado que algunas obras de control y mantenimiento requieren inversión adicional, aunque razonable y proporcional al riesgo. **Eficacia ambiental esperada:** Alta en el control de erosión localizada y moderada en escenarios de eventos climáticos intensos; en general reduce significativamente la pérdida de suelo y el transporte de sedimentos si se implementa de forma temprana.	**Indicador de eficiencia:** Porcentaje de áreas expuestas con medidas activas de control de erosión; número de estructuras de control instaladas y mantenidas respecto de las programadas. **Signos de falla en la aplicación de la medida:** Formación de surcos o cárcavas; depósitos de sedimento aguas abajo; socavación; pérdida visible de capa superficial; daños en estructuras de control; superficies desnudas sin estabilización. **Punto de verificación del avance de la medida:** Áreas desmontadas, excavaciones, taludes, cunetas, obras de control, zonas de arrastre y puntos bajos de acumulación de sedimentos. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque el riesgo erosivo puede persistir en cierta medida durante el periodo de exposición del suelo, aunque con magnitud sustancialmente menor cuando las medidas se aplican de forma preventiva y sostenida.
7	Impacto: Incidencia negativa en el tamaño de las poblaciones de la fauna, debido a la afectación de su hábitat, a la fragmentación del paisaje y a las formas de respuesta de los individuos que las componen		
	Prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación.	**Nombre:** delimitación estricta de frentes de obra. Reducción del desmonte al mínimo indispensable; conservación de manchas de vegetación remanente; revegetación con especies nativas; mantenimiento de	**Indicador de resultado:** Variación en riqueza específica, abundancia relativa y composición de gremios faunísticos en sitios intervenidos y de referencia.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		espacios sin uso ecológicamente funcionales; control de perturbaciones recurrentes. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media-alta, porque la revegetación y el mantenimiento de remanentes requieren inversión moderada y continuidad. **Eficacia ambiental esperada:** Media; reduce la pérdida neta de hábitat y favorece recolonización parcial.	**Indicador de eficiencia:** Superficie efectivamente conservada o revegetada respecto de la programada. **Signos de falla:** Simplificación marcada de comunidades faunísticas, ausencia de recolonización, baja supervivencia de revegetación. **Punto de verificación del avance:** Áreas desmontadas, remanentes vegetales, zonas revegetadas y sitios de monitoreo. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta, porque persiste una reducción del hábitat disponible, aunque con menor intensidad por conservación y restauración parcial
8	**Impacto: Reducción de la diversidad y abundancia de la fauna silvestre por la pérdida o modificación de su hábitat como consecuencia de la remoción de la vegetación**		
	Prevención, mitigación y compensación funcional	**Nombre**: reducción del desmonte al mínimo necesario. Conservación de corredores internos y perimetrales; instalación de pasos de fauna; diseño permeable del cercado en tramos compatibles con seguridad; protección de áreas de tránsito; manejo de bordes para evitar efecto barrera total. **Viabilidad técnica:** Media-alta, porque depende del diseño ejecutivo y de compatibilizar seguridad con permeabilidad biológica. **Viabilidad económica:** Media, por requerir adecuaciones específicas en cercado, pasos y manejo de corredores. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta, especialmente para fauna menor y mediana; menor para especies altamente sensibles o de gran movilidad.	**Indicador de resultado:** Frecuencia de uso de pasos de fauna y corredores remanentes mediante fototrampeo, huellas o rastros. **Indicador de eficiencia:** Número de pasos instalados y operativos respecto de los programados; longitud de cercado con permeabilidad funcional. **Signos de falla:** Acumulación de fauna en perímetros, intentos fallidos de cruce, desaparición de tránsito entre parches. **Punto de verificación del avance:** Cercado perimetral, pasos de fauna, corredores identificados y linderos con vegetación remanente. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta, porque la ocupación del espacio y el efecto barrera persisten, aunque parcialmente atenuados.
9	**Impacto:** Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área del proyecto.		
	Prevención, mitigación, compensación y seguimiento especializado.	**Nombre**: conservación de corredores internos y perimetrales. Prospección específica previa; microzonificación de áreas sensibles; exclusión de refugios, nidos o sitios de anidación; rescate especializado; programación restrictiva de actividades; compensación ecológica focalizada si persiste afectación relevante. **Viabilidad técnica:** Media, porque requiere especialistas y decisiones finas de microdiseño y calendario. **Viabilidad económica:** Media, por costos de especialización y monitoreo focal.	**Indicador de resultado:** Permanencia de registros de especies focales y conservación de sitios críticos funcionales. **Indicador de eficiencia:** Porcentaje de microhábitats críticos identificados y efectivamente protegidos o manejados. **Signos de falla:** Mortalidad, abandono de refugios, desaparición de registros de especies prioritarias, destrucción de sitios críticos. **Punto de verificación del avance:** Refugios, zonas de anidación, áreas de alimentación y polígonos de exclusión.

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Eficacia ambiental esperada: Media-alta en prevención de afectación directa; media en control de alteraciones de hábitat más amplias.	**Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad alta o muy alta, dependiendo de la especie; en especies de distribución restringida el remanente puede seguir siendo relevante aun con medidas robustas
10	**Impacto:** Incidencia sobre especies de fauna endémicas, con categoría de riesgo y de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o de la incorporación de estímulos perjudiciales.		
	Prevención, mitigación y seguimiento adaptativo	**Nombre:** prospección específica previa. Objetivo: Identificar de manera previa al inicio de las actividades de preparación del sitio las especies de fauna presentes en las áreas susceptibles de intervención, particularmente aquellas con movilidad restringida o dependencia de microhábitats específicos, a fin de prevenir afectaciones directas sobre individuos, refugios, sitios de reproducción y rutas locales de desplazamiento, así como generar información que permita ajustar las actividades constructivas mediante un esquema de manejo adaptativo orientado a mantener la conectividad funcional del hábitat. **Descripción de la medida** Previo al inicio de las actividades de desmonte, despalme, apertura de caminos, excavaciones y habilitación de áreas auxiliares, se realizará una prospección dirigida por personal especializado en fauna silvestre. La prospección comprenderá: • Recorridos sistemáticos en las superficies programadas para intervención inmediata. • Búsqueda activa de individuos, madrigueras, refugios, nidos, oquedades, zonas de alimentación y otros elementos utilizados por la fauna. • Identificación de corredores de desplazamiento locales y áreas con mayor concentración de registros. • Delimitación temporal de zonas sensibles cuando se detecten individuos o estructuras biológicas relevantes. • Aplicación de medidas de ahuyentamiento pasivo y rescate de individuos cuando resulte procedente conforme a la normatividad ambiental aplicable. • Registro georreferenciado de observaciones y elaboración de reportes de campo. • Ajuste de las actividades constructivas cuando los resultados indiquen la necesidad de conservar temporalmente ciertos sectores o modificar secuencias de trabajo. **Periodicidad de aplicación** • Una prospección integral previa al inicio de cada frente de obra.	**Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media. **Eficacia ambiental esperada:** Media-alta para especies de movilidad baja o media; media para fauna de mayor requerimiento espacial. **Indicadores de resultado** • Porcentaje de superficies programadas para intervención que fueron prospectadas previamente. • Número de individuos detectados y manejados preventivamente antes del ingreso de maquinaria. • Número de refugios, madrigueras, nidos o sitios de importancia biológica identificados. • Longitud o superficie de corredores funcionales identificados y considerados en la planificación de obras. • Número de ajustes operativos implementados con base en los resultados de las prospecciones. **Indicadores de eficacia** • Porcentaje de frentes de obra intervenidos sin registrar mortalidad directa atribuible a las actividades constructivas. • Reducción de incidentes de atropellamiento o afectación directa respecto de las áreas sin manejo preventivo. • Porcentaje de individuos detectados que fueron exitosamente desplazados, protegidos o reubicados. • Mantenimiento de registros de fauna en áreas adyacentes durante el desarrollo de las obras. • Ausencia de interrupciones significativas en las rutas locales de desplazamiento identificadas durante el monitoreo. **Signos de falla de la medida** • Registro recurrente de individuos lesionados o muertos dentro de los frentes de obra. • Detección de madrigueras, refugios o sitios de reproducción destruidos durante las actividades constructivas. • Hallazgo frecuente de fauna dentro de áreas previamente liberadas para construcción.

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		• Prospecciones complementarias antes de la intervención de nuevas áreas no evaluadas previamente. • Verificaciones extraordinarias después de periodos prolongados de inactividad de obra o posterior a eventos climáticos relevantes que puedan modificar los patrones de ocupación de fauna. **Plazo de ejecución** • Desde el inicio de la etapa de preparación del sitio y durante toda la etapa de construcción. • La medida deberá mantenerse activa mientras existan nuevas superficies sujetas a intervención.	• Evidencia de interrupción de rutas de desplazamiento utilizadas por especies de movilidad restringida. • Quejas, observaciones o requerimientos de la autoridad derivados de afectaciones no previstas a la fauna. • Incremento sostenido de eventos de rescate de emergencia durante las actividades de construcción. **Puntos de verificación** • Bitácoras de prospección de fauna. • Registros georreferenciados de observaciones. • Reportes fotográficos de recorridos y hallazgos. • Planos actualizados de frentes de obra y áreas evaluadas. • Informes de rescate y reubicación de individuos. • Reportes periódicos del Programa de Vigilancia Ambiental. **Efectos residuales esperados después de la aplicación** Aun con la implementación adecuada de la medida, pueden persistir efectos residuales de baja magnitud asociados a modificaciones locales en los patrones de movimiento de algunas especies, desplazamientos temporales hacia hábitats adyacentes y reducción parcial de la disponibilidad de ciertos microhábitats. No obstante, la prospección específica previa y el manejo adaptativo permiten disminuir significativamente la probabilidad de mortalidad directa, reducir la pérdida de individuos de movilidad restringida y mantener la conectividad funcional del paisaje en niveles compatibles con la conservación de las poblaciones locales.
11	**Impacto: afectación potencial de las rutas de desplazamiento de la fauna y posible aislamiento de individuos de movilidad restringida como resultado de la alteración de su hábitat.**		
	Prevención, mitigación y restauración	**Nombre:** Identificación de rutas funcionales, conservación de pasos. Conservación de elementos heterogéneos del sitio; mantenimiento de franjas vegetadas; protección de cuerpos de agua temporales remanentes; revegetación dirigida; manejo de bordes y mosaicos funcionales. **Viabilidad técnica:** Alta. **Viabilidad económica:** Media.	**Indicador de resultado:** Permanencia de unidades funcionales de hábitat y continuidad de uso por avifauna. **Indicador de eficiencia:** Superficie de elementos heterogéneos conservados o restaurados respecto de la meta. **Signos de falla:** Homogeneización del paisaje, pérdida de uso por aves, desaparición de elementos de borde o refugio.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Eficacia ambiental esperada: Media; ayuda a evitar homogeneización extrema del sitio, pero no elimina la transformación del paisaje.	**Punto de verificación del avance:** Bordos, depresiones, franjas vegetadas, remanentes y paisaje inmediato. **Efectos residuales después de su aplicación:** Residualidad media-alta.
12	Impacto: Reducción de la heterogeneidad ambiental y e la conectividad funcional del paisaje.		
	Prevención	Medida (18).1: Ejecución del Programa de protección, rescate, reubicación y conservación de flora nativa previo al desmonte. **Objetivo:** prevenir la pérdida innecesaria de especies vegetales y minimizar la reducción de la riqueza florística mediante la identificación, delimitación y conservación de comunidades vegetales, ejemplares de interés ecológico y especies bajo alguna categoría de protección antes del inicio de las actividades de preparación del sitio. La prevención temprana constituye la medida más efectiva para reducir los impactos sobre la biodiversidad vegetal, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos donde los procesos de recuperación natural suelen ser lentos (IFC, 2012, *op. Cit.*); (IUCN & BC, 2021)[25]. **Descripción:** previo al desmonte se realizará un inventario florístico detallado para identificar especies dominantes, endémicas, protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, ejemplares de gran porte, comunidades vegetales bien conservadas y zonas con alta diversidad. Con base en dicho inventario se delimitarán áreas de exclusión y conservación dentro del proyecto, procurando evitar la afectación de manchones de vegetación de alto valor ecológico. Asimismo, se implementará un programa de rescate y reubicación de individuos susceptibles de trasplante hacia zonas de conservación internas o áreas receptoras previamente autorizadas. Esta medida se alinea con la jerarquía de mitigación, que establece la evitación como la primera estrategia para reducir pérdidas de biodiversidad (IFC, 2012, op. Cit.); (Bennun et al., 2021, *op. Cit.*). **Periodicidad** ● Una vez antes del inicio de las actividades de desmonte. ● Supervisión ambiental permanente durante la preparación del sitio. **Plazo de ejecución** Desde la etapa previa a la construcción y hasta la conclusión de las actividades de desmonte y despalme.	**Indicadores de cumplimiento** 1. Inventario florístico elaborado y validado. 2. Superficie delimitada como área de conservación. 3. Número de individuos rescatados respecto al total identificado como rescatable. 4. Registros georreferenciados de ejemplares protegidos. 5. Bitácoras de supervisión ambiental durante el desmonte. **Indicadores de eficacia** 1. Supervivencia de individuos rescatados después de 12 meses. 2. Conservación de especies prioritarias identificadas durante la línea base. 3. Reducción de la superficie efectivamente desmontada respecto a la inicialmente proyectada. 4. Permanencia de comunidades vegetales conservadas dentro del predio. **Signos de alerta** ● Mortalidad elevada de ejemplares rescatados. ● Afectación accidental de áreas de exclusión. ● Presencia de especies protegidas fuera de las áreas delimitadas. ● Incremento de superficies desmontadas no autorizadas. **Efectos residuales esperados** Persistirá una pérdida parcial de individuos vegetales debido a la ocupación permanente del terreno por paneles, caminos e infraestructura auxiliar. Sin embargo, la conservación de áreas de exclusión y el rescate de ejemplares reducirá significativamente la magnitud del impacto sobre la riqueza florística original.

