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

PROMUEVE:

KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:

OCOTE SOLAR

CAPÍTULO I

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

JUNIO 2025

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[1].

[1] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

Tabla de contenido

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental....4
I.1 Datos generales del proyecto....4
I.1.1 Nombre del proyecto....4
I.1.2 Ubicación del proyecto....4
I.1.3 Lapso de vida útil del proyecto....4
I.2 Datos generales del promovente....4
I.2.1 Nombre o razón social....5
I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente....5
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal....5
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir y oír notificaciones....6
I.2.5 Responsable de la gestión y elaboración del estudio....6
I.2.6 Domicilio del responsable técnico de la elaboración de la MIA....7

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

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

El nombre oficial del proyecto es: “Ocote Solar”, en lo sucesivo se identificará como “el proyecto” u “Ocote Solar”, por lo que al citar “el proyecto” u “Ocote Solar”, nos estaremos refiriendo a la misma obra.

I.1.2 Ubicación del proyecto

La dirección del Proyecto es en la Carretera Pachuca-Tulancingo Km 22+200, Singuilucan, Hidalgo. El proyecto pretende instalarse en predios aledaños a la carretera y estos se encuentran distribuidos entre el municipio de Epazoyucan y Singuilucan,

I.1.3 Lapso de vida útil del proyecto

Se estima un lapso de vida útil del proyecto de 35 años, cubriendo las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y, eventualmente el desmantelamiento y abandono. El lapso previsto para la etapa de preparación del sitio y construcción será de aproximadamente 24 meses; la operación y mantenimiento se estima en un plazo de 35 años y, eventualmente la etapa de desmantelamiento y abandono podría ocupar hasta 24 meses adicionales, los cuales no se computan en los 30 años de lapso total, antes citado. En el capítulo II de este documento, se presenta el “Programa general de trabajo” del proyecto.

I.2 Datos generales del promovente

El promovente es la jurídica colectiva **KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.** la cual es una empresa que opera principalmente en el sector de la Energía Eléctrica y fue constituida desde el año 2019.

Figura I.1: **Área de pretendida ubicación del proyecto**



I.2.1 Nombre o razón social

La razón social de la empresa promovente es: **KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.,** constituida ante la Fe del Notario Público Nº 70, Lic.Pedro Vazquez Nava, de la Ciudad de México, de lo cual resultó el testimonio Nº 40,156, libro 903 y folio inicial 83,328, de fecha 24 de junio de 2019 copia de dicho instrumento notarial se anexa al presente como **Anx VIII.I.1** y se exhibe copia certificada para el cotejo de dicho instrumento.

I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente

[redacted]

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

El nombre del representante legal es: **SR. RAÚL SANTOS COY CUEVAS**, personalidad que tiene debidamente acredita en la Escritura N°106,280, libro 1,298, de fecha 14 de septiembre de 2023; pasada ante la fe del Lic. Patrick Strassburger Weidmann , titular de la Notaría N° 59 de la Ciudad de Mexico (**Anx.VIII.I.3**) Otorgamiento de Poderes. Así mismo se presenta original y

copia simple para cotejo de la identificación oficial del Sr. Raúl Santos Coy Cuevas (**Anx.VIII.I.4)** Identificación Representante Legal.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir y oír notificaciones

Se proporciona la siguiente información del promovente para recibir y oír notificaciones (**Tabla I.1**).

Tabla I.1 Domicilio y datos de contacto del promovente

DOMICILIO Y DATOS DE CONTACTO DEL PROMOVENTE	
[redacted]	[redacted]

[redacted]

I.2.5 Responsable de la gestión y elaboración del estudio

Tabla I.2 Empresa consultora

EMPRESA CONSULTORA	
DIRECTOR GENERAL	Biol. Juan Ricardo Juárez Palacios
[redacted]	[redacted]

En el anexo identificado como **Anx.VIII.I.5** CED-ID RESP TEC se presenta copias simples de la cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

Asimismo, en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental, al final del presente documento se presenta la declaración bajo protesta de decir verdad del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y del Representante Legal de la empresa promovente.

El presente estudio se realizó con la participación de un grupo interdisciplinario, conformado por los siguientes especialistas (Tabla I.3):

Tabla I.3 Equipo técnico



I.2.6 Domicilio del responsable técnico de la elaboración de la MIA



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:

KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:

OCOTE SOLAR

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES

JUNIO 2025

El presente capítulo fue elaborado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[1]

.

TABLA DE CONTENIDO

II. Descripción de las obras o actividades....6
II.1 Información general del proyecto....6
II.1.1 Naturaleza del proyecto....7
II.1.2 Justificación....8
II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto....13
II.1.4 Componentes primarios....50
II.1.5 Componentes secundarios....70
II.1.6 Inversión requerida....74
II.1.7 Programa de trabajo....75
II.1.8 Residuos....95
II.1.9 Generación de gases efecto invernadero....99
II.2 Relación de acciones, factores identificados para el proyecto....111
III. Literatura citada:....116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 1 Coordenadas que delimitan el polígono del AeP Ocote Solar....16
Tabla II. 2 Coordenadas de los 24 polígonos de construcción al interior del AeP....18
Tabla II. 3 Características generales del proyecto....45
Tabla II. 4 Componentes del proyecto, superficie unitaria y uso actual del suelo....46
Tabla II. 5 Componentes del proyecto, superficie unitaria y uso actual del suelo....47
Tabla II. 6 Dimensiones de las zanjas por configuración....58
Tabla II. 7 Georreferenciación de la ubicación del desarrollo de la red de media tensión....60
Tabla II. 8 Características del transformador de potencia....63
Tabla II. 9 Comparación de los tipos de baterías disponibles en el mercado (2020)....69
Tabla II. 10 Inversión y gastos operativos estimados....74
Tabla II. 11 Programa general de trabajo....75
Tabla II. 12 Distribución aproximada del Personal....85
Tabla II. 13 Estimación de la maquinaria a utilizar para la ejecución del proyecto....86
Tabla II. 14 Estimación de camiones de transporte a utilizar para la ejecución del proyecto....86
Tabla II. 15 Estimación de combustible a utilizar por etapas del proyecto....87
Tabla II. 16 Programación de operaciones de mantenimiento....89
Tabla II. 17 Programación de operaciones de mantenimiento....90
Tabla II. 18 Programación de operaciones de mantenimiento....91

Tabla II. 19 Estimación de residuos generados por actividad a realizar en cada etapa del proyecto 97
Tabla II. 20 Estimación promedio mensual de la generación de residuos durante un período de 18 meses 98
Tabla II. 21 Proporción relativa de cálculo de emisiones GEI en motores de combustión interna 103
Tabla II. 22 Estimación de generación de CO_2 por el uso de diésel y gasolina como combustibles de maquinaria, equipo y vehículos 105
Tabla II. 23 Árbol de acciones identificadas para el proyecto 111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1 Ubicación del proyecto “El Ocote” 14
Figura II. 2 Georreferenciación de la poligonal envolvente del área de establecimiento del proyecto (AeP) Ocote Solar 15
Figura II. 3 Delimitación del AeP y representación de los componentes del proyecto 49
Figura II. 4 Diagrama del módulo fotovoltaico a utilizar 51
Figura II. 5 Ejemplo de un seguidor (*tracker*) de un módulo fotovoltaico 52
Figura II. 6 Ejemplo de separación entre módulos solares 52
Figura II. 7 Ejemplo de trabajo de hincado 53
Figura II. 8 Ejemplo de Centro de Transformación 55
Figura II. 9 Transformador BT/MT 55
Figura II. 10 Detalle de algunas de las zanjas tipo: 59
Figura II. 11 Trayectoria planificada de la red de media tensión 59
Figura II. 12 Ejemplo de biodigestor 65
Figura II. 13 Espacio ejemplo de una instalación de un Sistema de Almacenamiento con baterías. 70
Figura II. 14 Ejemplo de sección de camino de acceso 71
Figura II. 15 Estructura caminos internos 71
Figura II. 16 ejemplo de un almacén de confinamiento temporal de residuos 73
Figura II. 17 Curvas I–V y P–V de un sistema fotovoltaico @G = 1000 W/m2, T = 0, 25, 50, 75°C 108
Figura II. 18 Intercambio de radiación en una superficie 110