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
13	**Impacto: Disminución de la riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora.**		
	Fundamentalmente **preventivas**, complementadas con medidas de **mitigación** y **restauración**. Debido a que este impacto es completamente evitable mediante una adecuada gestión del desmonte, las medidas preventivas constituyen el núcleo de la estrategia ambiental (IFC, 2012, *op. Cit*.).	1. **Elaborar y ejecutar un Programa de Desmonte Selectivo**, estableciendo previamente la vegetación a conservar, las áreas de exclusión y los límites precisos de intervención. 2. **Delimitar físicamente las áreas autorizadas de desmonte** mediante estacado, cinta de señalización, malla o referencias visibles antes del ingreso de maquinaria. 3. **Realizar un recorrido de marcaje ambiental previo**, identificando árboles, arbustos, agrupaciones vegetales y elementos ecológicamente relevantes susceptibles de conservación. 4. **Capacitar a operadores y supervisores de obra** respecto de los límites autorizados y de las restricciones ambientales aplicables. 5. **Mantener supervisión ambiental permanente durante el desmonte**, con facultades para detener actividades fuera de las áreas aprobadas. 6. **Conservar vegetación en bordes, franjas de amortiguamiento y áreas no requeridas para las obras**, favoreciendo la continuidad de funciones ecológicas. 7. **Restaurar las superficies afectadas innecesariamente**, mediante revegetación con especies compatibles y recuperación de la capa superficial del suelo. La literatura especializada reconoce que la delimitación previa, el desmonte selectivo y la conservación de vegetación remanente constituyen las medidas más eficaces para minimizar pérdidas innecesarias de cobertura vegetal (IFC, 2012; FAO, 2021). **Viabilidad técnica:** Muy alta. Todas las medidas corresponden a procedimientos de gestión ambiental rutinarios que pueden aplicarse antes y durante el desmonte sin requerir infraestructura especializada. Viabilidad económica: Muy alta. El costo de delimitación, señalización y supervisión ambiental es significativamente menor que el costo asociado a la restauración posterior o a posibles incumplimientos ambientales. Además, la reducción del área desmontada disminuye costos de limpieza, transporte y manejo de residuos vegetales. **Viabilidad ambiental:** Muy alta. La aplicación de las medidas permite reducir de manera sustancial la pérdida innecesaria de vegetación, conservar microhábitats y disminuir efectos secundarios sobre suelo, fauna y paisaje.	
14	**Impacto: reducción de la cobertura vegetal y de la cubierta forestal**		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta es fundamentalmente de **prevención**, complementada con acciones de **mitigación**, **restauración** y, cuando la pérdida de cobertura vegetal no	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Protección, Rescate, Restauración y Compensación de la Cobertura Vegetal.	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la delimitación física del cien por ciento de las áreas autorizadas para desmonte antes del inicio de las obras; la elaboración y aplicación del programa de

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	pueda revertirse dentro del área de establecimiento del proyecto, con medidas de **compensación ambiental**. La prevención tiene como finalidad evitar la remoción innecesaria de vegetación mediante la delimitación precisa de las áreas autorizadas de desmonte, la ejecución de desmontes selectivos y la protección de la vegetación que permanecerá en el predio. La mitigación se orienta a disminuir la magnitud de la pérdida de cobertura vegetal durante la ejecución de las obras, mientras que la restauración busca recuperar la cobertura vegetal en las áreas temporalmente afectadas o que no formen parte de la infraestructura permanente. La compensación se aplicará exclusivamente respecto de la superficie cuya remoción resulte permanente y conforme a las disposiciones establecidas en la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales y demás instrumentos jurídicos aplicables.	**Objetivo:** Minimizar la pérdida de cobertura vegetal derivada del establecimiento del proyecto mediante la estricta delimitación de las superficies autorizadas para desmonte, la conservación de toda la vegetación que no interfiera con la infraestructura, la ejecución de desmontes selectivos, el rescate y reubicación de individuos de flora silvestre susceptibles de conservación, la restauración progresiva de las áreas temporalmente afectadas y la compensación de la pérdida permanente de vegetación mediante las acciones autorizadas por la autoridad competente. La medida deberá iniciar antes del comienzo de la preparación del sitio con el levantamiento y señalización física de los límites autorizados para el desmonte y la identificación de individuos de flora sujetos a rescate o conservación. Durante la preparación del sitio y la construcción deberá mantenerse una supervisión ambiental permanente para verificar que la remoción de vegetación se limite exclusivamente a las superficies autorizadas y que no ocurran desmontes innecesarios o fuera de los polígonos aprobados. Paralelamente se desarrollarán las actividades de rescate y reubicación de flora, manejo de material vegetal, conservación de árboles aislados, establecimiento de barreras de protección para la vegetación remanente y control del tránsito de maquinaria. Durante la operación y mantenimiento se conservará la cobertura vegetal compatible con la seguridad y operación del parque fotovoltaico, privilegiando el desarrollo de vegetación herbácea y arbustiva nativa. Finalmente, durante el desmantelamiento se procederá a la restauración integral del sitio, favoreciendo el restablecimiento de la cobertura vegetal y la recuperación de los procesos naturales de sucesión ecológica.	rescate y reubicación de flora; la supervisión ambiental permanente durante las actividades de remoción de vegetación; el porcentaje de individuos rescatados respecto de los programados; la superficie efectivamente desmontada en comparación con la superficie autorizada; el mantenimiento de la vegetación que no interfiera con la infraestructura; la ejecución de las actividades de restauración en las áreas temporalmente afectadas; el establecimiento y mantenimiento de las superficies sujetas a compensación; y la integración de reportes técnicos y evidencia fotográfica que documenten cada una de estas actividades. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la ausencia de desmontes fuera de las áreas autorizadas; la reducción de la superficie efectivamente desmontada respecto de la originalmente prevista cuando ello sea técnicamente posible; la supervivencia de los individuos de flora reubicados conforme a las metas establecidas en el programa específico; la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en las áreas restauradas; el incremento de la cobertura herbácea y arbustiva durante la operación; la disminución de procesos erosivos asociados a la pérdida de vegetación; la ausencia de mortalidad masiva de individuos reubicados; y el cumplimiento de las metas de compensación forestal establecidas por la autoridad ambiental. Constituirán **signos de alerta** la remoción de vegetación fuera de los límites autorizados; la ampliación no prevista de las áreas de desmonte; el derribo innecesario de árboles o arbustos; la afectación de individuos previamente identificados para su conservación; la circulación de maquinaria sobre áreas excluidas del desmonte; la baja supervivencia de los individuos rescatados; la aparición de procesos erosivos intensos derivados de la pérdida de cobertura vegetal; el establecimiento de especies invasoras en áreas restauradas; el incumplimiento del programa de compensación; o cualquier modificación de la cobertura vegetal distinta a la autorizada. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la suspensión inmediata de las

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			actividades en el área afectada, la investigación de sus causas y la aplicación de acciones correctivas. Los **efectos residuales esperados** corresponderán principalmente a la pérdida permanente de la cobertura vegetal estrictamente necesaria para el establecimiento de la infraestructura del proyecto y al cambio de uso del suelo asociado a dicha ocupación. No obstante, la aplicación integral de esta medida permitirá reducir significativamente la superficie efectivamente afectada, conservar parte importante de la vegetación existente, favorecer el establecimiento de cobertura vegetal compatible durante la operación, restaurar las áreas temporalmente perturbadas y compensar la pérdida irreversible mediante las acciones forestales autorizadas. Como resultado, se espera que la modificación residual de la cobertura vegetal quede limitada a las superficies indispensables para la operación del parque fotovoltaico, manteniendo la estabilidad del suelo, disminuyendo los procesos erosivos y contribuyendo a la conservación de la funcionalidad ecológica del paisaje mediante las acciones complementarias de restauración, revegetación e interconexión de microhábitats.
15	**Impacto:** Pérdida innecesaria y ampliada de la cobertura vegetal por desmontes no selectivos		
	La medida propuesta es eminentemente de **prevención**, complementada con acciones de **mitigación**, **restauración** y, en caso de que se produzca una remoción adicional de vegetación no prevista ni autorizada, con las medidas de **compensación** que determine la autoridad ambiental competente. A diferencia del impacto de reducción de la cobertura vegetal, que deriva de la ocupación autorizada del proyecto, este impacto corresponde a una pérdida evitable ocasionada por prácticas inadecuadas de desmonte, ampliación innecesaria de frentes de trabajo, tránsito descontrolado de maquinaria o deficiente delimitación de las áreas de intervención. En consecuencia, la estrategia se orienta a impedir que ocurra cualquier remoción de vegetación fuera de los polígonos autorizados y a corregir de inmediato cualquier afectación accidental.	**Nombre de la medida:** Programa de Control del Desmonte Selectivo y Protección de la Vegetación Excluida de las Obras. **Objetivo:** Evitar la pérdida innecesaria de cobertura vegetal mediante la ejecución de desmontes estrictamente selectivos, el control permanente de los límites de intervención, la protección física de la vegetación que permanecerá en el predio, la supervisión ambiental continua de las actividades de desmonte y el establecimiento de acciones inmediatas de restauración cuando se detecten remociones accidentales o no autorizadas. La medida deberá implementarse antes del inicio de la preparación del sitio con la delimitación topográfica y señalización física de la totalidad de los polígonos autorizados para desmonte, así como con el balizamiento de las áreas de exclusión y de la vegetación que deba conservarse. Previamente al ingreso de maquinaria se realizará una reunión de inducción ambiental con operadores, supervisores y contratistas para informar los límites autorizados y las restricciones aplicables. Durante	Los **indicadores de cumplimiento** consistirán en la delimitación física del cien por ciento de las áreas autorizadas para desmonte antes del inicio de las obras; la instalación de estacas, cintas, cercos o señalización perimetral en todas las áreas de exclusión; la capacitación del personal responsable del desmonte; la presencia permanente del supervisor ambiental durante las actividades críticas; la realización de recorridos diarios de inspección; el registro fotográfico del estado de la vegetación antes, durante y después del desmonte; la elaboración de bitácoras de supervisión; la atención inmediata de cualquier desviación detectada; y la restauración documentada de las áreas afectadas accidentalmente. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la inexistencia de desmontes fuera de las superficies autorizadas; la ausencia de ampliaciones de los frentes de trabajo; la conservación del cien por ciento de la vegetación ubicada en áreas de

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		toda la preparación del sitio y la construcción se mantendrá supervisión ambiental permanente sobre las actividades de desmonte, verificando diariamente que la remoción de vegetación se limite exclusivamente a las superficies autorizadas. Cuando se detecte una afectación no prevista, las actividades deberán suspenderse inmediatamente en el área involucrada, delimitar el sitio afectado, documentar el incidente, aplicar las acciones correctivas correspondientes y ejecutar la restauración de la superficie alterada. Durante la operación se conservará íntegramente la vegetación remanente y se evitarán desmontes adicionales derivados de actividades de mantenimiento, salvo aquellos estrictamente indispensables por razones de seguridad y autorizados por el responsable ambiental del proyecto.	exclusión; la reducción a cero de remociones innecesarias de árboles, arbustos o vegetación herbácea; el mantenimiento de la superficie efectivamente desmontada dentro de los límites aprobados; la disminución de incidencias por daño accidental a individuos de flora; la recuperación satisfactoria de las áreas restauradas y la ausencia de observaciones por incumplimiento derivadas de auditorías ambientales o inspecciones de la autoridad. Constituirán **signos de alerta** la eliminación de vegetación fuera del polígono autorizado; el derribo de individuos previamente marcados para su conservación; la desaparición o desplazamiento de la señalización perimetral; el tránsito de maquinaria sobre áreas excluidas; la apertura de caminos improvisados; el almacenamiento temporal de materiales sobre vegetación no destinada al desmonte; la ampliación no autorizada de patios de maniobra o áreas de trabajo; la ausencia del supervisor ambiental durante las actividades de remoción de vegetación; la existencia de diferencias entre la superficie autorizada y la efectivamente desmontada; o cualquier evidencia de remoción innecesaria de cobertura vegetal. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la suspensión inmediata de las actividades en el sitio afectado, la evaluación de los daños ocasionados, la aplicación de medidas correctivas y, en su caso, la restauración o compensación correspondiente. Los **efectos residuales esperados** serán prácticamente **nulos**, debido a que este impacto es completamente prevenible mediante una adecuada planeación, supervisión y control de las actividades de desmonte. En caso de presentarse alguna remoción accidental de vegetación, ésta deberá limitarse a superficies reducidas, corregirse inmediatamente y ser objeto de restauración ecológica o compensación, según corresponda. La aplicación rigurosa de esta medida permitirá que la pérdida definitiva de cobertura vegetal no exceda en ningún momento la superficie expresamente autorizada para el establecimiento de la infraestructura del proyecto, evitando la generación de impactos adicionales sobre el suelo, la flora, la

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			fauna, los microhábitats y la conectividad ecológica. Desde el punto de vista ambiental, el objetivo de desempeño de esta medida es alcanzar una **tasa de cero desmontes no autorizados** durante todo el desarrollo del proyecto, constituyéndose en uno de los principales indicadores de cumplimiento del sistema de gestión ambiental y del programa de vigilancia ambiental.
16	**Impacto: Disminución de la integridad y tamaño poblacional de los individuos de flora silvestre**		
	La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**. La prevención constituye el eje principal y está orientada a evitar la afectación innecesaria de individuos de flora silvestre mediante la identificación previa de ejemplares de interés ecológico, el rescate y reubicación de individuos viables, la delimitación de áreas de exclusión y la ejecución de desmontes selectivos. La mitigación comprende las acciones destinadas a reducir la mortalidad de individuos durante las actividades de preparación del sitio y construcción, así como a favorecer su establecimiento exitoso en los sitios de reubicación. La restauración tiene por objeto recuperar las poblaciones vegetales y las condiciones ecológicas de las áreas temporalmente afectadas mediante revegetación con especies nativas y el restablecimiento de las condiciones del hábitat. La compensación procederá respecto de la pérdida permanente de individuos que no puedan conservarse in situ ni rescatarse exitosamente, conforme a las disposiciones contenidas en la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales y demás instrumentos jurídicos aplicables.	**Nombre de la medida:** Programa Integral de Rescate, Reubicación, Conservación y Restauración de la Flora Silvestre. **Objetivo:** Conservar la integridad ecológica y la viabilidad de las poblaciones de flora silvestre presentes en el área de establecimiento del proyecto mediante la identificación y protección de individuos susceptibles de conservación, el rescate y reubicación de ejemplares viables, la reducción de la mortalidad durante las actividades de desmonte, el seguimiento de los individuos reubicados y la restauración progresiva de las poblaciones vegetales mediante revegetación con especies nativas y acciones de compensación ambiental cuando correspondan. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio con la caracterización detallada de la vegetación, el marcaje de individuos susceptibles de rescate, la selección de sitios receptores y la ejecución de las actividades de rescate y reubicación antes de cualquier remoción de vegetación. Durante la preparación del sitio y la construcción, las labores de rescate deberán realizarse de manera simultánea al avance de los frentes de obra, bajo supervisión de personal especializado, evitando la exposición prolongada de los ejemplares extraídos y asegurando su traslado y establecimiento inmediato en áreas previamente acondicionadas. Durante la operación y mantenimiento se efectuará el monitoreo periódico de la supervivencia, condición fitosanitaria, crecimiento y capacidad reproductiva de los individuos reubicados, así como el mantenimiento de las áreas restauradas mediante riego de auxilio cuando resulte necesario, reposición de individuos muertos, control de especies invasoras y conservación de la cobertura vegetal establecida. Al concluir la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se promoverá la restauración ecológica del sitio favoreciendo la recolonización natural y el restablecimiento de poblaciones de especies nativas.	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la elaboración y aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre antes del inicio de las obras; la identificación y marcaje de la totalidad de los individuos sujetos a rescate; el rescate previo al desmonte de los ejemplares programados; la reubicación en sitios previamente seleccionados; la elaboración de fichas individuales y registros georreferenciados; el seguimiento periódico de los individuos reubicados; la ejecución de actividades de mantenimiento y reposición cuando sean necesarias; la implementación de las acciones de restauración previstas; y la documentación técnica y fotográfica de todas las actividades realizadas. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la supervivencia de los individuos reubicados conforme a las metas establecidas en el programa específico; el mantenimiento de la estructura poblacional de las especies prioritarias; la conservación de la diversidad florística en las áreas intervenidas; la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en los sitios restaurados; la incorporación exitosa de nuevos individuos mediante regeneración natural o revegetación; la disminución de la mortalidad asociada a las actividades de construcción; el establecimiento exitoso de las especies utilizadas en restauración; y el cumplimiento de las metas de compensación forestal y restauración ecológica autorizadas por la autoridad ambiental. Constituirán **signos de alerta** la mortalidad elevada de individuos durante el rescate o el traslado; la disminución significativa de la supervivencia en los sitios de reubicación; el deterioro fitosanitario de los ejemplares reubicados; la pérdida de individuos previamente identificados para rescate; la remoción

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			accidental de especies protegidas o de especial interés ecológico; la presencia de estrés hídrico generalizado; la invasión de especies exóticas en las áreas restauradas; la ausencia de regeneración natural; el incumplimiento de las actividades de mantenimiento; o la reducción significativa del éxito de establecimiento respecto de las metas programadas. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la revisión inmediata del programa de rescate, el reforzamiento de las acciones de mantenimiento, la reposición de individuos cuando proceda y la implementación de medidas correctivas que permitan recuperar la viabilidad de las poblaciones afectadas. Los **efectos residuales esperados** corresponderán únicamente a la disminución permanente de una fracción de los individuos cuya conservación resulte técnicamente inviable debido a la ocupación definitiva de las áreas destinadas a la infraestructura del parque fotovoltaico. Sin embargo, la aplicación integral del programa permitirá conservar una proporción importante de los individuos presentes, mantener la composición florística característica de la región, favorecer la continuidad de los procesos ecológicos y reducir significativamente la pérdida de diversidad genética y de capacidad reproductiva de las poblaciones silvestres. Como resultado, la afectación residual sobre la integridad y el tamaño poblacional de las especies de flora será de baja magnitud en relación con la condición inicial, manteniéndose la viabilidad ecológica de las poblaciones regionales mediante las acciones combinadas de rescate, reubicación, restauración, revegetación y compensación ambiental.
17	**Impacto:** Interrupción de los patrones naturales de dispersión de semillas y afectación de sus áreas de acumulación por la remoción de vegetación y perfilamiento del terreno.		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación** y **restauración**, sin que, en principio, resulte necesaria la aplicación de medidas de compensación, ya que la interrupción de los procesos de dispersión de semillas puede reducirse significativamente mediante un manejo adecuado de la vegetación y del suelo durante todas las etapas del proyecto. La prevención se orienta a conservar, en la mayor medida posible, los individuos productores de semillas, las áreas	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa para la Conservación de los Procesos Naturales de Dispersión de Semillas y Restauración del Banco de Propágulos. **Objetivo:** Mantener la funcionalidad de los mecanismos naturales de dispersión, acumulación y establecimiento de semillas de las especies de flora silvestre presentes en el área del proyecto, mediante la conservación de vegetación remanente, el rescate y aprovechamiento del material vegetal fértil, el manejo adecuado del horizonte superficial	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la delimitación y conservación de las áreas destinadas a permanecer con vegetación natural; el retiro, almacenamiento y reutilización del horizonte superficial del suelo en las áreas de restauración; el rescate de material vegetal fértil y de propágulos antes del desmonte; la conservación de corredores

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	naturales de acumulación y los microhábitats que favorecen la regeneración vegetal, evitando desmontes innecesarios y movimientos de tierra fuera de las superficies autorizadas. La mitigación tiene como finalidad mantener la funcionalidad ecológica de los procesos naturales de dispersión mediante el rescate del material vegetal fértil, el manejo adecuado del horizonte superficial del suelo y el establecimiento de áreas de revegetación con especies nativas. La restauración estará dirigida a recuperar los sitios temporalmente alterados mediante la restitución del suelo fértil, la reincorporación del banco natural de semillas y el restablecimiento gradual de la cobertura vegetal.	del suelo, la protección de las áreas de regeneración natural y la restauración progresiva de los sitios temporalmente intervenidos, favoreciendo la continuidad de los procesos de sucesión ecológica. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio con la identificación de las áreas que presentan mayor acumulación natural de semillas, la delimitación de la vegetación que permanecerá sin intervenir y la programación de las actividades de desmonte fuera de los periodos de mayor fructificación y dispersión, cuando ello sea técnicamente viable. Antes de la nivelación del terreno deberá retirarse, almacenarse y conservarse el horizonte superficial del suelo, incluyendo su banco natural de semillas y microorganismos asociados, para reutilizarlo posteriormente en las áreas sujetas a restauración. Durante la preparación del sitio y la construcción se evitará la remoción innecesaria del suelo fértil, se conservarán corredores y parches de vegetación nativa que funcionen como fuentes de propágulos y se rescatará el material vegetal con frutos, semillas o estructuras reproductivas susceptibles de ser utilizado en las actividades de revegetación. Durante la operación del parque se favorecerá el desarrollo de vegetación herbácea y arbustiva nativa compatible con la infraestructura, permitiendo la recuperación gradual de los procesos naturales de dispersión y regeneración. Finalmente, durante el desmantelamiento y la restauración del sitio se reincorporará el suelo fértil previamente conservado, se promoverá la regeneración natural y, cuando resulte necesario, se complementará con la siembra o plantación de especies nativas características de la región.	y parches de vegetación remanente; la ejecución de las actividades de revegetación con especies nativas; el seguimiento periódico de las áreas restauradas; la elaboración de registros técnicos sobre el manejo del banco de semillas y la integración de reportes de supervisión ambiental que documenten la aplicación de la medida. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en las áreas restauradas; el establecimiento natural de plántulas provenientes del banco de semillas del suelo; el incremento de la regeneración natural respecto de las condiciones posteriores al desmonte; la permanencia de especies nativas en las áreas intervenidas; la conservación de la diversidad florística característica del sitio; la reducción de superficies desnudas susceptibles a erosión; la disminución de la colonización por especies exóticas o invasoras; y el mantenimiento de la conectividad ecológica entre los parches de vegetación remanente que continúan funcionando como fuentes naturales de semillas. Constituirán **signos de alerta** la remoción o pérdida del horizonte superficial del suelo; el almacenamiento inadecuado del suelo fértil que provoque la pérdida de viabilidad del banco de semillas; la eliminación de parches de vegetación previamente destinados a su conservación; la ausencia de regeneración natural en las áreas restauradas; el predominio de especies invasoras; la compactación excesiva del suelo; la erosión superficial que impida el establecimiento de plántulas; la disminución significativa de la diversidad vegetal respecto de la condición inicial; o la falta de incorporación del material vegetal rescatado en las actividades de restauración. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las técnicas de restauración, al reforzamiento de las acciones de revegetación y al establecimiento de medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad ecológica del banco de semillas y de los procesos de regeneración vegetal. Los **efectos residuales esperados** serán de **baja magnitud y carácter temporal**, ya que la interrupción parcial de los procesos naturales de

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			dispersión de semillas ocurrirá únicamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. La conservación de la vegetación remanente, el manejo adecuado del horizonte superficial del suelo y el establecimiento de áreas de restauración permitirán que los mecanismos naturales de dispersión, acumulación y germinación de semillas se restablezcan progresivamente durante la operación del proyecto. En consecuencia, se espera que las áreas no ocupadas permanentemente por la infraestructura recuperen gradualmente su capacidad de regeneración natural y continúen contribuyendo al mantenimiento de la diversidad florística, de la sucesión ecológica y de la estabilidad funcional del ecosistema regional.
18	**Impacto:** Electrocución potencial de aves.		
	Preventiva. El aislamiento, rediseño y señalización corresponden a medidas preventivas; el monitoreo representa una medida de **seguimiento y control**; la corrección de puntos con evidencia de mortalidad corresponde a **mitigación adaptativa**	**Nombre:** Establecimiento de dispositivos anticolisión y adopción de medidas de prevención. **Diseño avifauna-seguro de la línea**, asegurando separación suficiente entre conductores, crucetas y elementos aterrizados para evitar contacto simultáneo de individuos con partes energizadas. 2. **Aislamiento de elementos energizados** en puntos críticos: puentes, conectores, transformadores, bajantes, cortacircuitos y zonas potenciales de percha. 3. **Instalación de dispositivos antipercha o perchas seguras** para evitar que las aves utilicen zonas de riesgo eléctrico. 4. **Señalización visual de conductores** mediante dispositivos salvapájaros, especialmente en claros, corredores de vuelo y zonas abiertas. 5. **Monitoreo periódico de mortalidad** bajo el trazo de la línea y en estructuras de soporte. 6. **Mantenimiento preventivo** de aisladores, cubiertas, conectores y dispositivos instalados. Estas medidas son ampliamente reconocidas como las estrategias más eficaces para reducir riesgos de electrocución y colisión de avifauna en infraestructura eléctrica (APLIC, 2006)[26]. **Síntesis de la medida:** La estrategia de manejo para este impacto debe orientarse prioritariamente a la prevención de eventos de electrocución mediante un diseño eléctricamente seguro para fauna voladora, incorporando aislamiento de componentes energizados, separación adecuada entre conductores, dispositivos antipercha, señalización visual y monitoreo adaptativo. La literatura técnica especializada reconoce que la combinación de estas medidas reduce	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas propuestas forman parte de los criterios técnicos internacionalmente utilizados para minimizar riesgos de electrocución de fauna voladora en líneas eléctricas (APLIC, 2006, *op. Cit.*); *International Finance Corporation* (IFC, 2015)[27]. **Viabilidad económica**: Media-alta. Su costo es relativamente bajo cuando las medidas se incorporan desde la etapa de diseño ejecutivo y construcción inicial; el costo aumenta si deben aplicarse posteriormente como adecuaciones correctivas. **Viabilidad ambiental**: Alta. Las medidas disminuyen significativamente el riesgo de mortalidad de fauna voladora sin generar impactos ambientales secundarios relevantes. **Indicador de resultado**: Alta. Las medidas disminuyen significativamente el riesgo de mortalidad de fauna voladora sin generar impactos ambientales secundarios relevantes. **Indicador de eficiencia**: Porcentaje de estructuras críticas con aislamiento, separación segura, dispositivos antipercha o señalización instalados y funcionales; reducción anual de eventos respecto al primer periodo de monitoreo. **Signo de falla en la medida**: Registro recurrente de aves o murciélagos muertos o lesionados bajo la