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
AC	(Del inglés *alternating current*) Corriente alterna en la cual el flujo eléctrico se da en dos sentidos
AeP	Área de establecimiento del proyecto; incluye todas las obras del proyecto.
AiP	Área de influencia del proyecto
ANSI	La normativa ANSI se refiere a las normas establecidas por el Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute, ANSI)
BESS	(Del inglés *Battery Energy Storage System*) Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías
CFC	Compuestos clorofluorocarbono
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de carbono
CO_{2EQ}	CO2 equivalente
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CCTV	Circuito cerrado de televisión
DC	(Del inglés *direct current*) Corriente continua, en la cual el flujo eléctrico se da en un solo sentido, desde un polo a otro.
Ddv	Derecho de vía
EIA	Evaluación del impacto ambiental
EVA	Etileno vinil acetato
GEI	Gases de efecto invernadero
GPS	Acrónimo de "*Global Positioning System",* Sistema de posicionamiento global.
HFC	Hidrofluorocarbono
IEC	Normativa de la *International Electrotechnical Commission*.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
kV	Kilo voltio, unidad de potencia y fuera electromotriz.
kWh	Kilo Watt hora
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LT	Línea de transmisión
MIA-R	Manifestación de impacto ambiental modalidad regional
Mt	Tonelada métrica
NH4	Metano
NFPA	Normas establecidas por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association, NFPA)
NO2	Óxidos de nitrógeno
N_2O	Óxido nitroso
NOM	Norma Oficial Mexicana

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
NMX	Norma Mexicana
O_3	Ozono
OPGW	Acrónimo de *"Optical Ground Wire".* Cable óptico a tierra (Cable de guarda a tierra).
PCB	Bifenilos policlorados
PEAD	Polietileno de alta densidad
PFC	Perfluorocarbono
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PROMARNAT	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
PVF	Fluoruro de polivinilo
REIA	Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
RME	Residuos de manejo especial
RNT	Red Nacional de Transmisión
RP	Residuos peligrosos
RSU	Residuos peligrosos
SAE	Sistema de Almacenamiento de Energía
SAR	Sistema Ambiental Regional
SCADA	Acronym de "*Supervisory Control and Data Adquisition",* Control de Supervisión y Adquisición de Datos.
SEE	Subestación Elevadora
SEM	Subestación eléctrica de maniobras.
SEN	Sistema eléctrico nacional.
SF6	Hexafloruro de azufre
UTM	Sistema de coordenadas "Universal Transversal de Mercator".
UV	Ultravioleta

II. Descripción de las obras o actividades

De acuerdo con lo que recomienda la Guía (SEMARNAT, 2022, *op. Cit.*), en este capítulo se resume la información de las obras y actividades que se pretenden llevar a cabo para el desarrollo del proyecto Ocote Solar (en lo sucesivo nominado como: "El Proyecto" o "Ocote Solar", por lo que al utilizarse cualquiera de los dos nombres, nos estaremos refiriendo al proyecto **Ocote Solar)**; en este capítulo se incluyen los objetivos del Proyecto, se describen sus principales componentes, inversión requerida, programas de trabajo, elementos de las diferentes etapas del proyecto, así como la identificación y descripción de residuos y factores de interferencia con la generación de GEI, que en conjunto definen la viabilidad positiva del proyecto de generación de energía limpia.

II.1 Información general del proyecto

El objetivo del presente apartado es el de presentar la descripción general del Proyecto, que consiste en la instalación y operación de una planta de generación de energía eléctrica por medio de un arreglo de paneles fotovoltaicos conectados a la red nacional, con una potencia instalada de 257.51 MW_{DC} (195MW_{AC}) El proyecto Ocote Solar contará con la instalación y operación de 440,181 módulos monocristalinos, bifaciales, de 585 W cada panel 689 inversores tipo "*string*" y 34 centros de transformación.

El proyecto contará con una superficie de componentes esenciales o primarios donde se ubican los paneles solares, inversores, otros equipos, la Línea de Transmisión ("LT") de alta tensión de 230 kV para el enlace con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el espacio para el Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE) y la Subestación Elevadora del proyecto; así como otros espacios o superficies de componentes secundarios donde se encuentran el camino de acceso principal y caminos internos (secundarios), área para oficinas permanentes a usarse durante los periodos de construcción, operación y mantenimiento, entre otras obras adicionales, que en conjunto ocuparán una superficie total de 528.3935 ha.

Por la naturaleza del proyecto, la intervención en el suelo para la instalación de todos los elementos arriba mencionados se realiza en gran parte de la superficie del proyecto a una profundidad no mayor a los 2.5 metros. Otros espacios, que representan el mínimo de área del proyecto, como el espacio donde se coloca la Subestación Elevadora del proyecto, requieren de intervenciones que no exceden los 5 metros de profundidad.

El Proyecto se ubica en los municipios de Singuilucan y Epazoyucan, estado de Hidalgo, en terrenos ejidales parcelados y de propiedad privada; el acceso al sitio del Proyecto se ubica en el km 22+200 de la carretera N° 130, Pachuca - Tulancingo, Singuilucan, Estado de Hidalgo.

La empresa KENERWATTS S.A.P.I. de C.V. es la promovente del proyecto, que para fines de practicidad dentro de este documento se le hará referencia a ésta solo como "KENERWATTS", "La promovente"; o, simplemente, "El Proyecto".

En el Proyecto, mediante la instalación de paneles solares o módulos fotovoltaicos, se convierte la radiación solar en energía eléctrica a través de un efecto fotovoltaico donde los fotones de luz solar provocan los electrones en un material semiconductor, generando corriente eléctrica. Los paneles solares serán instalados sobre estructuras (seguidores a un eje horizontal). Este seguidor consiste en una serie de vigas de torsión orientadas en dirección norte-sur sobre las que se encuentran montados los módulos solares fotovoltaicos en filas. El eje de rotación de los módulos es horizontal, paralelo al suelo. Posteriormente, la corriente continua producida en el generador fotovoltaico se transforma en corriente alterna a través de inversores trifásicos. El cableado entre los módulos

fotovoltaicos y los inversores se ubicarán tanto en conductos anclados a la propia estructura como directamente enterrados por zanjas que se ubicarán por toda la planta fotovoltaica, en lo que se conoce como el sistema colector.

La totalidad de la energía eléctrica a generar se entregará a la Comisión Federal de Electricidad directamente en la Subestación de Maniobras planeada para el entronque que se realizará con las líneas de alta tensión que discurren paralelas a la carretera Pachuca – Tulancingo, las cuales a su vez se ubican próximas a los terrenos del proyecto, mediante una línea de transmisión de 230 kV.

II.1.1 Naturaleza del proyecto

De acuerdo con el avance en la planeación del desarrollo del proyecto, se establece que éste pueda llevarse a cabo y operar sin la necesidad de requerir obras o actividades fuera de las mencionadas a lo largo del presente capítulo, debido a que con los componentes principales y auxiliares que lo conformarán se podrán cumplir con el objetivo de entregar la totalidad de la energía que se genere al SEN.

Con base en lo antes expuesto, se pretende establecer un proyecto de generación de energía eléctrica a través de la captación y transformación de la radiación fotovoltaica de la luz solar. Este proceso de generación de energía eléctrica consiste en la captación de la radiación solar por parte de módulos fotovoltaicos (“módulos FV”), mismos que gracias al material del que están hechos, pueden transformar esta radiación en corriente directa (“DC”), la cual se envía a los inversores para transformar la energía eléctrica de DC a corriente alterna (“AC”), esto a un nivel de tensión (“voltaje”) de **800 voltios** a la salida del inversor, nivel de voltaje considerado como de “Baja Tensión” (“BT”), posteriormente mediante centros de transformación (“CT”), este voltaje es elevado a **34,500 voltios (“34.5 kV”),** nivel de voltaje considerado como de “Media Tensión” (“MT”), mediante un transformador de potencia que tiene como función elevar el nivel de voltaje de BT a MT, ubicado en dichos CT. La energía continúa su trayectoria mediante cableado de MT instalados vía subterránea hasta la subestación elevadora (“SEE”) , en la cual toda la energía eléctrica en MT llega a equipos denominados “celdas de media tensión”, las cuales “recolectan” la totalidad de la energía eléctrica para dirigirla al transformador principal de potencia que elevará por última vez el voltaje de MT a **230,000 voltios (“230 kV”)**, denominada Alta Tensión (AT), para que así se pueda inyectar o entregar a la Red Nacional de Transmisión ("RNT") que forma parte del Sistema Interconectado Nacional (“SIN”) de la Comisión Federal de Electricidad, mediante el enlace de una Línea de Transmisión (“LT”) del Proyecto desde la SEE del Proyecto a una Subestación Eléctrica de Maniobras (“SEM”), posiblemente llamada Ocote Maniobras, la cual será construida por la promovente, pero no forma parte del conjunto de obras que se integran en esta MIA-R.[I]

Por la naturaleza del proyecto, la intervención en el suelo para la instalación de todos los elementos arriba mencionados se realiza en gran parte de la superficie del proyecto a una profundidad no mayor a los 2.5 metros. Otros espacios, que representan el mínimo de área del proyecto, como el espacio donde se coloca la Subestación Elevadora del proyecto, requieren de intervenciones que no exceden los 5 metros de profundidad.