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		significativamente la mortalidad de aves asociada a infraestructura eléctrica aérea (APLIC, 2006, *op. Cit.*; IFC, 2015, *op. Cit.*). Bajo condiciones adecuadas de mantenimiento y supervisión, la residualidad esperada del impacto puede mantenerse en niveles bajos	línea; presencia de perchas en puntos energizados; cubiertas aislantes dañadas; dispositivos caídos, deteriorados o mal colocados **Punto de verificación**: Inspección periódica en torres, postes, crucetas, aisladores, conectores, bajantes y claros del trazo de la línea. El monitoreo deberá concentrarse en estructuras de mayor riesgo, zonas abiertas, pasos de fauna aérea y puntos donde previamente se detecten eventos. **Efectos residuales esperados después de su aplicación**: Bajos. Aun con medidas preventivas, puede persistir un riesgo residual puntual asociado a comportamiento de vuelo, eventos climáticos, fallas de mantenimiento o presencia ocasional de especies sensibles
19	Impacto: Colisión potencial de aves en paneles fotovoltaicos.		
	Predominantemente **preventivas y de mitigación**. No se recomienda compensación como primera respuesta, salvo que el monitoreo demuestre mortalidad recurrente o afectación a especies sensibles.	**Nombre**: Adopción de diseños acordes a la prevención de efectos indeseados y medidas de protección para las aves. 1.**Uso de paneles con tratamiento antirreflejante o baja reflectancia**, para reducir destellos y señales visuales que pudieran favorecer confusión con superficies de agua o hábitats abiertos. La literatura ha identificado que algunas superficies solares pueden generar contaminación por luz polarizada, fenómeno que puede atraer o confundir fauna asociada a señales visuales de agua, por lo que la reducción de reflectancia y polarización es una medida preventiva razonable (Horváth et al., 2010; Fritz et al., 2024). 2. **Mantenimiento periódico de los módulos**, evitando acumulación de polvo, manchas o patrones visuales irregulares que incrementen contrastes o reflejos anómalos. 3. **Diseño ordenado del arreglo fotovoltaico**, evitando superficies visualmente continuas innecesariamente extensas cuando sea posible y manteniendo franjas internas de circulación y bordes vegetados controlados. 4. **Control de iluminación nocturna**, utilizando luminarias dirigidas, de baja intensidad y encendido sólo cuando sea necesario, para evitar atracción o desorientación de fauna voladora. El U.S. Fish and Wildlife Service recomienda medidas de evitación y minimización en instalaciones solares, incluyendo planeación del sitio, reducción de perturbaciones y manejo de iluminación (U.S. Fish and Wildlife Service [USFWS], s. f.). 5. **Monitoreo de mortalidad y eventos de colisión**, mediante recorridos periódicos bajo arreglos fotovoltaicos y bordes del parque, incorporando registro georreferenciado de hallazgos. El USGS señala la necesidad de diseños de	**Viabilidad técnica:** Alta. Las medidas pueden incorporarse desde el diseño, compra de equipos, operación y programa de vigilancia ambiental. El monitoreo de mortalidad en plantas solares es una práctica técnicamente viable y recomendada para reducir incertidumbre sobre interacciones avifauna–solar (Huso et al., 2016)[28]; (MACWG, 2016)[29]. **Viabilidad económica:** Media-alta. El uso de paneles antirreflejantes puede formar parte de las especificaciones técnicas de adquisición; el control de iluminación y el monitoreo representan costos operativos moderados. Su costo es menor si se integran desde el diseño ejecutivo. **Viabilidad ambiental.** Alta. Las medidas reducen el riesgo potencial de colisión sin generar impactos ambientales secundarios relevantes; además, el monitoreo permite ajustar las acciones si se detectan eventos recurrentes. **Indicador de resultado:** Número de aves muertas o lesionadas registradas por colisión por hectárea/año o por MW/año; número de eventos georreferenciados asociados a módulos fotovoltaicos. **Indicador de eficiencia**: Reducción o ausencia de eventos de colisión durante los periodos de monitoreo; porcentaje de módulos con baja reflectancia o tratamiento antirreflejante; porcentaje

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		monitoreo específicos para instalaciones solares, incluyendo aves residentes y migratorias (Huso et al., 2016). La estrategia para atender la colisión potencial de aves con paneles fotovoltaicos debe centrarse en reducir los estímulos visuales que puedan generar confusión, minimizar reflectancia y luz polarizada, controlar la iluminación nocturna, mantener adecuadamente los módulos y establecer monitoreo sistemático de mortalidad. Dado que la evidencia disponible reconoce incertidumbre sobre la magnitud real de este riesgo en instalaciones fotovoltaicas y recomienda fortalecer el monitoreo avifaunístico en plantas solares, la medida más robusta para la MIAR es preventiva, verificable y adaptativa (Huso et al., 2016, *op. Cit.*; MACWG, 2016 *op. Cit.*). Bajo estas condiciones, la residualidad esperada del impacto se mantiene en nivel **bajo**.	de luminarias dirigidas y con control de horario; cumplimiento del programa de monitoreo. **Signo de falla de la medida**: registro recurrente de aves muertas o lesionadas bajo los paneles; concentración espacial de eventos en un sector del arreglo fotovoltaico; presencia de reflejos intensos o deslumbramientos persistentes; uso innecesario de iluminación nocturna; ausencia de mantenimiento o monitoreo. **Efectos residuales esperados**: Bajos. Aun con medidas preventivas, puede persistir un riesgo residual puntual asociado a condiciones específicas de luminosidad, conducta de vuelo, especies sensibles, eventos meteorológicos o presencia ocasional de aves migratorias.
20	Impacto: Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.		
	Medida de prevención: Conservación y rescate de microhábitats durante la preparación del sitio. **Medida de mitigación:** Habilitación de refugios ecológicos y manejo de vegetación nativa para la recuperación de microambientes.	**Manejo de microhábitas y refugios ecológicos dentro del parque fotovoltaico.** **Objetivo:** evitar la eliminación total de microhábitats —rocas, hojarasca, troncos, cavidades, montículos, parches herbáceos, arbustivos y suelo desnudo funcional— y mantener microambientes con sombra, humedad, temperatura y cobertura heterogénea para fauna pequeña, reptiles, anfibios, invertebrados y flora nativa. La medida se sustenta en la jerarquía de mitigación: primero evitar, después minimizar, restaurar y compensar impactos sobre biodiversidad (Bennun et al., 2021)[30]; (IFC, 2012)[31]. En plantas fotovoltaicas, los cambios de sombra, radiación, humedad, temperatura y vegetación bajo paneles pueden modificar los microambientes locales, por lo que el manejo fino del suelo y la cobertura vegetal debe formar parte del diseño y operación (Liu et al., 2023)[32]; Wu et al., 2025)[33]. **Descripción:** previo al despalme y movimiento de tierras se realizará un micromapeo ecológico del área de obra para identificar microhábitats relevantes. Los elementos recuperables —rocas, troncos, ramas, suelo orgánico superficial, hojarasca y material vegetal muerto— deberán rescatarse y reubicarse en zonas de conservación, bordes internos, corredores biológicos, franjas entre seguidores/paneles y áreas no ocupadas por cimentaciones, caminos o zanjas. Se deberán formar **islas de refugio** con materiales naturales locales, evitando estructuras artificiales innecesarias. En operación, se mantendrá vegetación nativa de bajo porte y manejo diferenciado de siega, evitando el suelo completamente desnudo salvo donde sea	**Indicadores de cumplimiento:** 1. Plano georreferenciado de microhábitats elaborado antes de obra. 2. Porcentaje de microhábitats rescatados o conservados respecto de los identificados. 3. Número y superficie de islas de refugio instaladas. 4. Evidencia fotográfica antes-durante-después. 5. Bitácoras de supervisión ambiental. 6. Superficie con vegetación nativa manejada dentro del parque. **Indicadores de eficacia:** 1. Persistencia de cobertura vegetal nativa en franjas internas y zonas de conservación. 2. Uso de refugios por fauna pequeña registrado mediante recorridos, cámaras trampa, rastros o avistamientos. 3. Reducción de suelo desnudo, erosión y compactación fuera de áreas estrictamente operativas. 4. Presencia continua de invertebrados, reptiles, pequeños mamíferos o aves asociadas a vegetación baja. 5. Recuperación de hojarasca, materia orgánica superficial y heterogeneidad estructural del suelo.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		indispensable por seguridad, mantenimiento o riesgo de incendio. La revegetación nativa bajo y entre paneles puede reducir erosión, favorecer polinizadores y mantener funciones ecológicas del sitio, (NRCS, 2024)[34]. **Periodicidad:** una vez antes de la construcción; supervisión semanal durante desmonte, despalme y nivelación; verificación mensual durante el primer año de operación; posteriormente semestral, preferentemente al final de secas y lluvias. **Plazo de ejecución:** iniciar antes del despalme; aplicar durante toda la preparación del sitio y construcción; mantener durante toda la vida útil del proyecto.	**Signos de alerta:** pérdida acelerada de vegetación nativa; compactación visible del suelo; erosión en cárcavas o escurrimientos concentrados; mortalidad de fauna pequeña; refugios colapsados o removidos; predominio de especies exóticas/invasoras; ausencia de registros de uso de refugios después del primer ciclo anual; mantenimiento excesivo que deje el suelo desnudo. **Efectos residuales esperados:** aun con la medida, permanecerá una reducción parcial de microhábitats originales por ocupación de paneles, caminos, zanjas, subestación y cimentaciones. El efecto residual esperado será **moderado a bajo**, siempre que se mantengan corredores, islas de refugio, vegetación nativa y monitoreo adaptativo. Si el sitio contenía microhábitats críticos o especies protegidas, el efecto residual puede requerir compensación adicional fuera del polígono del proyecto.
21	**Impacto:** Transformación del ecosistema y afectación de sus servicios ecosistémicos.		
	Preventiva y mitigación	**Objetivo:** mantener la conectividad funcional y estructural del paisaje dentro y alrededor del proyecto fotovoltaico, reduciendo los efectos de fragmentación derivados de la instalación de paneles, caminos internos, cercados e infraestructura auxiliar. Asimismo, conservar la heterogeneidad ambiental mediante la protección y restauración de distintos tipos de cobertura vegetal, microhábitats y gradientes ecológicos que permitan el desplazamiento, alimentación y refugio de la fauna silvestre. La literatura científica señala que la fragmentación y simplificación estructural del paisaje disminuyen la movilidad de las especies, reducen el flujo genético y afectan la resiliencia de los ecosistemas, por lo que la conservación de corredores ecológicos constituye una de las medidas más efectivas para mantener procesos ecológicos a escala de paisaje (Hilty et al., 2020)[35]. **Descripción:** antes del inicio de las obras se realizará una evaluación de conectividad ecológica a escala local y regional para identificar corredores biológicos existentes, rutas potenciales de desplazamiento de fauna y elementos relevantes del paisaje, tales como cauces temporales, vegetación riparia, manchas de vegetación conservada, lomeríos, afloramientos rocosos y áreas con alta diversidad estructural. Con base en dicha evaluación se establecerán y conservarán **corredores ecológicos internos y**	**Indicadores de cumplimiento** 1. Estudio de conectividad ecológica elaborado y validado antes del inicio de obras. 2. Superficie (ha) destinada a corredores ecológicos y áreas de conservación dentro del predio. 3. Longitud (m o km) de corredores conservados o restaurados. 4. Porcentaje de corredores identificados que permanecen funcionales durante la construcción. 5. Número de pasos de fauna o estructuras de permeabilidad incorporadas en cercados e infraestructura. 6. Registros de mantenimiento y conservación de corredores ecológicos. 7. Evidencia fotográfica y georreferenciada de las áreas conservadas. **Indicadores de eficacia** 1. Presencia continua de fauna silvestre utilizando corredores ecológicos, documentada mediante cámaras trampa, huellas, excretas o avistamientos.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		perimetrales, integrados por vegetación nativa y conectados con hábitats naturales adyacentes. El diseño del proyecto deberá evitar la ocupación de corredores naturales identificados y mantener franjas continuas de vegetación entre bloques de paneles cuando las condiciones técnicas lo permitan. Asimismo, se conservarán áreas de vegetación natural dentro del predio para funcionar como nodos de conectividad y refugio. En los cercados perimetrales se incorporarán pasos de fauna compatibles con las especies presentes, siempre que las condiciones de seguridad lo permitan y no contravengan requisitos operativos. Durante la operación se implementará un manejo diferenciado de la vegetación que promueva una estructura heterogénea del hábitat, manteniendo mosaicos de cobertura vegetal y evitando prácticas que generen homogeneización excesiva del terreno. Estas acciones son consistentes con las recomendaciones internacionales para proyectos solares a gran escala, las cuales destacan que la conservación de corredores, manchas de vegetación nativa y elementos naturales del paisaje contribuye significativamente a reducir la pérdida de conectividad ecológica y a mantener funciones ecosistémicas (Bennun et al., 2021, *op. Cit.*); Turney & Fthenakis, 2011)[36]. **Periodicidad:** • Una vez durante la etapa de diseño ejecutivo para la delimitación de corredores y áreas de conservación. • Supervisión mensual durante las actividades de preparación del sitio y construcción. • Monitoreo semestral durante la operación. • Evaluación integral de conectividad cada tres años o cuando se realicen modificaciones sustanciales al proyecto. **Plazo de ejecución:** desde la fase de planeación y diseño del proyecto, durante toda la construcción y a lo largo de la vida útil de la planta fotovoltaica.	2. Mantenimiento o incremento de la riqueza de especies registradas en las áreas de conectividad. 3. Permanencia de cobertura vegetal nativa en corredores y nodos de conectividad. 4. Ausencia de barreras físicas que impidan el desplazamiento de especies objetivo. 5. Reducción de señales de aislamiento ecológico entre parches de vegetación natural. 6. Conservación de la estructura de mosaico del paisaje observada mediante monitoreo espacial o análisis de imágenes satelitales. **Signos de alerta** • Interrupción física de corredores previamente identificados. • Pérdida significativa de cobertura vegetal en franjas de conectividad. • Mortalidad recurrente de fauna asociada a cercados, caminos o infraestructura. • Disminución sostenida en los registros de fauna dentro de corredores ecológicos. • Incremento de especies invasoras que sustituyan la vegetación nativa. • Formación de áreas extensas de vegetación homogénea o suelo desnudo. • Evidencia de erosión, compactación o degradación de las áreas destinadas a conectividad. Aislamiento visible entre manchas de vegetación remanente **Efectos residuales esperados** Aun aplicando la medida, se prevé una reducción parcial de la conectividad original debido a la ocupación permanente del terreno por infraestructura fotovoltaica, caminos internos y áreas de servicios. También persistirá cierto grado de simplificación estructural del paisaje respecto a las condiciones previas al proyecto. Sin embargo, mediante la conservación de corredores ecológicos, nodos de hábitat y vegetación nativa, el efecto residual esperado se considera **compatible y de magnitud baja a moderada**, manteniéndose la

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			funcionalidad ecológica del paisaje para la mayoría de las especies con requerimientos de movilidad local y regional. En el caso de especies altamente sensibles a la fragmentación o con amplios rangos de desplazamiento, podrían requerirse medidas complementarias de restauración o compensación fuera del área del proyecto (Hilty et al., 2020, *op. Cit.*; Bennett et al., 2006, *op. Cit.*).
	Medida de mitigación: restauración progresiva de la cobertura vegetal nativa y manejo ecológico de la vegetación.	**Nombre:** Programa de revegetación y manejo adaptativo de flora nativa. **Objetivo:** disminuir la reducción de riqueza, abundancia y tamaño poblacional de la flora mediante la recuperación progresiva de la cobertura vegetal en áreas temporalmente afectadas, promoviendo el establecimiento de especies nativas representativas del ecosistema y manteniendo procesos ecológicos esenciales como dispersión de semillas, polinización y regeneración natural. Diversos estudios han demostrado que la revegetación con especies nativas incrementa la diversidad vegetal y mejora la resiliencia ecológica en proyectos de infraestructura energética (Cook & McCuen, 2013)[37]; (Hernández *et al*., 2014)[38]. **Descripción:** una vez concluidas las actividades constructivas, todas las áreas temporalmente perturbadas que no formen parte de la infraestructura permanente serán rehabilitadas mediante la restitución de suelo orgánico previamente acopiado y la revegetación con especies nativas procedentes de material genético local. Se priorizarán especies características de la comunidad vegetal original y aquellas que contribuyan a la recuperación de la estructura y composición del ecosistema. Durante la operación se implementará un manejo diferenciado de la vegetación, evitando la eliminación total de la cobertura vegetal entre paneles y favoreciendo la regeneración natural controlada. La medida incluirá monitoreo periódico para evaluar supervivencia, cobertura y diversidad florística, aplicando acciones correctivas cuando sea necesario. **Periodicidad** • Revegetación inmediatamente después de concluir las obras en cada frente de trabajo. • Monitoreo trimestral durante los primeros dos años. • Monitoreo semestral durante el resto de la vida útil del proyecto.	**Indicadores de cumplimiento** 1. Superficie revegetada respecto a la superficie temporalmente afectada. 2. Número de individuos plantados por especie. 3. Cantidad de suelo orgánico recuperado y reutilizado. 4. Registros de mantenimiento y reposición de individuos. **Indicadores de eficacia** 1. Porcentaje de supervivencia de plantas establecidas. 2. Cobertura vegetal alcanzada respecto a la condición de referencia. 3. Incremento de la riqueza de especies nativas en áreas rehabilitadas. 4. Evidencia de regeneración natural y reclutamiento de nuevos individuos. 5. Recuperación de la composición florística característica del ecosistema. **Signos de alerta** • Supervivencia inferior al 70 % durante el primer año. • Presencia dominante de especies invasoras o ruderales. • Erosión del suelo en áreas revegetadas. • Ausencia de regeneración natural después de dos ciclos de lluvias. • Reducción continua de la cobertura vegetal establecida. **Efectos residuales esperados** Aun con la aplicación de la medida, algunas especies de crecimiento lento, distribución restringida o baja capacidad de dispersión podrían tardar varios años o décadas en recuperar sus poblaciones originales. Por

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		Plazo de ejecución Desde la finalización de las actividades constructivas y durante toda la etapa operativa.	ello, se prevé una disminución residual de baja a moderada en la abundancia y estructura poblacional de ciertas especies, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos donde la dinámica de recuperación natural es lenta. No obstante, se espera mantener la funcionalidad ecológica general de la comunidad vegetal y favorecer su recuperación progresiva.
22	**Impacto:** Generación y manejo inadecuado de residuos.		
	El impacto comprende la generación de **residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos** durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, así como durante la culminación de la vida útil, desmantelamiento y restauración del área. Su manifestación ambiental puede involucrar contaminación del suelo y del agua, dispersión de residuos por viento, afectación visual, atracción de fauna oportunista, exposición del personal a materiales peligrosos y generación de pasivos ambientales. La estrategia de atención debe ser prioritariamente preventiva, complementada con medidas de mitigación y restauración cuando se presenten desviaciones, derrames, disposición inadecuada o contaminación puntual.		
	Prevención: Constituye el enfoque principal. Comprende la reducción en la fuente, separación, identificación, almacenamiento temporal seguro, capacitación, trazabilidad y entrega a prestadores autorizados. **Mitigación:** Se aplica cuando se generan residuos de manera inevitable o se presentan desviaciones menores, mediante recolección inmediata, limpieza, confinamiento, recuperación de materiales y corrección de prácticas operativas. **Compensación:** No se considera una medida ordinaria aplicable a este impacto. Solo procedería de manera excepcional si se acredita una afectación ambiental irreversible que no pueda prevenirse, mitigarse o restaurarse directamente. **Restauración:** Se aplicará cuando exista contaminación puntual del suelo, dispersión de residuos, derrames, abandono de materiales o afectación física de áreas utilizadas para almacenamiento temporal.	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Prevención y el Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos. **Objetivo:** Prevenir la contaminación y el deterioro de la calidad ambiental derivados de la generación y manejo de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos, residuos vegetales, residuos de construcción, embalajes, componentes eléctricos y electrónicos, módulos fotovoltaicos dañados, baterías y demás materiales fuera de uso. Para ello se establecerán procedimientos de reducción en la fuente, separación desde el punto de generación, identificación, almacenamiento temporal, recolección, valorización, transporte y disposición final, asegurando en todo momento su trazabilidad documental. La medida deberá iniciar antes de la preparación del sitio y mantenerse durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, culminación de la vida útil, desmantelamiento y restauración final. Antes del inicio de las obras se deberán definir responsables, identificar las corrientes de residuos, habilitar contenedores y áreas de almacenamiento, establecer procedimientos de atención a derrames y capacitar al personal. Durante la preparación del sitio y construcción, la supervisión deberá ser continua, con inspecciones frecuentes en frentes de obra y áreas de almacenamiento. En operación y mantenimiento, el control deberá mantenerse de manera permanente y reforzarse durante mantenimientos mayores, sustitución de equipos y manejo de componentes eléctricos o baterías. Durante el desmantelamiento se deberá llevar un inventario de equipos,	**Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados** Los principales **indicadores de cumplimiento** serán la existencia y aplicación del programa de manejo de residuos; la designación de un responsable ambiental; la capacitación del personal; la disponibilidad de recipientes suficientes, identificados y compatibles con cada tipo de residuo; la separación correcta de residuos; la habilitación de áreas de almacenamiento temporal; la actualización de bitácoras de generación y movimiento; la entrega de residuos a prestadores o sitios autorizados; la disponibilidad de manifiestos, recibos, certificados o comprobantes de destino; la atención documentada de derrames e incidentes; y la liberación ambiental de cada frente de trabajo sin residuos dispersos, materiales abandonados o suelos contaminados. Los **indicadores de eficacia** serán el porcentaje de residuos correctamente separados; el porcentaje de residuos con destino final documentado; la proporción de residuos reutilizados, reciclados o valorizados; el número de eventos de disposición inadecuada; el número de derrames no atendidos; el tiempo de respuesta ante incidentes; el porcentaje de sitios afectados que hayan sido limpiados y restaurados; la ausencia de residuos en áreas liberadas; la inexistencia de quejas fundadas relacionadas con el manejo de residuos; y la

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
		materiales y residuos retirados, diferenciando aquellos susceptibles de reutilización, reciclaje, devolución al fabricante o disposición especializada. Al cierre, deberán verificarse la limpieza integral del sitio, la ausencia de residuos abandonados y la restauración de las áreas utilizadas para almacenamiento o manejo.	reducción progresiva de desviaciones detectadas durante las inspecciones ambientales. Los **signos de alerta** comprenderán la presencia de recipientes saturados, abiertos, dañados o sin identificación; mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos; residuos dispersos en caminos, frentes de obra o áreas con vegetación; almacenamiento directo sobre suelo natural; presencia de manchas, lixiviados, olores o escurrimientos; derrames sin contención; ausencia de comprobantes de recolección o disposición; permanencia prolongada de residuos; quema, entierro o abandono de materiales; módulos, baterías o equipos eléctricos sin destino definido; presencia recurrente de fauna oportunista; falta de equipo de protección personal; o residuos remanentes después de concluir los trabajos. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá generar una no conformidad ambiental y la aplicación inmediata de acciones correctivas. Los **efectos residuales esperados** serán bajos, localizados y controlables. La generación de residuos no puede eliminarse por completo, ya que es inherente a las actividades de construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento; sin embargo, su manejo adecuado evitará que se traduzca en contaminación persistente o en la formación de pasivos ambientales. Como efectos residuales previsibles podrán mantenerse únicamente la generación periódica de residuos ordinarios, empaques, piezas sustituidas, componentes eléctricos, módulos dañados y residuos peligrosos derivados del mantenimiento, así como el almacenamiento temporal previo a su retiro. Al finalizar cada etapa y, particularmente, después del desmantelamiento, no deberán permanecer residuos abandonados, materiales peligrosos, suelos contaminados sin atender ni equipos sin destino documentado.
MPMCyR para IMPACTOS SIGNIFICATIVOS con efectos concurrentes			
	Impacto principal: Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna.		

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	Expresión concurrente en paisaje: La fragmentación del hábitat implica concurrentemente una **fragmentación del paisaje**, al romperse la continuidad espacial del mosaico ambiental y generarse una configuración más compartimentada entre áreas intervenidas, infraestructura, cercos y remanentes de vegetación. No se trata sólo de una alteración visual, sino de una modificación de la **estructura espacial del territorio**		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la pérdida y fragmentación del hábitat constituye uno de los impactos ecológicos de mayor relevancia para el establecimiento de un parque fotovoltaico y presenta efectos concurrentes sobre la composición, distribución, movilidad y permanencia de las poblaciones de fauna silvestre. La prevención se orienta a reducir al mínimo la superficie de hábitat transformada mediante la optimización del diseño del proyecto, la conservación de áreas naturales remanentes y la delimitación estricta de las superficies de intervención. La mitigación tiene como propósito mantener la conectividad ecológica del paisaje mediante corredores biológicos, pasos de fauna, revegetación perimetral, conservación de microhábitats y control de las actividades constructivas. La restauración estará dirigida a recuperar las áreas temporalmente afectadas y favorecer el restablecimiento progresivo de la estructura y funcionalidad del hábitat. La compensación comprenderá la ejecución de acciones de restauración ecológica e interconexión de microhábitats en superficies que contribuyan a mantener la funcionalidad ecológica del paisaje y la disponibilidad regional de hábitat para la fauna.	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación, Restauración e Interconectividad del Hábitat de la Fauna Silvestre. **Objetivo:** Reducir la pérdida y fragmentación del hábitat ocasionadas por el establecimiento del parque fotovoltaico, manteniendo la conectividad funcional del paisaje mediante la conservación de parches de vegetación nativa, el establecimiento de corredores biológicos, la instalación de pasos de fauna, la protección de microhábitats, la restauración de áreas temporalmente intervenidas y la implementación de acciones de compensación ecológica que favorezcan la permanencia y movilidad de las poblaciones de fauna silvestre durante todas las etapas del proyecto. La medida deberá implementarse desde la fase previa a la preparación del sitio mediante la delimitación de las áreas de conservación, la identificación de corredores naturales de desplazamiento y de sitios con alta importancia para la fauna, así como la definición de las áreas destinadas a restauración e interconexión ecológica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá la remoción de vegetación exclusivamente a las superficies autorizadas, se conservarán los parches de vegetación remanente, se instalarán pasos de fauna en el cercado perimetral, se establecerán corredores biológicos y barreras vivas que favorezcan el desplazamiento de especies terrestres, y se evitará el aislamiento de microhábitats mediante una adecuada distribución de la infraestructura. Paralelamente se desarrollarán las actividades del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservarán las áreas destinadas a conectividad ecológica, se dará mantenimiento a los pasos de fauna, se controlará el crecimiento de vegetación únicamente cuando interfiera con la infraestructura y se monitoreará periódicamente el uso del hábitat por las especies de fauna. Al finalizar la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura permanente, favoreciendo el restablecimiento de la continuidad del hábitat y de los procesos ecológicos asociados.	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la conservación íntegra de las áreas de exclusión y de los parches de vegetación definidos para permanecer durante la vida útil del proyecto; la construcción y mantenimiento de los corredores biológicos previstos en el diseño ambiental; la instalación y funcionamiento de la totalidad de los pasos de fauna contemplados en el proyecto; el establecimiento de las áreas de revegetación e interconexión de microhábitats; la ejecución del Programa de Reforestación y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna; la realización de monitoreos periódicos sobre el uso del hábitat y la conectividad; el mantenimiento de las barreras vivas y la integración de reportes técnicos y evidencia fotográfica que documenten la conservación y restauración del hábitat. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia de la conectividad funcional entre los parches de vegetación remanente; el uso documentado de los pasos de fauna por especies silvestres; la continuidad de los desplazamientos de fauna entre los diferentes sectores del predio; la permanencia o recuperación de la riqueza y composición de especies registrada durante el monitoreo; la reducción de eventos de mortalidad asociados al cercado o a la infraestructura; el establecimiento exitoso de la vegetación utilizada para restauración e interconexión; la disminución de áreas completamente aisladas dentro del predio; la conservación de microhábitats utilizados para refugio, alimentación y reproducción; y la recuperación progresiva de la funcionalidad ecológica del paisaje durante la operación del proyecto. Constituirán **signos de alerta** la interrupción de corredores naturales de desplazamiento; la obstrucción o deterioro de los pasos de fauna; la pérdida de vegetación dentro de las áreas destinadas a conservación; el aislamiento de