En virtud de lo expuesto, la naturaleza del proyecto lo ubica en el sector secundario de la economía, dado que implica establecer la infraestructura necesaria para la conversión de energía solar en energía eléctrica; por ello en términos de las actividades económicas, el proyecto corresponde a

[I] De acuerdo a lo dispuesto por la Ley de Ley de la Industria Eléctrica (LIE, 2014), por las Reglas Generales de Interconexión y Conexión (CRE, 2017), por el Manual de Interconexión para Centrales Eléctricas (CENACE) y, eventualmente en el Contrato de Interconexión con la Comisión Federal de Electricidad, el promovente (Generador) se compromete a construir y entregar la infraestructura necesaria para la interconexión (como lo es la Subestación de maniobras - SEM), la cual será asumida por la CFE a título gratuito y sin compensación, una vez concluida y puesta en operación (Ver Capítulo III de esta MIA-R) y, dado el carácter jurídico que tiene la resolución de una autorización de un proyecto en materia de impacto ambiental, la cual se define como personalísima, indivisible y no transferible de una de sus partes, la autorización en materia de impacto ambiental de la SEM debe ser gestionada con una manifestación de impacto ambiental complementaria a la presente.

infraestructura para la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, según lo establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023)[2].

II.1.2 Justificación

Desde el enfoque ambiental, la generación de electricidad a partir de energía solar se considera como favorable, considerando la reducción de la dependencia energética convencional, la eliminación del uso de combustibles fósiles para producir energía eléctrica y, consecuentemente, origina electricidad sin producir los residuos, particularmente los gases de efecto invernadero (GEI), característico de las fuentes generadoras convencionales. En la actualidad las necesidades de generación de electricidad se incrementan día a día y los procesos del uso de la energía solar fotovoltaica mejoran en su eficiencia, ello desempeña una función determinante en todo el territorio nacional. La transformación de energía solar mediante módulos solares en la cuantía proyectada es viable al instalarlos en terrenos despejados, de gran superficie, llanos y libres de sombras, circunstancias que se consiguen solo en terrenos rústicos. Durante la planeación del presente proyecto, se consideró la insolación presente en la zona, la proximidad a la red eléctrica existente, la extensión superficial disponible y el fácil acceso a los predios debido a la cercanía a la carretera federal. En este sentido, abordar proyectos de esta naturaleza implica coadyuvar a enfrentar el problema de las emisiones de efecto invernadero, derivadas de los gases de efecto invernadero (GEI), causantes sustantivos del calentamiento global. Al respecto, es importante considerar que las emisiones predominantes en el período 2015 – 2018 fueron las que se generaron por la quema de combustibles fósiles en fuentes fijas, que tuvieron un registro de 383 $MtCO_2$ en 2015 a 325 $MtCO_2$ en 2018. Posteriormente estuvieron las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica que estuvieron ubicadas entre 192 a 195 $MtCO_2$ en 2015 y 2018, respectivamente, con un pico en 2017 de 254 $MtCO_2$, año en que el factor de emisión eléctrico fue mayor (pasando de 0.458 a 0.582 CO_2 / MWh (SEMARNAT, 2020)[3].

En refuerzo a lo antes expresado y para estimar la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en la producción de electricidad, mediante una central fotovoltaica de 257.5 MW en comparación con la generación obtenida con el uso de otras fuentes de energía convencionales y, tomando como base la guía ("*2019 Refinement to the 2006 IPCC*[II] *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"* tr: 2019 Mejora de las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero)[4], en primer lugar consideremos los factores de emisión promedio en kilogramos de CO_2e por MWh:

- **Carbón:** ~900 -1,100 kg CO_2e/MWh, (Promedio 1,000 kg CO_2e/MWh)
- **Combustóleo:** ~700 - 900 kg CO_2e/MWh, (Promedio 800 CO_2e/MWh)
- **Hidroeléctrica:** ~10-50 kg CO_2e/MWh, (Promedio 30 CO_2e/MWh)
- **Solar fotovoltaica:** ~20-50 kg CO_2e/MWh (Promedio 35 CO_2e/MWh, considerando el ciclo de vida; IEA, 2024[5])

Para hacer la estimación cuantitativa de la reducción de emisiones de GEI asociada a la generación eléctrica mediante un parque fotovoltaico de 257.51 MW de capacidad instalada, comparada con tecnologías convencionales de generación empleando carbón, combustóleo e hidroeléctrica.

[II] IPCC = Panel intergubernamental sobre el cambio climático, por sus siglas en inglés.

Supuestos de cálculo:

Parámetro	Valor
Potencial nominal	257.51 MW
Factor de capacidad (Fotovoltaica)[III]	25%
Horas del año	8,760
Producción estimada anual: 257.51 MW x 8,760 h(año x 0.25 = 563,297 MWh/año	

Ahora, estimamos la reducción de emisiones si reemplazamos energía de diferentes fuentes (GCA, 2025)[6]:

1. **Carbón:**

   563,297 MWh x (1,000 – 35) kgCO_2e/MWh = 544,297 toneladas CO_2e/año

2. **Combustóleo:**

   563,297 MWh x (800 – 35) kgCO_2e/MWh = 431,556 toneladas CO_2e/año

3. **Hidroeléctrica:**

   563,297 MWh x (30 – 35) kgCO_2e/MWh = -2,816 toneladas CO_2e/año
   [Este valor negativo indica que, en teoría, la hidroeléctrica podría tener una huella de carbono ligeramente inferior a ciertos escenarios, aunque depende mucho del tipo de planta y su ubicación]

El valor constante de **35 kg CO_2e/MWh** que se utiliza en la reducción de cada uno de los valores medios de emisiones por tipo de combustible utilizado, representa una estimación del impacto del ciclo de vida de la generación fotovoltaica, incluyendo la fabricación, transporte, instalación, mantenimiento y disposición de los paneles solares.

Este valor se resta al comparar con otras fuentes porque queremos estimar la reducción **neta** de emisiones. Si la energía solar fuera completamente libre de emisiones (0 kg CO_2e/MWh), simplemente usaríamos el valor completo de la reducción de las energías convencionales.

Por ejemplo, si una planta de carbón emite **1,000 kg CO_2e/MWh** y la fotovoltaica tuviera **0 kg CO_2e/MWh**, la reducción sería de **1,000 kg CO_2e/MWh**. Pero dado que la fotovoltaica tiene un impacto (35 kg CO_2e/MWh), la reducción real es de 1,000−35 = 965 kg CO_2e/MWh.

La mayor reducción de GEI se obtiene al sustituir por generación fotovoltaica la generación en carboeléctricas (~544 mil toneladas de CO_2e/año), seguida por la generación con combustóleo (~431 mil toneladas de CO_2e/año). En el caso de la generación en plantas hidroeléctricas, la

[III] El concepto de “factor de capacidad” es el cociente entre la energía eléctrica realmente generada por una planta en un periodo determinado y la energía que habría generado si hubiera operado a su máxima capacidad (potencia nominal) durante todo ese periodo. Este valor es muy útil para comparar tecnologías, hacer estimaciones de producción y evaluar la viabilidad económica de proyectos de generación de electricidad con diferentes fuentes de combustible.

diferencia es mínima y puede incluso ser negativa si las emisiones del ciclo de vida de la fotovoltaica fueran mayores.

Incluso, por lo que se refiere al ciclo de vida del carbono en los componentes de los módulos fotovoltaicos, si bien este abarca varias etapas clave, es en la etapa inicial de fabricación en la cual la huella de carbono es significativa y, la larga vida útil de los paneles (25 a 30 años) permiten lograr una compensación en pocos años; en cada etapa la huella de carbono se interpreta de la siguiente forma:

1. Fabricación:
    - Extracción y procesamiento de materias primas (silicio, aluminio, cobre, vidrio).
    - Producción de células y módulos solares.
    - Consumo de energía en fábricas y emisiones asociadas.
2. Transporte e Instalación:
    - Emisiones derivadas del transporte de los paneles a su sitio de instalación.
    - Uso de maquinaria y materiales auxiliares (soportes, cables, inversores).
3. Operación y Mantenimiento:
    - Mantenimiento de los paneles (limpieza, inspecciones).
    - Emisiones mínimas en esta fase, ya que la generación de electricidad es limpia.
4. Desmantelamiento y Reciclaje:
    - Fin de vida útil (aproximadamente 25-30 años).
    - Procesos de reciclaje para recuperar materiales y reducir residuos.
    - Emisiones del transporte y procesamiento de los desechos.

Con base en lo antes expuesto, la economía que se logra en la emisión de GEI el proyecto coadyuva al alcanzar el compromiso asumido por México de reducir de manera no condicionada el 25% de sus emisiones de GEI y de Contaminantes Climáticos de Vida Corta al 2030, ello implicó enfrentar un reto de reducir 22% de GEI y el 51% de Carbono Negro (SEMARNAT, 2015)[7]. Para alcanzar esa importante meta, el Gobierno Federal definió la política nacional de mitigación, en la Ley General de Cambio Climático[8], en las cuales se establece que México debe privilegiar las acciones con mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que, a la vez, brinden beneficios de salud y bienestar para la población. Se propone la adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones de carbono como uno de sus principales ejes en la misma legislación. Aunado, en su artículo 34 fracción I inciso a), se puntualiza que, para la reducción de emisiones en la generación y uso de energía, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de su competencia promoverán el uso de fuentes renovables de energía y fomentarán prácticas de eficiencia energética.