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			parches remanentes de vegetación; la disminución significativa en los registros de fauna durante el monitoreo; el incremento de atropellamientos o mortalidad de fauna; la presencia de cercados que impidan completamente el movimiento de especies terrestres; el deterioro de las áreas restauradas; la pérdida de conectividad entre microhábitats; la colonización por especies invasoras que modifiquen la estructura del hábitat; o cualquier evidencia de abandono de las acciones de mantenimiento de los corredores biológicos. La detección de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las medidas de conectividad, la rehabilitación de los pasos de fauna, el reforzamiento de las acciones de restauración y la aplicación de medidas correctivas que permitan recuperar la funcionalidad ecológica del hábitat. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la pérdida permanente del hábitat estrictamente ocupada por la infraestructura del parque fotovoltaico y a una fragmentación parcial del paisaje derivada de la transformación del uso del suelo. Sin embargo, la aplicación conjunta del Programa Integral para la Conservación, Restauración e Interconectividad del Hábitat, del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y del Programa de Protección de Fauna Voladora permitirá reducir significativamente la magnitud de este impacto, manteniendo la conectividad funcional entre los fragmentos de vegetación remanente y favoreciendo la movilidad, alimentación, refugio y reproducción de la fauna silvestre. En consecuencia, aunque persistirá una modificación permanente de una porción del hábitat originalmente disponible, se espera conservar la funcionalidad ecológica del paisaje, minimizar el aislamiento de las poblaciones de fauna y mantener la viabilidad de las especies presentes en el área de influencia del proyecto mediante la continuidad de los procesos ecológicos esenciales.
	Impacto principal: *Reducción de heterogeneidad ambiental y conectividad funcional del paisaje.*. Expresión concurrente en paisaje: Aquí la dimensión paisajística es todavía más explícita: la reducción de heterogeneidad implica una **homogeneización del paisaje**, con pérdida de contrastes ecológicos, simplificación del patrón espacial y menor disponibilidad de unidades ambientales complementarias		

	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la reducción de la heterogeneidad ambiental y de la conectividad funcional del paisaje constituye un impacto ecológico de carácter concurrente que repercute simultáneamente sobre la flora, la fauna, los procesos de dispersión biológica, la disponibilidad de microhábitats y el funcionamiento integral del ecosistema. La prevención se orienta a conservar la mayor diversidad posible de ambientes naturales dentro y alrededor del área del proyecto, evitando la homogenización del paisaje mediante un diseño ambientalmente compatible con la estructura ecológica existente. La mitigación comprende el establecimiento de corredores biológicos, áreas de amortiguamiento, revegetación con especies nativas, conservación de microhábitats y mantenimiento de elementos del paisaje que favorezcan la movilidad de organismos y la continuidad de los procesos ecológicos. La restauración permitirá recuperar gradualmente la diversidad estructural y funcional de las áreas temporalmente alteradas, mientras que la compensación consistirá en la ejecución de acciones de restauración ecológica e interconexión de hábitats que incrementen la heterogeneidad ambiental a escala local y regional.	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación de la Heterogeneidad Ambiental y el Fortalecimiento de la Conectividad Funcional del Paisaje. **Objetivo:** Mantener y fortalecer la diversidad estructural y funcional del paisaje dentro del área de influencia del proyecto mediante la conservación de parches de vegetación nativa, la protección de microhábitats, el establecimiento de corredores biológicos y barreras vivas, la restauración ecológica de áreas temporalmente afectadas y la implementación de medidas de compensación ambiental que favorezcan la continuidad de los procesos ecológicos, el intercambio biológico y la movilidad de las especies de flora y fauna silvestres. La medida deberá iniciar durante la fase de planeación del proyecto con la identificación cartográfica de los elementos del paisaje que presentan mayor importancia ecológica, incluyendo parches de vegetación remanente, corredores naturales, depresiones temporales, áreas de regeneración natural y microhábitats relevantes para la fauna y la flora. Antes del inicio de la preparación del sitio deberán delimitarse físicamente las áreas destinadas a conservación y conectividad ecológica, incorporándolas al sistema de manejo ambiental del proyecto. Durante la preparación del sitio y la construcción se limitará la remoción de vegetación exclusivamente a las superficies autorizadas, se conservarán los elementos naturales que favorezcan la heterogeneidad ambiental, se establecerán corredores de vegetación e interconexión de microhábitats, se instalarán pasos de fauna y se ejecutarán las acciones previstas en los programas de reforestación, restauración ecológica y rescate de flora y fauna. Durante la operación y mantenimiento se conservarán permanentemente las áreas destinadas a conectividad ecológica, se dará mantenimiento a la vegetación establecida, se controlarán especies invasoras y se monitoreará periódicamente la funcionalidad de los corredores biológicos y el uso del paisaje por la fauna silvestre. Al concluir la vida útil del proyecto se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura, favoreciendo la recuperación de la heterogeneidad ambiental y la reincorporación gradual de los procesos ecológicos propios del ecosistema.	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la conservación de la totalidad de los parches de vegetación destinados a permanecer durante la vida útil del proyecto; el establecimiento de los corredores biológicos e interconexiones de microhábitats previstos en el diseño ambiental; la instalación y mantenimiento de los pasos de fauna; la ejecución de las acciones de revegetación con especies nativas; la conservación de elementos naturales del paisaje, tales como cercas vivas, islotes de vegetación, depresiones temporales y áreas de regeneración natural; la aplicación de los programas de restauración ecológica y reforestación; la realización de monitoreos periódicos sobre la funcionalidad del paisaje; y la integración de informes técnicos que documenten el mantenimiento de la conectividad ecológica durante todas las etapas del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia de la conectividad funcional entre los diferentes parches de vegetación; el uso comprobado de corredores biológicos y pasos de fauna por especies silvestres; la conservación o recuperación de la diversidad de microhábitats presentes en el predio; el mantenimiento de la riqueza y composición de especies de flora y fauna registradas durante el monitoreo; la reducción del aislamiento entre fragmentos de vegetación; la recuperación progresiva de la estructura vegetal en las áreas restauradas; el incremento de la cobertura vegetal nativa en las zonas de interconexión; la disminución de procesos erosivos asociados a la simplificación del paisaje; y el mantenimiento de procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la polinización y el desplazamiento de fauna entre los diferentes ambientes presentes en el área de influencia. Constituirán **signos de alerta** la desaparición o degradación de corredores biológicos; el aislamiento de parches de vegetación previamente conectados; la pérdida de microhábitats utilizados por la fauna; la disminución significativa de la riqueza de especies durante los monitoreos; el deterioro de las áreas reforestadas; la mortalidad elevada de la vegetación utilizada para restauración; la presencia dominante de especies exóticas invasoras; la interrupción del funcionamiento de los pasos de fauna; el incremento de áreas desnudas o erosionadas; la reducción en

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			el uso de los corredores ecológicos por parte de la fauna; o cualquier modificación del paisaje que disminuya su diversidad estructural y funcional respecto del diseño ambiental autorizado. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata del programa de restauración e interconectividad, al reforzamiento de las acciones de revegetación y mantenimiento y a la aplicación de medidas correctivas orientadas a restablecer la funcionalidad ecológica del paisaje. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a una disminución permanente de la heterogeneidad ambiental únicamente en las superficies ocupadas por la infraestructura del parque fotovoltaico. No obstante, la aplicación coordinada del Programa Integral para la Conservación de la Heterogeneidad Ambiental y el Fortalecimiento de la Conectividad Funcional del Paisaje, conjuntamente con el Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y el Programa de Protección de Fauna Voladora, permitirá mantener una matriz paisajística funcional, con suficiente diversidad de ambientes para sostener los principales procesos ecológicos del sitio. En consecuencia, aunque persistirá una simplificación parcial del paisaje asociada a la ocupación permanente del terreno, se espera conservar la conectividad ecológica regional, favorecer el intercambio biológico entre poblaciones silvestres y mantener la resiliencia del ecosistema frente a las modificaciones inducidas por el proyecto.
	Impacto principal: *Pérdida de microhábitats y alteración de microambientes.* Expresión concurrente en paisaje: En escala fina, este impacto se expresa como una **simplificación del paisaje de detalle**, es decir, pérdida de rugosidad ecológica, de pequeños refugios y de variación microambiental. No es un paisaje panorámico, sino un paisaje ecológico de microescala.		
	La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y, de manera complementaria, **compensación**, debido a que la pérdida de microhábitats y la alteración de microambientes constituyen un impacto concurrente que repercute sobre múltiples componentes del ecosistema, incluyendo la flora, la fauna, los procesos de refugio, alimentación,	**Nombre de la medida:** Programa para la Conservación, Restauración y Enriquecimiento de Microhábitats y Microambientes Naturales. **Objetivo:** Conservar y recuperar la diversidad de microhábitats presentes en el área del proyecto, manteniendo las condiciones ambientales que permiten el establecimiento, refugio, alimentación, reproducción y	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la identificación y delimitación de los microhábitats relevantes antes del inicio de las obras; la conservación de los elementos naturales

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	reproducción, termorregulación, dispersión de semillas y reciclaje de nutrientes. La prevención se orienta a conservar, siempre que sea técnicamente posible, los elementos físicos y biológicos que conforman los microhábitats existentes, tales como árboles aislados, arbustos, afloramientos rocosos, troncos caídos, acumulaciones naturales de materia orgánica, depresiones temporales, pequeños cauces, madrigueras y otros sitios utilizados por la fauna. La mitigación comprende el rescate y reubicación de elementos estructurales del hábitat, el establecimiento de nuevos microhábitats mediante revegetación y acondicionamiento ambiental, así como la reducción de las perturbaciones ocasionadas por las actividades constructivas. La restauración permitirá recuperar progresivamente la diversidad de microambientes en las áreas temporalmente alteradas mediante la restitución del suelo fértil, la revegetación con especies nativas y la reconstrucción de elementos que favorezcan el establecimiento de comunidades vegetales y faunísticas. La compensación consistirá en fortalecer la disponibilidad regional de microhábitats mediante acciones de restauración ecológica e interconexión de áreas naturales.	desplazamiento de la flora y la fauna silvestres, mediante la protección de elementos naturales del paisaje, el rescate de componentes estructurales del hábitat, la restauración ecológica de áreas temporalmente afectadas y el establecimiento de nuevos microhábitats compatibles con la operación del parque fotovoltaico. La medida deberá implementarse desde la etapa previa a la preparación del sitio mediante la identificación y delimitación de los microhábitats de mayor importancia ecológica, incluyendo refugios naturales, acumulaciones de roca, árboles con cavidades, vegetación densa, depresiones temporales, áreas con acumulación de hojarasca y otros elementos utilizados por la fauna silvestre. Antes del inicio de las actividades de desmonte se realizará el rescate o conservación de aquellos elementos que puedan mantenerse dentro del diseño del proyecto o reubicarse en áreas destinadas a conservación. Durante la preparación del sitio y la construcción se limitará estrictamente la remoción de vegetación y del horizonte superficial del suelo a las áreas autorizadas, se conservarán los elementos naturales que no interfieran con la infraestructura, se reutilizarán troncos, ramas, rocas y otros materiales naturales para conformar refugios y microhábitats en las áreas de restauración, y se ejecutarán las acciones previstas en los programas de rescate de flora y fauna, reforestación e interconexión de microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservarán las áreas destinadas a restauración ecológica, se dará mantenimiento a la vegetación establecida, se evitará la eliminación innecesaria de refugios naturales y se monitoreará periódicamente el uso de los microhábitats por las especies de fauna. Al concluir la vida útil del proyecto se restaurarán integralmente las superficies ocupadas por la infraestructura, favoreciendo el restablecimiento de la diversidad estructural del ecosistema y de las condiciones microambientales originales.	previamente seleccionados; el rescate y reubicación de componentes estructurales del hábitat cuando resulte técnicamente viable; la reutilización del suelo fértil, troncos, rocas y materia orgánica en las áreas de restauración; el establecimiento de microhábitats artificiales compatibles con las condiciones ecológicas del sitio; la ejecución de las actividades previstas en los programas de reforestación, restauración e interconexión de microhábitats; la realización de monitoreos periódicos sobre la utilización de estos espacios por la fauna; y la integración de informes técnicos que documenten el estado y evolución de los microhábitats conservados y restaurados. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la permanencia o recuperación de refugios naturales utilizados por la fauna; el establecimiento exitoso de la vegetación en las áreas restauradas; la utilización comprobada de los microhábitats restaurados por especies de anfibios, reptiles, mamíferos, aves e invertebrados; la recuperación de las condiciones de humedad, sombra y cobertura vegetal características de los microambientes originales; la conservación de la diversidad estructural del suelo y de la vegetación; la reducción de áreas completamente desprovistas de refugio; la permanencia de procesos ecológicos asociados a la descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes; y la recuperación progresiva de la complejidad ecológica del sitio mediante la formación de nuevos refugios y ambientes funcionales. Constituirán **signos de alerta** la eliminación de elementos naturales previamente destinados a conservación; la pérdida de refugios utilizados por la fauna; la compactación excesiva del suelo que impida la recuperación de los microambientes; la ausencia de regeneración vegetal en las áreas restauradas; la desaparición de hojarasca o materia orgánica superficial; el deterioro de los microhábitats construidos durante la restauración; la disminución significativa en los registros de fauna asociada a estos ambientes; la colonización por especies invasoras; la erosión que elimine los elementos estructurales del hábitat; o cualquier modificación que reduzca la diversidad física y biológica de los