En otro sentido, el proyecto también se alinea a las disposiciones de la Ley de Transición energética, según se detalla en el Capítulo III, subcapítulo II.4.9 de esta MIA-R. Así, con sustento en la información previamente planteada, el presente proyecto es coincidente con el objetivo de la ley previamente indicada, por lo que el desarrollo de éste, se enfoca a un alcance de sostenibilidad, ya que pretende abarcar los pilares de este tipo de desarrollos: económico, ambiental y social, los cuales, una vez relacionados entre sí, crearán un desarrollo viable en lo económico, equitativo en lo social y ecológicamente soportable.

En lo que se refiere a las características del proyecto y, particularmente del ambiente y espacio en el cual se pretende establecer el proyecto Ocote Solar y en el Sistema Ambiental Regional (SAR), se puede deducir que:

1. Respecto a la presencia de **aguas superficiales y subterráneas:** contiguo al área donde se prevé establecer el proyecto, se registra la presencia de un jagüey el cuál no resultará afectado por el establecimiento del proyecto, como tampoco lo será el escurrimiento temporal que lo alimenta, dado que ambos serán asilados (quedando fuera del cercado perimetral del proyecto) para evitar su alteración potencial.

2. **Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que el proyecto no producirá contaminación térmica ni emisiones de CO_2 que favorezcan el efecto invernadero.

3. **Fauna:** el establecimiento del proyecto no se estiman afectaciones a la fauna que pudieran poner en riesgo, particularmente la existencia de especies con estatus de riego de amenaza o en peligro de extinción, toda vez que se realizarán actividades de rescate y reubicación de individuos de toda la fauna que se localice, previo y durante la construcción del proyecto, además de la pobre diversidad y escasa abundancia relativa de los vertebrados identificados en el AeP.

4. **Flora:** se contempla la remoción de vegetación forestal (vegetación secundaria de matorral crasicaule y vegetación secundaria de bosque de táscate) en una superficie de 32.5025 (6.15 % de la superficie total del AeP). Las medidas de mitigación se describen en el Capítulo VI de esta MIA-R, dentro de las cuales destaca la propuesta de lineamientos de programa de rescate y reubicación de flora.

5. **Geología:** aunque las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, el proyecto está diseñado a partir de la adquisición de módulos fotovoltaicos que ya se fabrican por empresas establecidas. Aunado a que no se prevé la modificación del AeP al tratarse de terrenos en su mayoría planos.

6. **Medio social:** el área necesaria para instalar el proyecto ocupará una extensión de aproximadamente **528.3935 hectáreas**, las cuales actualmente registran áreas en las cuales no se ubican poblados o comunidades y, las que se encuentran fuera de los límites del AeP no serán afectadas.

7. **Paisaje:** los módulos solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar, minimizando su impacto visual.

8. **Ruido:** el sistema fotovoltaico es silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor y respetando la normatividad aplicable respecto a generación de ruido provocado por la maquinaria durante la fase de preparación y construcción del proyecto.

9. **Suelo:** la generación de electricidad por este medio no producirá contaminantes ni vertidos que pudieran incidir negativamente sobre el suelo. Si bien la construcción de la Subestación Elevadora, bodegas y oficinas, así como la cimentación de las torres que conforman la línea de transmisión generarán movimientos de tierra, debido a que se emplearán terrenos que registran uso de suelo de agricultura de temporal, estos serán de bajo impacto, lo cual se evidencia en el Capítulo 5º de esta MIA-R. Por la naturaleza del proyecto, la intervención en el suelo para la instalación de sus elementos se realiza en gran parte de la superficie del proyecto a una profundidad no mayor a los 2.5 metros. Otros espacios, que representan el mínimo de área del proyecto, requieren de intervenciones que no exceden los 5 metros de profundidad.

10. Por todo lo expuesto, de forma complementaria, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aprovechar la insolación.

Considerando la información presentada previamente, se considera que el proyecto está apegado a la política de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a través del uso de energías renovables, por lo que contribuye a la meta nacional establecida en los diversos preceptos examinados; la construcción y puesta en operación del proyecto no afectará significativamente las condiciones ambientales prevalecientes en el SAR, lo que quedará ampliamente demostrado en el Capítulo V de esta MIA-R.

Aunado a lo anterior, durante la selección del sitio donde se prevé desarrollar el proyecto, se fundamentó en los aspectos que se expusieron en los párrafos anteriores y se refuerza con los indicadores de la irradiación solar incidente en dicho espacio, además de criterios técnicos, ambientales, económicos y sociales que a continuación se describen:

TÉCNICOS - AMBIENTALES.

A. El AeP es un espacio perturbado debido a su utilización para cultivos agrícolas de temporal, con muy escasa vegetación forestal (vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate y de matorral crasicaule matorral crasicaule y vegetación secundaria de bosque de táscate y áreas desprovistas de vegetación (5.3% de su superficie total).

B. La topografía del predio en general es plana, lo que permite la instalación de los módulos sin necesidad de cortes o rellenos excesivos.

C. Dada las coordenadas de ubicación del sitio, este cuenta con una radiación solar anual estimada de 2,258 kWh/m^2, cifra que muestra que en sitio hay buena disponibilidad del recurso solar para la instalación de un proyecto fotovoltaico.

D. La subestación elevadora del proyecto se encuentra muy próxima al punto de interconexión del Sistema Eléctrico Nacional. Debido a la cercanía entre el punto de conexión y el proyecto (líneas de transmisión de la CFE que discurren paralelas a la carretera federal Pachuca – Tulancingo), el efecto ambiental que podría ocasionar en comparación con un punto de interconexión más distante, es mínimo.

E. La ubicación del proyecto se decidió sobre la base de maximización de la producción de energía eléctrica, en virtud de los cálculos realizados con modelos meteorológicos, y a la modelización realizada con un software específico para cálculos, modelización y análisis de recurso solar fotovoltaico.

F. Los terrenos del Estado de Hidalgo registran presencia constante de vestigios arqueológicos, premisa sobre la cual se tramito y se obtuvo la autorización del INAH para toda el área del proyecto con excepción de dos espacios que quedaron restringidos a todo tipo de trabajo.

ECONÓMICOS

A. La producción de energía eléctrica a través del uso de energías renovables como la radiación solar, representa para el Estado mexicano una vía para promover la eficiencia y sustentabilidad energética. En ese sentido, el proyecto contribuirá con la oferta de energía eléctrica en el mercado eléctrico nacional a precios competitivos.

B. La implementación del proyecto en áreas con uso agrícola de temporal resulta un aliciente para que los propietarios de tierras complementen sus ingresos primarios con la renta de sus parcelas.

C. Como resultado de la construcción del proyecto, la economía local experimentará un impulso debido al aumento en la demanda de servicios y bienes, los cuales se adquirirán en áreas cercanas (agua potable, agua tratada, alimentos, transporte, gestión de residuos, y empleos). Es importante señalar que, al tratarse de una zona con indicadores de perturbación, el proyecto no generará

desequilibrios ecológicos y tampoco interferirá con fuentes ecológicas que provean recursos económicos a los habitantes locales.

SOCIALES

A. El municipio de Epazoyucan, de acuerdo con la SEGOB, 2020[9], en el año 2020 el municipio registró una población de 16,285, de los cuales, el 1.3% (207) hablan alguna lengua indígena; sus habitantes tienen un índice de marginación bajo[IV], estimado en 0.882 en una escala de 0.0 a 1.0), lo que lo ubica en el lugar 53 de los 84 municipios de la entidad Hidalguense. El Estado en su conjunto con 3'082,814 habitantes (2020) tiene un índice de marginación normalizado de 0.66 (alto) que lo ubica en el 9º lugar dentro de las 32 entidades federativas.

Por lo que se refiere al Municipio se Singuilucan, según los datos más recientes del Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), este municipio del estado de Hidalgo, presenta las siguientes características demográficas: tenía una población total de 15,142 habitantes. Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO)[10], en el año 2020 el municipio de Singuilucan, Hidalgo, presentaba un índice de marginación de -0.404, lo que lo clasifica con un grado de marginación bajo. Estos datos reflejan que, aunque Singuilucan no se encuentra entre los municipios con mayor marginación en el país, aún enfrenta desafíos significativos en términos de acceso a servicios básicos y condiciones de vivienda.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto

El Proyecto estará situado en predios parcelados y de propiedad privada, el punto de acceso se ubica a la altura del kilómetro 22+200 de la carretera 130 Pachuca-Tulancingo, dentro de los municipios de Singuilucan y Epazoyucan, estado de Hidalgo. (Con un *time zone*: GTM-6, Figura II.1).