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			microambientes respecto de las condiciones previstas en el diseño ambiental. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la revisión inmediata de las acciones de restauración, al reforzamiento de las medidas de revegetación y enriquecimiento ambiental y a la aplicación de medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad ecológica de los microhábitats. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la pérdida permanente de una parte de los microhábitats localizados en las superficies ocupadas por la infraestructura del parque fotovoltaico. No obstante, la aplicación conjunta del Programa para la Conservación, Restauración y Enriquecimiento de Microhábitats y Microambientes Naturales, del Programa de Reforestación e Interconexión de Microhábitats, del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna permitirá conservar una proporción importante de la diversidad estructural del sitio y generar nuevos espacios funcionales para la fauna y la flora. En consecuencia, aunque persistirá una reducción localizada de algunos microambientes originales, se espera mantener la disponibilidad regional de refugios, áreas de alimentación y sitios de reproducción, favoreciendo la resiliencia del ecosistema y la continuidad de los procesos ecológicos asociados a la dinámica natural del paisaje.
	Impacto principal: *Transformación de ecosistema y afectación de servicios ecosistémicos.* Expresión concurrente en paisaje: Este impacto-síntesis tiene una expresión concurrente clara en paisaje: la **transformación integral del carácter territorial y ecológico del sitio**, con modificación de composición, configuración y funcionamiento del sistema ambiental visible y funcionalmente perceptible.		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta integra acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, debido a que la transformación del ecosistema y la consecuente afectación de sus servicios ecosistémicos constituyen un impacto ambiental de carácter estratégico, cuyos efectos concurren sobre los componentes bióticos, abióticos y socioecológicos del territorio. La prevención se orienta a minimizar la transformación del ecosistema mediante la optimización del diseño del proyecto, la reducción de la	**Nombre de la medida:** Programa Integral para la Conservación de la Funcionalidad Ecosistémica y de los Servicios Ecosistémicos. **Objetivo:** Mantener la funcionalidad ecológica del ecosistema y conservar la mayor capacidad posible de provisión, regulación, soporte y valor cultural de los servicios ecosistémicos presentes en el área del proyecto, mediante la conservación de la vegetación remanente, la protección del suelo y de los procesos hidrológicos, la restauración ecológica de áreas temporalmente intervenidas, la	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la conservación de las áreas destinadas a protección ecológica; la ejecución de los programas de reforestación, restauración ecológica e interconexión de microhábitats; la implementación de medidas de conservación de suelo y agua; la protección de corredores biológicos y vegetación

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	superficie intervenida, la conservación de áreas con vegetación natural y la protección de los elementos ecológicos que mantienen la funcionalidad del sistema. La mitigación comprende el mantenimiento de corredores biológicos, la conservación de procesos ecológicos, el manejo adecuado del suelo, la revegetación con especies nativas y la implementación de prácticas de manejo ambiental compatibles con la permanencia de los servicios ecosistémicos. La restauración tiene como finalidad recuperar la funcionalidad ecológica de las áreas temporalmente afectadas mediante acciones de rehabilitación ambiental y revegetación progresiva. La compensación estará dirigida a incrementar la capacidad ecológica del paisaje mediante programas de restauración, reforestación e interconexión de microhábitats que contribuyan a mantener los servicios ecosistémicos a escala local y regional.	interconexión de microhábitats y la aplicación de medidas de compensación ambiental que favorezcan la resiliencia del paisaje. La medida deberá iniciar desde la etapa de planeación mediante la incorporación de criterios de conservación ecológica en el diseño del proyecto, privilegiando el aprovechamiento de áreas previamente transformadas y evitando la intervención innecesaria de elementos ambientales relevantes. Antes del inicio de la preparación del sitio deberán delimitarse las áreas destinadas a conservación, corredores biológicos, zonas de amortiguamiento y superficies sujetas a restauración ecológica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá la remoción de vegetación a las superficies estrictamente autorizadas, se conservará el horizonte superficial del suelo, se implementarán medidas para controlar la erosión y la escorrentía, se protegerán los microhábitats y se ejecutarán de manera coordinada los programas de rescate de flora y fauna, reforestación, manejo integral del suelo, gestión hídrica e interconexión de microhábitats. Durante la operación y mantenimiento se conservará la cobertura vegetal compatible con la infraestructura, se dará mantenimiento permanente a las áreas restauradas, se favorecerá la regeneración natural, se evitará el uso innecesario de agroquímicos y se monitoreará periódicamente la evolución de los principales servicios ecosistémicos asociados al suelo, la vegetación, la fauna y el funcionamiento hidrológico. Finalmente, durante el desmantelamiento se restaurarán las áreas ocupadas por la infraestructura para favorecer el restablecimiento de la estructura, composición y funcionalidad del ecosistema.	remanente; el mantenimiento de la cobertura vegetal compatible con el proyecto; la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna; el monitoreo periódico de la condición de la vegetación, del suelo, de la fauna y de los procesos hidrológicos; así como la integración de informes técnicos que documenten la evolución de los principales servicios ecosistémicos presentes en el área de influencia. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la conservación de la cobertura vegetal remanente; la recuperación progresiva de la vegetación en las áreas restauradas; la disminución de procesos erosivos; el mantenimiento de la capacidad de infiltración del suelo; la estabilidad de los procesos de escorrentía superficial; la permanencia de la diversidad de flora y fauna registrada durante el monitoreo; el funcionamiento continuo de los corredores biológicos; la conservación de la fertilidad y estructura del suelo; la recuperación de la regeneración natural; el mantenimiento de los servicios de regulación hidrológica, captura de carbono, conservación del suelo, polinización, dispersión de semillas y provisión de hábitat; así como la permanencia de la calidad paisajística y de la resiliencia ecológica del sistema. Constituirán **signos de alerta** la pérdida progresiva de cobertura vegetal fuera de las áreas autorizadas; el deterioro de las áreas restauradas; el incremento de procesos erosivos o de escurrimientos concentrados; la disminución significativa de la infiltración del agua; la compactación generalizada del suelo; la reducción en la diversidad de especies de flora o fauna; la interrupción de los corredores ecológicos; la presencia dominante de especies invasoras; la degradación de los microhábitats; la disminución en la regeneración natural; el deterioro de la calidad del suelo o de la vegetación; o cualquier evidencia de disminución significativa en la capacidad del ecosistema para mantener sus funciones ecológicas. La presencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la revisión inmediata de las medidas de manejo ambiental, el reforzamiento de las acciones de restauración y reforestación, así como la implementación de

Medidas[4/] a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			medidas correctivas orientadas a recuperar la funcionalidad del ecosistema y los servicios ecosistémicos afectados. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la transformación permanente del ecosistema exclusivamente en la superficie ocupada por la infraestructura del parque fotovoltaico y a la disminución parcial de algunos servicios ecosistémicos asociados a dicha superficie, particularmente los relacionados con la provisión de hábitat y la producción primaria. Sin embargo, la aplicación integral del Programa para la Conservación de la Funcionalidad Ecosistémica y de los Servicios Ecosistémicos, en coordinación con los programas de manejo de suelos, gestión hídrica, reforestación e interconexión de microhábitats, rescate de flora y fauna, y vigilancia ambiental, permitirá conservar la mayor parte de las funciones ecológicas del paisaje, mantener los servicios de regulación ambiental, favorecer la continuidad de los procesos ecológicos y fortalecer la capacidad de resiliencia del ecosistema. En consecuencia, aunque persistirá una transformación permanente del uso del suelo en el área ocupada por el proyecto, la funcionalidad ecológica regional y la provisión de los principales servicios ecosistémicos se mantendrán en niveles compatibles con la conservación del entorno y con la operación ambientalmente responsable del parque fotovoltaico.
	Impacto principal: Sustitución de suelo agrícola derivado de la implementación y operación del proyecto. Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: Este impacto tiene una concurrencia social clara porque implica la **sustitución de una función productiva del territorio**. Aunque el receptor principal sea el suelo, su dimensión concurrente se expresa en la reorganización del uso del espacio, la modificación de la función económica del predio y la posible alteración de la lógica local de aprovechamiento		
	Tipo de medida propuesta La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y **compensación**, considerando que la sustitución de suelo agrícola constituye un impacto permanente asociado al cambio de uso del terreno durante la vida útil del proyecto. La prevención se orienta a minimizar la ocupación de superficies agrícolas mediante un diseño que optimice la distribución de la infraestructura y limite la intervención exclusivamente a las áreas indispensables para el funcionamiento del parque fotovoltaico. La mitigación	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa para la Conservación de la Aptitud Agroecológica del Suelo y Manejo Sustentable de las Superficies Agrícolas. **Objetivo:** Minimizar la pérdida de funcionalidad de los suelos agrícolas ocupados por el proyecto, conservando sus propiedades físicas, químicas y biológicas durante la vida útil del parque fotovoltaico, favoreciendo el mantenimiento de su potencial productivo y asegurando que, una vez concluida la operación, el terreno pueda recuperar su vocación	Indicadores de cumplimiento, indicadores de eficacia, signos de alerta y efectos residuales esperados Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la optimización del diseño para minimizar la ocupación permanente del suelo agrícola; el retiro, almacenamiento y conservación del horizonte superficial del suelo; la delimitación de las áreas de tránsito de maquinaria; la implementación de medidas de control de erosión y compactación; el mantenimiento de cobertura vegetal compatible

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	busca conservar la calidad y funcionalidad del recurso suelo, manteniendo su horizonte fértil, evitando procesos de degradación física y química y promoviendo usos compatibles del terreno durante la operación del proyecto, particularmente mediante prácticas de manejo de la vegetación y esquemas agrovoltaicos donde resulten técnica y ambientalmente viables. La restauración estará dirigida a recuperar la aptitud agroecológica del suelo durante el desmantelamiento mediante la remoción de la infraestructura, la descompactación del terreno y la restitución del horizonte superficial previamente conservado. La compensación comprenderá acciones de conservación y mejoramiento de los recursos edáficos, así como el fortalecimiento de la productividad agroecológica regional mediante programas de restauración de suelos y sistemas productivos sostenibles.	agropecuaria mediante acciones de restauración y rehabilitación edáfica. La medida deberá iniciar desde la etapa de planeación mediante la optimización del diseño del parque para reducir la superficie de ocupación permanente y concentrar la infraestructura auxiliar en áreas previamente alteradas o de menor valor agrícola. Antes del inicio de la preparación del sitio se retirará y almacenará adecuadamente el horizonte superficial del suelo fértil para su posterior reutilización en las actividades de restauración, evitando su mezcla con materiales estériles y protegiéndolo contra erosión, compactación o pérdida de materia orgánica. Durante la preparación del sitio y la construcción se restringirá el tránsito de maquinaria a los caminos autorizados, se reducirán las áreas de compactación, se implementarán medidas para controlar la erosión y se conservará la cobertura vegetal compatible con la operación del proyecto. Durante la etapa de operación y mantenimiento se favorecerá el establecimiento de vegetación herbácea nativa y, cuando las condiciones técnicas del proyecto lo permitan, se promoverán esquemas de manejo agrovoltaico o actividades agropecuarias compatibles que contribuyan al aprovechamiento sustentable del suelo sin afectar la seguridad de la infraestructura. Finalmente, durante el desmantelamiento se retirará la totalidad de las instalaciones, se descompactarán los suelos, se reincorporará el horizonte fértil previamente conservado y se ejecutarán acciones de rehabilitación física, química y biológica que permitan recuperar la capacidad productiva del terreno.	durante la operación; la ejecución de las actividades previstas en el Programa de Manejo y Conservación de Suelos y, en su caso, del Programa de Sistemas Agrovoltaicos; la realización de monitoreos periódicos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; y la ejecución de las acciones de restauración y rehabilitación previstas para el cierre y abandono del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la conservación de la fertilidad del horizonte superficial del suelo; el mantenimiento de la estabilidad estructural y de la capacidad de infiltración; la reducción de procesos de compactación y erosión; la permanencia o recuperación de la materia orgánica y de la actividad biológica del suelo; la estabilidad de los procesos hidrológicos superficiales; la conservación de la cobertura vegetal compatible con la operación del parque; la viabilidad de las actividades agrovoltaicas o de manejo agropecuario compatible, cuando sean aplicables; y la recuperación de la aptitud agroecológica del terreno una vez concluido el desmantelamiento. Constituirán **signos de alerta** la pérdida del horizonte superficial del suelo; la compactación excesiva ocasionada por maquinaria; el incremento de procesos erosivos; la disminución significativa del contenido de materia orgánica; la pérdida de infiltración; la formación de cárcavas o escurrimientos concentrados; la degradación química del suelo por derrames de combustibles, aceites u otras sustancias contaminantes; la desaparición de la cobertura vegetal establecida; la presencia de procesos de salinización o degradación física; o cualquier evidencia de disminución progresiva de la capacidad productiva del suelo respecto de las condiciones previstas en el programa de manejo. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá motivar la aplicación inmediata de medidas correctivas de conservación de suelos, rehabilitación edáfica, control de erosión y restauración de la cobertura vegetal. Los **efectos residuales esperados** corresponderán a la ocupación temporal de la función agrícola del suelo durante la vida útil del parque fotovoltaico, derivada del establecimiento de la infraestructura.