Para el acceso a los terrenos del parque fotovoltaico, se utilizarán aproximadamente 1,600 m del camino que va de la carretera Pachuca – Tulancingo a la comunidad de Jalapilla y discurre hasta llagar a los terrenos del Proyecto (en su km 1.6, hasta la comunidad de Jalapilla en el municipio de Singuilucan y Epazoyucan); consecuentemente no se tendrá que construir ninguna nueva vialidad de acceso (fotografías en Anexo ANX VIII.II.1).

La poligonal envolvente del proyecto se encuentra delimitada por las coordenadas que se relacionan en la tabla II.1, figura II.2; la memoria magnética del cuadro de coordenadas, en formato Excel, se agrega a este documento como anexo ANX VIII.II.2 Georreferenciación de los componentes del proyecto (Excel). Los polígonos que integran el área central están delimitados (plano en anexo ANX VIII.II.3 mapa) por las coordenadas que encierran una superficie de **528.3935** ha (Tabla II.1), (Tabla II.2); esa superficie corresponde al 100% del espacio que será ocupado por las obras del proyecto y, de ese total, el 6.15 % (32.5025 ha) corresponden a vegetación secundaria de matorral crasicaule y vegetación secundaria de bosque de táscate), consecuentemente, esta MIA-R también considera el alcance del inciso O del Artículo 5 del RLGEEPAMEIA.

IV El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeña

Figura II. 1 Ubicación del proyecto “El Ocote”



Figura II. 2 Georreferenciación de la poligonal envolvente del área de establecimiento del proyecto (AeP) Ocote Solar

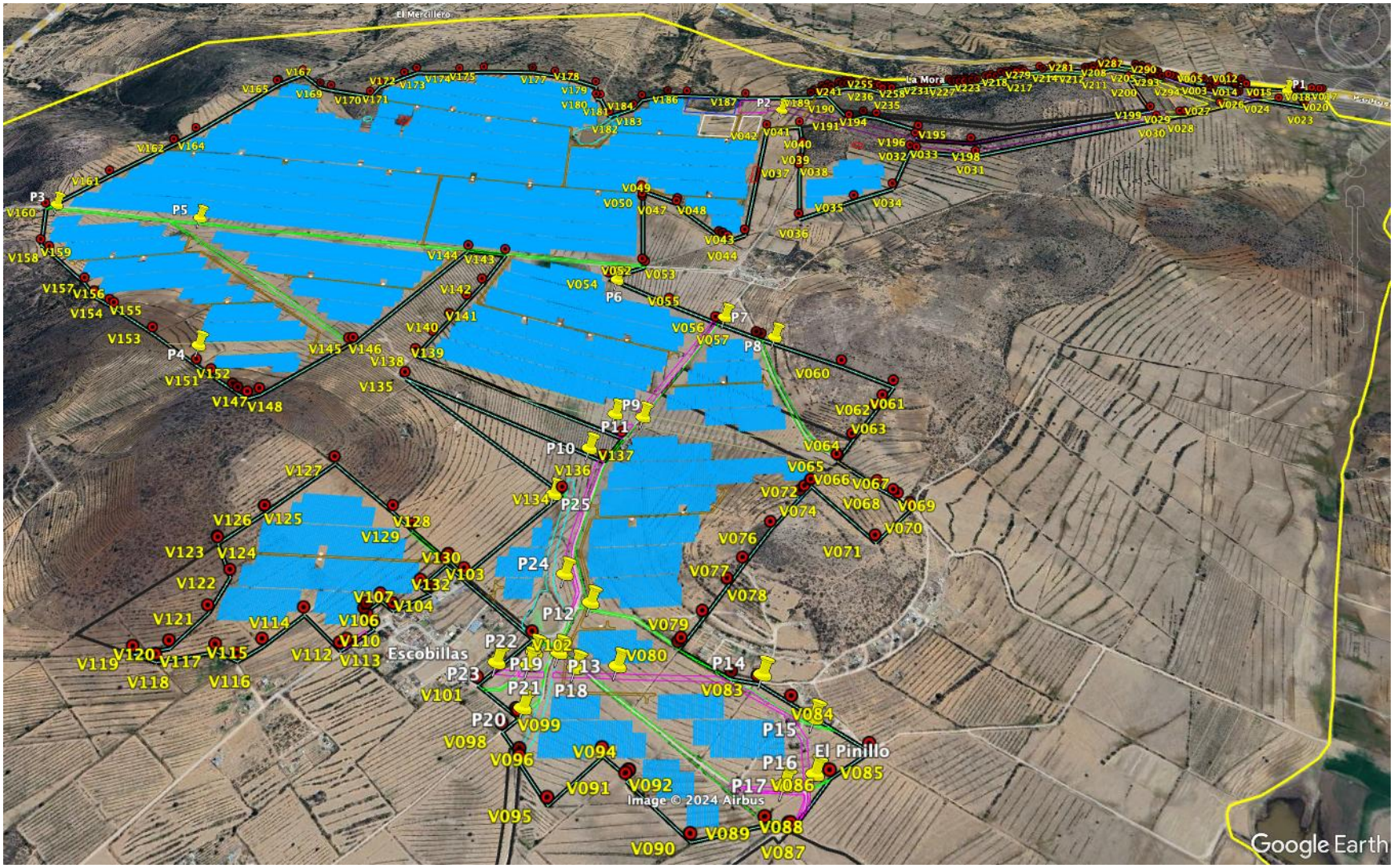


Tabla II. 1 Coordenadas que delimitan el polígono del AeP Ocote Solar

Vértices	X	Y
V001	544332.96	2214350.43
V002	544240.04	2214383.76
V003	544088.64	2214466.27
V004	544038.42	2214489.52
V005	544017.30	2214513.81
V006	544006.44	2214522.10
V007	543984.72	2214538.68
V008	543973.80	2214547.01
V009	543965.51	2214549.90
V010	543883.02	2214566.61
V011	543848.04	2214565.89
V012	543816.70	2214550.30
V013	543781.47	2214521.68
V014	543765.13	2214513.25
V015	543746.78	2214512.06
V016	543667.65	2214523.27
V017	543612.63	2214525.60
V018	543558.21	2214517.11
V019	543475.96	2214495.82
V020	543447.54	2214490.92
V021	543440.27	2214490.28
V022	543414.92	2214485.74
V023	543390.77	2214476.78
V024	543346.84	2214455.88
V025	543321.51	2214445.12
V026	543267.89	2214424.97
V027	543238.93	2214412.60
V028	543230.13	2214408.37
V029	543216.33	2214403.87
V030	543201.84	2214403.12
V031	543188.94	2214404.17
V032	543164.46	2214403.16
V033	543111.44	2214394.36
V034	543093.79	2214392.46
V035	543061.51	2214390.86
V036	543028.71	2214383.57
V037	542906.97	2214333.89
V038	542888.57	2214332.51
V039	542872.84	2214342.16
V040	542864.07	2214352.41
V041	542843.36	2214369.29
V042	542818.05	2214377.84
V043	542764.35	2214385.78
V044	542737.91	2214386.16
V045	542712.29	2214379.58
V046	542667.30	2214361.42
V104	541748.34	2212205.41
V105	541514.78	2211927.49
V106	541467.65	2211970.82
V107	541466.27	2211969.22
V108	541357.44	2212063.29
V109	541294.39	2212121.83
V110	541106.57	2212276.90
V111	540951.80	2212096.15
V112	540950.35	2212094.61
V113	540850.32	2211988.08
V114	540852.67	2211985.65
V115	540906.50	2211889.42
V116	540875.46	2211782.24
V117	540803.44	2211680.24
V118	540717.14	2211662.52
V119	540779.84	2211641.45
V120	540920.83	2211673.31
V121	540980.89	2211648.52
V122	541034.14	2211691.74
V123	541119.41	2211786.61
V124	541230.76	2211686.56
V125	541246.38	2211698.15
V126	541305.72	2211751.69
V127	541283.82	2211774.42
V128	541273.27	2211790.71
V129	541277.55	2211805.82
V130	541307.87	2211837.32
V131	541345.05	2211808.02
V132	541433.26	2211863.89
V133	541404.69	2211885.97
V134	541461.85	2211957.28
V135	541714.82	2211735.09
V136	541589.60	2211599.93
V137	541695.72	2211515.04
V138	541700.54	2211509.37
V139	541664.38	2211474.40
V140	541714.10	2211408.72
V141	541716.26	2211390.19
V142	541791.86	2211285.07
V143	541913.68	2211409.98
V144	541980.01	2211353.17
V145	541972.86	2211345.72
V146	542127.23	2211199.86
V147	542299.83	2211241.25
V148	542354.81	2211227.22
V149	542359.25	2211227.93
V206	543946.86	2214143.67
V207	544006.86	2214171.26
V208	544004.42	2214180.38
V209	544003.97	2214184.15
V210	544003.13	2214184.00
V211	543997.30	2214216.85
V212	543960.34	2214212.12
V213	543938.60	2214209.33
V214	543938.58	2214209.34
V215	543938.70	2214206.10
V216	543158.87	2213859.98
V217	542978.85	2213896.74
V218	542958.36	2213907.88
V219	542974.07	2213946.24
V220	542823.88	2214032.73
V221	542782.10	2214054.67
V222	542746.11	2214083.56
V223	542704.52	2214109.60
V224	542652.39	2214286.87
V225	542625.71	2214291.09
V226	542634.60	2214302.52
V227	542655.62	2214321.23
V228	542678.53	2214333.60
V229	542723.52	2214351.77
V230	542741.45	2214356.37
V231	542759.96	2214356.10
V232	542813.67	2214348.17
V233	542828.85	2214343.04
V234	542841.28	2214332.91
V235	542850.05	2214322.66
V236	542881.50	2214303.36
V237	542918.30	2214306.12
V238	543040.04	2214355.79
V239	543063.01	2214360.89
V240	543095.28	2214362.50
V241	543116.35	2214364.77
V242	543169.37	2214373.56
V243	543186.50	2214374.27
V244	543199.40	2214373.22
V245	543221.80	2214374.37
V246	543243.13	2214381.34
V247	543251.92	2214385.56
V248	543278.44	2214396.89
V249	543332.06	2214417.04
V250	543359.73	2214428.79
V251	543403.65	2214449.69

Vértices	X	Y
V047	542641.04	2214347.58
V048	542606.32	2214315.39
V049	542593.60	2214296.08
V050	542332.62	2214337.27
V051	542094.31	2214375.29
V052	542014.92	2214388.01
V053	541910.84	2214349.05
V054	541879.49	2214269.32
V055	541786.41	2214202.27
V056	541742.78	2214330.11
V057	541725.26	2214332.25
V058	541718.46	2214424.87
V059	541614.42	2214463.55
V060	541547.59	2214476.34
V061	541455.18	2214488.50
V062	541257.17	2214470.79
V063	541160.35	2214449.75
V064	540987.91	2214439.33
V065	540943.67	2214400.45
V066	540860.39	2214318.58
V067	540834.17	2214248.20
V068	540660.05	2214320.79
V069	540607.88	2214351.15
V070	540506.90	2214474.05
V071	540431.88	2214378.44
V072	540427.63	2214371.12
V073	540179.20	2214061.30
V074	540118.17	2213985.39
V075	540115.73	2213982.68
V076	539942.60	2213766.26
V077	539779.86	2213562.10
V078	539863.43	2213317.91
V079	539905.10	2213282.03
V080	540079.79	2213123.65
V081	540141.53	2213046.35
V082	540220.38	2212982.60
V083	540242.98	2212961.36
V084	540421.23	2212816.44
V085	540594.30	2212683.19
V086	540654.44	2212634.71
V087	540744.30	2212559.00
V088	540764.77	2212540.46
V089	540799.86	2212519.32
V090	540829.95	2212538.53
V091	541033.99	2212808.94
V092	541047.71	2212812.20
V093	541343.54	2213314.71

Vértices	X	Y
V150	542458.66	2211356.72
V151	542559.40	2211425.71
V152	542375.21	2211543.53
V153	542293.73	2211597.15
V154	542228.00	2211610.02
V155	542093.41	2211695.69
V156	542101.03	2211706.28
V157	542155.62	2211782.24
V158	542220.73	2211872.81
V159	542262.52	2211930.94
V160	542340.20	2212039.02
V161	542428.46	2212161.81
V162	542441.99	2212180.63
V163	542460.09	2212205.81
V164	542461.67	2212208.01
V165	542624.37	2212012.72
V166	542737.24	2212144.27
V167	542706.03	2212176.30
V168	542694.05	2212188.59
V169	542651.24	2212218.98
V170	542546.80	2212309.70
V171	542543.17	2212312.27
V172	542594.72	2212393.11
V173	542670.14	2212498.03
V174	542695.89	2212533.85
V175	542733.38	2212586.01
V176	542582.55	2212667.67
V177	542343.56	2212829.30
V178	542327.76	2212839.98
V179	542207.46	2212921.33
V180	542198.92	2212927.11
V181	542046.77	2213030.00
V182	541837.04	2213171.84
V183	541959.94	2213228.74
V184	541950.63	2213241.27
V185	541938.25	2213606.43
V186	541937.32	2213623.03
V187	541932.26	2213673.43
V188	542066.18	2213587.70
V189	542063.31	2213572.56
V190	542214.44	2213385.93
V191	542228.22	2213376.91
V192	542244.04	2213359.81
V193	542305.45	2213392.21
V194	542407.77	2214064.88
V195	542534.08	2214060.09
V196	542536.52	2213912.82

Vértices	X	Y
V252	543422.81	2214456.79
V253	543442.92	2214460.40
V254	543450.19	2214461.04
V255	543483.47	2214466.78
V256	543565.72	2214488.07
V257	543614.31	2214495.65
V258	543663.44	2214493.57
V259	543742.57	2214482.36
V260	543773.15	2214484.35
V261	543800.38	2214498.40
V262	543835.62	2214527.02
V263	543855.20	2214536.76
V264	543877.07	2214537.21
V265	543959.56	2214520.50
V266	543977.38	2214514.29
V267	543992.90	2214503.55
V268	544016.26	2214482.19
V269	544036.85	2214468.81
V270	544054.02	2214461.31
V271	544060.69	2214458.39
V272	544074.85	2214452.21
V273	544081.84	2214448.39
V274	544093.62	2214440.52
V275	544099.83	2214436.69
V276	544217.87	2214369.73
V277	544238.13	2214360.44
V278	544299.90	2214338.29
V279	544326.59	2214326.07
V280	544341.10	2214325.76
V281	544367.26	2214337.85
V282	544374.38	2214346.01
V283	544380.35	2214368.39
V284	544382.27	2214375.86
V285	544398.38	2214406.17
V286	544586.77	2214386.32
V287	544605.16	2214384.18
V288	544681.48	2214374.37
V289	544695.03	2214382.79
V290	544682.94	2214385.28
V291	544652.71	2214390.76
V292	544611.11	2214396.58
V293	544395.07	2214421.74
V294	544394.68	2214421.80
V295	544350.40	2214428.09
V296	544330.13	2214431.76
V297	544293.73	2214439.67
V298	544261.90	2214447.94

Vértices	X	Y
V094	541473.61	2213295.19
V095	541414.29	2213131.68
V096	541374.59	2213045.70
V097	541330.87	2212948.42
V098	541292.03	2212858.55
V099	541251.89	2212765.75
V100	541917.28	2212424.64
V101	541866.84	2212334.02
V102	541238.95	2212654.20
V103	541755.74	2212214.61

Vértices	X	Y
V197	542522.72	2213811.50
V198	542520.31	2213796.26
V199	542516.31	2213771.91
V200	542499.29	2213476.17
V201	542702.20	2213574.28
V202	542847.97	2213638.48
V203	542932.42	2213844.58
V204	542955.31	2213832.15
V205	543166.57	2213789.00

Vértices	X	Y
V299	544230.41	2214457.42
V300	544193.66	2214470.14
V301	544200.12	2214456.10
V302	544273.40	2214431.27
V303	544345.91	2214415.64
V304	544348.82	2214414.81
V305	544349.58	2214365.27
V306	544335.46	2214357.41
V307	544332.96	2214350.43

Tabla II. 2 Coordenadas de los 24 polígonos de construcción al interior del AeP

Vértices	X	Y
Polígono 1		
1	544380.35	2214368.39
2	544377.06	2214356.04
3	544349.66	2214364.89
4	544349.20	2214365.05
5	544349.58	2214365.27
6	544348.82	2214414.81
7	544345.91	2214415.64
8	544273.40	2214431.27
9	544200.12	2214456.10
10	544193.66	2214470.14
11	544230.41	2214457.42
12	544261.90	2214447.94
13	544293.73	2214439.67
14	544330.13	2214431.76
15	544350.40	2214428.09
16	544394.68	2214421.80
17	544395.07	2214421.74
18	544611.11	2214396.58
19	544652.71	2214390.76
20	544682.94	2214385.28
21	544695.03	2214382.79
22	544681.48	2214374.37
23	544605.16	2214384.18
24	544586.77	2214386.32
25	544398.38	2214406.17
26	544382.27	2214375.86
27	544380.35	2214368.39
Polígono 2		
1	544093.62	2214440.52
2	544099.83	2214436.69
3	544217.87	2214369.73
4	544238.13	2214360.44
5	544299.90	2214338.29
6	544326.59	2214326.07
7	544341.10	2214325.76
8	544367.26	2214337.85
9	544240.04	2214383.76
10	544088.64	2214466.27