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			No obstante, al tratarse de un proyecto que no implica la impermeabilización generalizada del terreno ni la eliminación permanente del recurso edáfico, y considerando la conservación del horizonte superficial, el mantenimiento de cobertura vegetal, la implementación de prácticas de manejo sustentable del suelo y las acciones de restauración previstas para el cierre del proyecto, se espera que la aptitud agroecológica del terreno pueda recuperarse de manera significativa una vez concluido el desmantelamiento. En consecuencia, el impacto residual se limitará principalmente a la suspensión temporal del uso agrícola directo durante la operación del parque, manteniéndose la integridad del recurso suelo y su potencial de reincorporación futura a actividades productivas compatibles con las condiciones ambientales de la región.
	Impacto principal: *Generación y manejo inadecuado de residuos.* Expresión concurrente en social e infraestructura y servicios: La dimensión concurrente aquí se expresa en la **gestión del proyecto**, las condiciones de seguridad e higiene, la percepción del orden ambiental y el uso adecuado de áreas operativas y de servicio. El mal manejo de residuos no sólo afecta la calidad ambiental, sino también la funcionalidad de la infraestructura auxiliar y el entorno humano inmediato.		
	La medida propuesta comprende acciones de **prevención**, **mitigación**, **restauración** y, de manera excepcional, **compensación**, considerando que la generación y manejo inadecuado de residuos constituye un impacto de efectos concurrentes capaz de afectar simultáneamente la calidad del suelo, el agua, el aire, la flora, la fauna, el paisaje, la salud de los trabajadores y la funcionalidad ecológica del sitio. La prevención se orienta a minimizar la generación de residuos desde la fuente mediante criterios de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento, así como mediante una adecuada planeación de las actividades constructivas y operativas. La mitigación comprende el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, asegurando su segregación, almacenamiento temporal, transporte, valorización y disposición final conforme a la legislación ambiental vigente. La restauración estará dirigida a la atención inmediata de cualquier afectación derivada de un manejo inadecuado de residuos mediante la limpieza, remediación y rehabilitación de las áreas impactadas. La compensación procederá únicamente cuando, como consecuencia de un incidente extraordinario, se produzcan afectaciones	Nombre de la medida, objetivo y plazo de ejecución **Nombre de la medida:** Programa Integral para la Prevención, Manejo y Valorización de Residuos. **Objetivo:** Prevenir la contaminación ambiental derivada de la generación y manejo de residuos durante todas las etapas del proyecto, mediante la aplicación de criterios de economía circular, la minimización en la fuente, la segregación por tipo de residuo, el almacenamiento temporal seguro, la valorización y reciclaje de materiales aprovechables, el manejo especializado de residuos peligrosos y la disposición final a través de prestadores de servicios autorizados, garantizando la protección de los recursos naturales, la biodiversidad y la salud humana. La medida deberá implementarse desde la etapa de preparación del sitio mediante la elaboración y aplicación del Programa Integral de Manejo de Residuos, la capacitación del personal, la instalación de centros de acopio temporal debidamente señalizados y la disponibilidad de recipientes diferenciados para cada tipo de residuo. Durante la construcción se controlará la generación de residuos derivados de las actividades de obra civil, embalajes, excedentes de materiales, residuos metálicos, plásticos, cartón, madera, residuos de manejo especial y residuos	Los **indicadores de cumplimiento** comprenderán la elaboración y aplicación del Programa Integral de Manejo de Residuos; la capacitación periódica del personal; la disponibilidad y correcta identificación de recipientes para segregación; la instalación y mantenimiento de áreas de almacenamiento temporal; la clasificación adecuada de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; la contratación de empresas autorizadas para su transporte y disposición final; la conservación de manifiestos, bitácoras y comprobantes de entrega; la atención inmediata de derrames o incidentes; la limpieza permanente de las áreas de trabajo; y la realización de auditorías internas sobre el manejo de residuos durante todas las etapas del proyecto. Los **indicadores de eficacia** estarán representados por la disminución progresiva en la generación de residuos por unidad de actividad; el incremento del porcentaje de residuos reutilizados, reciclados o valorizados; la ausencia de residuos abandonados en el área del proyecto; la inexistencia de contaminación del suelo o del agua por residuos o sustancias peligrosas; la reducción de incidentes

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
	ambientales que requieran acciones adicionales de restauración ecológica o remediación ambiental.	peligrosos, evitando su dispersión sobre el terreno y promoviendo su reutilización y reciclaje cuando sea técnica y ambientalmente viable. Durante la operación y mantenimiento se mantendrá un sistema permanente de segregación, almacenamiento, recolección y disposición final de residuos, incluyendo aquellos derivados del mantenimiento electromecánico, equipos eléctricos, aceites, lubricantes, filtros, baterías, materiales absorbentes, envases contaminados y residuos provenientes de las actividades administrativas. Asimismo, al término de la vida útil del proyecto y durante el desmantelamiento se implementará un programa específico para el manejo integral de los residuos generados por el retiro de la infraestructura, privilegiando el reciclaje y la valorización de componentes metálicos, eléctricos y fotovoltaicos, así como la correcta gestión de los residuos peligrosos conforme a la normatividad aplicable.	asociados al manejo inadecuado de residuos; el cumplimiento de la totalidad de las disposiciones legales aplicables; la ausencia de afectaciones a flora y fauna derivadas de la disposición inadecuada de residuos; el mantenimiento de condiciones sanitarias adecuadas en las instalaciones; y la conservación de la calidad ambiental del sitio durante todas las etapas del proyecto. Constituirán **signos de alerta** la acumulación de residuos fuera de las áreas autorizadas; la mezcla de residuos incompatibles; la saturación de los centros de almacenamiento temporal; la presencia de lixiviados o derrames; el almacenamiento directo sobre suelo natural; la pérdida o deterioro de recipientes; la ausencia de registros documentales; la disposición clandestina de residuos; la presencia de fauna oportunista atraída por residuos orgánicos; la dispersión de materiales ligeros por acción del viento; la generación de malos olores; la contaminación visible del suelo o de cuerpos de agua; o cualquier incumplimiento de los procedimientos establecidos en el programa de manejo. La ocurrencia de cualquiera de estas condiciones deberá dar lugar a la implementación inmediata de medidas correctivas, incluyendo la limpieza del sitio, la contención de derrames, la remediación de áreas afectadas, la revisión de los procedimientos operativos y el reforzamiento de la capacitación del personal. Los **efectos residuales esperados** serán **mínimos y ambientalmente controlables**, debido a que la totalidad de los residuos generados contará con un sistema integral de manejo conforme a la legislación vigente y a los principios de prevención y valorización. Permanecerá únicamente la generación inevitable de residuos inherente a las actividades de construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento del parque fotovoltaico; sin embargo, al ser manejados mediante procedimientos técnicamente adecuados, su contribución a la contaminación del suelo, agua, aire, biodiversidad y paisaje será poco significativa. En consecuencia, no se prevé la generación de pasivos ambientales derivados del manejo de residuos, manteniéndose la funcionalidad ecológica

Medidas(4/) a implementar durante cada una de las etapas del proyecto			
Impacto Nº	**Tipo de medida(5/)**	**Descripción de la medida, incluyendo el nombre, objetivo, periodicidad de aplicación y plazo de ejecución**	**Parámetros de verificación de cumplimiento y eficacia(6/)**
			del sitio y la calidad ambiental del área de influencia durante toda la vida útil del proyecto.
(4/)	**Conjunto de acciones específicas, planificadas y ejecutables que el promovente debe implementar para evitar la generación de impactos ambientales adversos; reducir, controlar o minimizar su magnitud, extensión o duración; restaurar las condiciones ambientales afectadas; o, cuando ello no sea técnica o ambientalmente viable, compensar los impactos negativos residuales mediante la generación de beneficios ambientales equivalentes o superiores.**		
(5/)	**Indicar si la medida es de prevención, mitigación, compensación o restauración. Identificar cada medida mediante la letra inicial correspondiente y un número consecutivo conforme a su orden de aparición, tal como se muestra a continuación: Prevención P1 Mitigación M1 Compensación C1 Restauración R1**		
(6/)	**Indicadores cuantitativos y/o cualitativos que permiten evaluar, verificar y documentar el grado de cumplimiento y la eficacia de las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración implementadas, mediante criterios objetivos, verificables, medibles y reproducibles de carácter ambiental normativo, los cuales posibiliten la evaluación del desempeño de dichas medidas en función de su efectividad y, en caso de no alcanzarse los resultados esperados, permitan valorar la necesidad de implementar medidas correctivas, adicionales o complementarias, a fin de asegurar el cumplimiento de los objetivos y metas inicialmente planteados. Anexar en su caso los métodos de cálculo de los indicadores. -Anexar el soporte técnico y documental de la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales. -Anexar valoración económica del costo de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. -Es importante realizar el análisis sobre la implementación de estrategias donde se integren las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración, respecto a la integración de los componentes ambientales que resultarán afectados.**		

Bibliografía citada

1 **SEMARNAT**. 2022. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional.

2 **Conesa F., V. 1993**. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante & Mundi-prensa. 276 p.

3 **Diario Oficial de la Federación. 30 de mayo de 2000. Ultima reforma 31 de octubre de 2014**. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

4 **Gómez Orea, D. y Gómez Villarino M. T. 2013**. Tercera edición. Evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 745 p.

5 **IFC, 2024.** *General environmental, health, and safety guidelines* International Finance Corporation. (2024).. World Bank Group

6 **EPA, 2025**. *Stormwater discharges from construction activities*. U.S. Environmental Protection Agency.

7 **EPA, 2026**. *Composting.* U.S. Environmental Protection Agency. (2026).

8 EPA, s.f., *Environmental fact sheet: Yard waste composting*. U.S. Environmental Protection Agency. (s. f.). U.S

9 IFC, 2024. *General environmental, health, and safety guidelines*.International Finance Corporation. (2024). World Bank Group.

10 IFC, 2012. *Performance Standard 6: Biodiversity conservation and sustainable management of living natural resources* International Finance Corporation. (2012).. World Bank Group.

11 IPCC, 2019. *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

12 FAO, s.f., *Soil carbon sequestration.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Soils Portal. https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/soil-carbon-sequestration/en/

13 Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters, 11*(7), 074016.

14 Choi, C. S., Cagle, A. E., Macknick, J., Bloom, D. E., Caplan, J. S., & Ravi, S. (2020). Effects of revegetation on soil physical and chemical properties in solar photovoltaic infrastructure. *Frontiers in Environmental Science, 8*, 140.

15 Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability, 2*, 848–855.

16 Adeh, E. H., Good, S. P., Calaf, M., & Higgins, C. W. (2018). Solar PV power potential is greatest over croplands. *Scientific Reports, 9*, 11442.

17 Gao, X., Liu, Y., & Zhang, Y. (2023). An observational study on the microclimate and soil thermal regimes under solar photovoltaic arrays. *Solar Energy, 262*, 111812.

18 Száz, D., Fritz, B., Egri, Á., Pereszlényi, Á., Horváth, G., & Kriska, G. (2025). Impacts of agrivoltaic systems on microclimate, water use efficiency and vegetation: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

19 EPA, 2026. *National menu of best management practices (BMPs) for stormwater—Construction* Environmental Protection Agency. (2026).. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater-construction

20 IFC, 2024. *General environmental, health, and safety guidelines*. International Finance Corporation. World Bank Group. https://www.ifc.org/en/insights-reports/general-environmental-health-and-safety-guidelines

21 National Renewable Energy Laboratory. (2024). *PV Stormwater Management Research and Testing (PV-SMaRT): Final technical report* (NREL/TP-6A20-87555). https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/87555.pdf

22 Environmental Protection Agency. (2023). *Construction site runoff control minimum control measure*. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/EPA-Stormwater-Phase-II-Final-Rule-Factsheet-2.6-Construction-Runoff.pdf

23 EPA; 2021. *Erosion and sediment control inspection and maintenance*. Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency.

https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-erosion-and-sediment-control-inspection-and-maintenance.pdf

[24] MPCA, 2026. *Construction stormwater best management practice: Site stabilization*. Minnesota Pollution Control Agency. Minnesota Stormwater Manual. https://stormwater.pca.state.mn.us/construction_stormwater_best_management_practice_site_stabilization

[25] IUCN and BC, 2021. Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development*. IUCN and The Biodiversity Consultancy.

[26] APLIC, 2006. *Suggested practices for avian protection on power lines: The state of the art in 2006* Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). Edison Electric Institute, APLIC & California Energy Commission

[27] IFC, 2015. *Environmental, health, and safety guidelines for electric power transmission and distribution*. International Finance Corporation (IFC). World Bank Group

[28] Huso, M. M. P., Dalthorp, D. H., Dail, D., & Madsen, L. (2016). *Mortality monitoring design for utility-scale solar power facilities* (Open-File Report 2016–1087). U.S. Geological Survey.

[29] MACWG, 2016. *Avian-solar science coordination plan.* Multiagency Avian-Solar Collaborative Working Group. (2016).. U.S. Department of Energy.

[30] Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). *Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development*. International Union for Conservation of Nature (IUCN) and The Biodiversity Consultancy.

[31] International Finance Corporation (IFC). (2012). *Performance Standard 6: Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources*. Washington, D.C.: IFC.

[32] Liu, Y., Zhang, R.-Q., Huang, Z., Cheng, Z., López-Vicente, M., Ma, X.-R., & Wu, G.-L. (2023). Effects of photovoltaic power station construction on terrestrial ecosystems: A meta-analysis. *Frontiers in Ecology and Evolution, 11*, 1151182.

[33] Wu, C., Liu, H., Wei, L., Yang, Y., Zhao, W., Guo, L., He, Z., Yetemen, O., & Yang, D. (2025). Diverse vegetation responses to solar farm installation are also driven by climate change. *Communications Earth & Environment*.

[34] Natural Resources Conservation Service. (2024). *Conservation considerations for solar farms*. USDA-NRCS.

[35] Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., & Tabor, G. M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en

[36] Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(6), 3261–3270. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023

[37] Cook, J. J., & McCuen, R. H. (2013). Ecological enhancement of solar energy developments. *Renewable Energy, 58*, 25–33.

[38] Hernández, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29*, 766–779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041

ANEXOS

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/anexos/ligas/ANEXOS 15EM2026E0181.zip