Vértices	X	Y
1432	541748.83	2214015.20
1433	541748.80	2214015.13
1434	541748.76	2214015.06
1435	541748.72	2214014.99
1436	541748.68	2214014.92
1437	541748.64	2214014.85
1438	541748.60	2214014.78
1439	541748.56	2214014.71
1440	541748.52	2214014.64
1441	541748.47	2214014.57
1442	541748.43	2214014.50
1443	541748.39	2214014.44
1444	541748.34	2214014.37
1445	541748.30	2214014.30
1446	541748.25	2214014.23
1447	541748.21	2214014.17
1448	541748.16	2214014.10
1449	541748.12	2214014.03
1450	541748.07	2214013.97
1451	541748.02	2214013.90
1452	541747.97	2214013.84
1453	541747.93	2214013.77
1454	541747.88	2214013.71
1455	541747.83	2214013.65
1456	541747.78	2214013.58
1457	541747.73	2214013.52
1458	541747.67	2214013.46
1459	541747.62	2214013.39
1460	541747.57	2214013.33
1461	541747.52	2214013.27
1462	541747.46	2214013.21
1463	541747.41	2214013.15
1464	541747.36	2214013.09
1465	541747.30	2214013.03
1466	541747.25	2214012.97
1467	541747.19	2214012.91
1468	541747.14	2214012.86
1469	541747.08	2214012.80
1470	541747.02	2214012.74

Vértices	X	Y
2892	541654.21	2214060.97
2893	541654.20	2214061.00
2894	541654.20	2214061.03
2895	541654.19	2214061.06
2896	541654.18	2214061.09
2897	541654.18	2214061.12
2898	541654.17	2214061.15
2899	541654.17	2214061.18
2900	541654.16	2214061.21
2901	541654.16	2214061.24
2902	541654.15	2214061.27
2903	541654.15	2214061.30
2904	541654.14	2214061.33
2905	541654.14	2214061.36
2906	541654.13	2214061.38
2907	541654.13	2214061.41
2908	541654.12	2214061.44
2909	541654.12	2214061.47
2910	541654.11	2214061.50
2911	541654.11	2214061.53
2912	541654.10	2214061.56
2913	541654.10	2214061.59
2914	541654.10	2214061.62
2915	541654.09	2214061.65
2916	541654.09	2214061.68
2917	541654.08	2214061.71
2918	541654.08	2214061.74
2919	541654.08	2214061.77
2920	541654.07	2214061.80
2921	541654.07	2214061.83
2922	541654.07	2214061.86
2923	541654.06	2214061.89
2924	541654.06	2214061.92
2925	541654.06	2214061.95
2926	541654.05	2214061.98
2927	541654.05	2214062.01
2928	541654.05	2214062.04
2929	541654.04	2214062.07
2930	541654.04	2214062.10

Vértices	X	Y
11	544038.42	2214489.52
12	544017.30	2214513.81
13	544006.44	2214522.10
14	543984.72	2214538.68
15	543973.80	2214547.01
16	543965.51	2214549.90
17	543883.02	2214566.61
18	543848.04	2214565.89
19	543816.70	2214550.30
20	543781.47	2214521.68
21	543765.13	2214513.25
22	543746.78	2214512.06
23	543667.65	2214523.27
24	543612.63	2214525.60
25	543558.21	2214517.11
26	543475.96	2214495.82
27	543447.54	2214490.92
28	543440.27	2214490.28
29	543414.92	2214485.74
30	543390.77	2214476.78
31	543346.84	2214455.88
32	543321.51	2214445.12
33	543267.89	2214424.97
34	543238.93	2214412.60
35	543230.13	2214408.37
36	543216.33	2214403.87
37	543201.84	2214403.12
38	543188.94	2214404.17
39	543164.46	2214403.16
40	543111.44	2214394.36
41	543093.79	2214392.46
42	543061.51	2214390.86
43	543028.71	2214383.57
44	542906.97	2214333.89
45	542888.57	2214332.51
46	542872.84	2214342.16
47	542864.07	2214352.41
48	542843.36	2214369.29
49	542818.05	2214377.84
50	542764.35	2214385.78
51	542737.91	2214386.16
52	542712.29	2214379.58
53	542667.30	2214361.42
54	542641.04	2214347.58
55	542606.32	2214315.39
56	542593.60	2214296.08
57	542332.62	2214337.27
58	542094.31	2214375.29
59	542014.92	2214388.01
60	541910.84	2214349.05
61	541879.49	2214269.32
62	541820.99	2214227.18
63	541815.71	2214205.62
64	541815.71	2214205.61
65	541815.71	2214205.59

Vértices	X	Y
1471	541746.96	2214012.68
1472	541746.91	2214012.63
1473	541746.85	2214012.57
1474	541746.79	2214012.52
1475	541746.73	2214012.46
1476	541746.67	2214012.41
1477	541746.61	2214012.35
1478	541746.55	2214012.30
1479	541746.49	2214012.25
1480	541746.43	2214012.19
1481	541746.37	2214012.14
1482	541746.30	2214012.09
1483	541746.24	2214012.04
1484	541746.18	2214011.99
1485	541746.11	2214011.94
1486	541746.05	2214011.89
1487	541745.99	2214011.84
1488	541745.92	2214011.79
1489	541745.86	2214011.75
1490	541745.79	2214011.70
1491	541745.72	2214011.65
1492	541745.66	2214011.60
1493	541745.59	2214011.56
1494	541745.52	2214011.51
1495	541745.46	2214011.47
1496	541745.39	2214011.43
1497	541745.32	2214011.38
1498	541745.25	2214011.34
1499	541745.18	2214011.30
1500	541745.12	2214011.25
1501	541745.05	2214011.21
1502	541744.98	2214011.17
1503	541744.91	2214011.13
1504	541744.84	2214011.09
1505	541744.76	2214011.05
1506	541744.69	2214011.02
1507	541744.62	2214010.98
1508	541744.55	2214010.94
1509	541744.48	2214010.90
1510	541744.41	2214010.87
1511	541732.54	2214004.99
1512	541732.53	2214004.94
1513	541732.52	2214004.89
1514	541732.51	2214004.85
1515	541732.50	2214004.80
1516	541732.49	2214004.75
1517	541732.48	2214004.70
1518	541732.46	2214004.66
1519	541732.45	2214004.61
1520	541732.44	2214004.56
1521	541732.43	2214004.51
1522	541732.41	2214004.47
1523	541732.40	2214004.42
1524	541732.39	2214004.37
1525	541732.37	2214004.33

Vértices	X	Y
2931	541654.04	2214062.13
2932	541654.04	2214062.16
2933	541654.03	2214062.19
2934	541654.03	2214062.22
2935	541654.03	2214062.25
2936	541654.03	2214062.28
2937	541654.02	2214062.31
2938	541654.02	2214062.34
2939	541654.02	2214062.37
2940	541654.02	2214062.40
2941	541654.02	2214062.43
2942	541654.01	2214062.46
2943	541654.01	2214062.49
2944	541654.01	2214062.52
2945	541654.01	2214062.55
2946	541654.01	2214062.58
2947	541654.01	2214062.61
2948	541654.01	2214062.64
2949	541654.01	2214062.67
2950	541654.00	2214062.70
2951	541654.00	2214062.73
2952	541654.00	2214062.76
2953	541654.00	2214062.79
2954	541654.00	2214062.82
2955	541654.00	2214062.85
2956	541654.00	2214062.88
2957	541654.00	2214062.91
2958	541654.00	2214062.94
2959	541654.00	2214062.97
2960	541654.00	2214063.00
2961	541654.00	2214067.00
2962	541654.00	2214067.01
2963	541654.00	2214067.03
2964	541654.00	2214067.04
2965	541654.00	2214067.05
2966	541654.00	2214067.07
2967	541654.00	2214067.08
2968	541654.00	2214067.10
2969	541654.00	2214067.11
2970	541654.00	2214067.12
2971	541654.00	2214067.14
2972	541654.00	2214067.15
2973	541654.00	2214067.16
2974	541654.00	2214067.18
2975	541654.00	2214067.19
2976	541654.00	2214067.20
2977	541654.00	2214067.22
2978	541654.00	2214067.23
2979	541654.00	2214067.25
2980	541654.00	2214067.26
2981	541654.00	2214067.27
2982	541654.00	2214067.29
2983	541654.00	2214067.30
2984	541654.00	2214067.31
2985	541654.01	2214067.33

Vértices	X	Y
66	541815.70	2214205.57
67	541815.70	2214205.56
68	541815.69	2214205.54
69	541815.69	2214205.53
70	541815.68	2214205.51
71	541815.68	2214205.49
72	541815.68	2214205.48
73	541815.67	2214205.46
74	541815.67	2214205.45
75	541815.66	2214205.43
76	541815.66	2214205.41
77	541815.66	2214205.40
78	541815.65	2214205.38
79	541815.65	2214205.37
80	541815.64	2214205.35
81	541815.64	2214205.33
82	541815.63	2214205.32
83	541815.63	2214205.30
84	541815.63	2214205.29
85	541815.62	2214205.27
86	541815.62	2214205.26
87	541815.61	2214205.24
88	541815.61	2214205.22
89	541815.60	2214205.21
90	541815.60	2214205.19
91	541815.59	2214205.18
92	541815.59	2214205.16
93	541815.58	2214205.15
94	541815.58	2214205.13
95	541815.57	2214205.11
96	541815.57	2214205.10
97	541815.56	2214205.08
98	541815.56	2214205.07
99	541815.56	2214205.05
100	541815.55	2214205.04
101	541815.55	2214205.02
102	541815.54	2214205.00
103	541815.54	2214204.99
104	541815.53	2214204.97
105	541815.53	2214204.96
106	541815.52	2214204.94
107	541815.52	2214204.93
108	541815.51	2214204.91
109	541815.51	2214204.89
110	541815.50	2214204.88
111	541815.50	2214204.86
112	541815.49	2214204.85
113	541815.48	2214204.83
114	541815.48	2214204.82
115	541815.47	2214204.80
116	541815.47	2214204.78
117	541815.46	2214204.77
118	541815.46	2214204.75
119	541815.45	2214204.74
120	541815.45	2214204.72

Vértices	X	Y
1526	541732.36	2214004.28
1527	541732.34	2214004.23
1528	541732.33	2214004.18
1529	541732.31	2214004.14
1530	541732.30	2214004.09
1531	541732.28	2214004.05
1532	541732.27	2214004.00
1533	541732.25	2214003.95
1534	541732.24	2214003.91
1535	541732.22	2214003.86
1536	541732.21	2214003.81
1537	541732.19	2214003.77
1538	541732.17	2214003.72
1539	541732.15	2214003.68
1540	541732.14	2214003.63
1541	541732.12	2214003.58
1542	541732.10	2214003.54
1543	541732.08	2214003.49
1544	541732.07	2214003.45
1545	541732.05	2214003.40
1546	541732.03	2214003.36
1547	541732.01	2214003.31
1548	541731.99	2214003.27
1549	541731.97	2214003.22
1550	541731.95	2214003.18
1551	541731.93	2214003.13
1552	541731.91	2214003.09
1553	541731.89	2214003.04
1554	541731.87	2214003.00
1555	541731.85	2214002.95
1556	541731.83	2214002.91
1557	541731.81	2214002.87
1558	541731.79	2214002.82
1559	541731.77	2214002.78
1560	541731.75	2214002.73
1561	541731.73	2214002.69
1562	541731.70	2214002.65
1563	541731.68	2214002.60
1564	541731.66	2214002.56
1565	541731.64	2214002.52
1566	541731.61	2214002.47
1567	541731.59	2214002.43
1568	541731.57	2214002.39
1569	541731.54	2214002.34
1570	541731.52	2214002.30
1571	541731.50	2214002.26
1572	541731.47	2214002.22
1573	541731.45	2214002.17
1574	541731.42	2214002.13
1575	541731.40	2214002.09
1576	541731.37	2214002.05
1577	541731.35	2214002.00
1578	541731.32	2214001.96
1579	541731.30	2214001.92
1580	541731.27	2214001.88

Vértices	X	Y
2986	541654.01	2214067.34
2987	541654.01	2214067.35
2988	541654.01	2214067.37
2989	541654.01	2214067.38
2990	541654.01	2214067.39
2991	541654.01	2214067.41
2992	541654.01	2214067.42
2993	541654.01	2214067.44
2994	541654.01	2214067.45
2995	541654.01	2214067.46
2996	541654.01	2214067.48
2997	541654.01	2214067.49
2998	541654.01	2214067.50
2999	541654.01	2214067.52
3000	541654.01	2214067.53
3001	541654.01	2214067.54
3002	541654.02	2214067.56
3003	541654.02	2214067.57
3004	541654.02	2214067.59
3005	541654.02	2214067.60
3006	541654.02	2214067.61
3007	541654.02	2214067.63
3008	541654.02	2214067.64
3009	541654.02	2214067.65
3010	541654.02	2214067.67
3011	541654.02	2214067.68
3012	541654.02	2214067.69
3013	541654.03	2214067.71
3014	541654.03	2214067.72
3015	541654.03	2214067.73
3016	541654.03	2214067.75
3017	541654.03	2214067.76
3018	541654.03	2214067.78
3019	541654.03	2214067.79
3020	541654.03	2214067.80
3021	541654.03	2214067.82
3022	541654.03	2214067.83
3023	541654.04	2214067.84
3024	541654.04	2214067.86
3025	541654.04	2214067.87
3026	541654.04	2214067.88
3027	541654.04	2214067.90
3028	541654.04	2214067.91
3029	541654.04	2214067.92
3030	541654.04	2214067.94
3031	541654.05	2214067.95
3032	541654.05	2214067.97
3033	541654.05	2214067.98
3034	541654.05	2214067.99
3035	541654.05	2214068.01
3036	541654.05	2214068.02
3037	541654.05	2214068.03
3038	541654.05	2214068.05
3039	541654.06	2214068.06
3040	541654.06	2214068.07

Vértices	X	Y
121	541815.44	2214204.71
122	541815.44	2214204.69
123	541815.43	2214204.68
124	541815.43	2214204.66
125	541815.42	2214204.65
126	541815.41	2214204.63
127	541815.41	2214204.61
128	541815.40	2214204.60
129	541815.40	2214204.58
130	541815.39	2214204.57
131	541815.39	2214204.55
132	541815.38	2214204.54
133	541815.38	2214204.52
134	541815.37	2214204.51
135	541815.36	2214204.49
136	541815.36	2214204.48
137	541815.35	2214204.46
138	541815.35	2214204.44
139	541815.34	2214204.43
140	541815.33	2214204.41
141	541815.33	2214204.40
142	541815.32	2214204.38
143	541815.32	2214204.37
144	541815.31	2214204.35
145	541815.31	2214204.34
146	541815.30	2214204.32
147	541815.29	2214204.31
148	541815.29	2214204.29
149	541815.28	2214204.28
150	541815.27	2214204.26
151	541815.27	2214204.25
152	541815.26	2214204.23
153	541815.26	2214204.22
154	541815.25	2214204.20
155	541815.24	2214204.18
156	541815.24	2214204.17
157	541815.23	2214204.15
158	541815.22	2214204.14
159	541815.22	2214204.12
160	541815.21	2214204.11
161	541815.21	2214204.09
162	541815.20	2214204.08
163	541815.19	2214204.06
164	541815.19	2214204.05
165	541815.18	2214204.03
166	541815.17	2214204.02
167	541815.17	2214204.00
168	541815.16	2214203.99
169	541815.15	2214203.97
170	541815.15	2214203.96
171	541815.14	2214203.94
172	541815.13	2214203.93
173	541815.13	2214203.91
174	541815.12	2214203.90
175	541815.11	2214203.88

Vértices	X	Y
1581	541731.25	2214001.84
1582	541731.22	2214001.80
1583	541731.19	2214001.76
1584	541731.17	2214001.71
1585	541731.14	2214001.67
1586	541731.11	2214001.63
1587	541731.09	2214001.59
1588	541731.06	2214001.55
1589	541731.03	2214001.51
1590	541731.00	2214001.47
1591	541730.97	2214001.43
1592	541730.95	2214001.39
1593	541730.92	2214001.35
1594	541730.89	2214001.31
1595	541730.86	2214001.27
1596	541730.83	2214001.23
1597	541730.80	2214001.19
1598	541730.77	2214001.15
1599	541730.74	2214001.11
1600	541730.71	2214001.08
1601	541730.68	2214001.04
1602	541730.65	2214001.00
1603	541730.62	2214000.96
1604	541730.59	2214000.92
1605	541730.56	2214000.88
1606	541730.53	2214000.85
1607	541730.50	2214000.81
1608	541730.47	2214000.77
1609	541730.44	2214000.73
1610	541730.41	2214000.69
1611	541730.38	2214000.66
1612	541730.34	2214000.62
1613	541730.31	2214000.58
1614	541730.28	2214000.55
1615	541730.25	2214000.51
1616	541730.21	2214000.47
1617	541730.18	2214000.44
1618	541730.15	2214000.40
1619	541730.11	2214000.37
1620	541730.08	2214000.33
1621	541730.05	2214000.29
1622	541730.01	2214000.26
1623	541729.98	2214000.22
1624	541729.95	2214000.19
1625	541729.91	2214000.15
1626	541729.88	2214000.12
1627	541729.84	2214000.08
1628	541729.81	2214000.05
1629	541729.77	2214000.02
1630	541729.74	2213999.98
1631	541729.70	2213999.95
1632	541729.67	2213999.91
1633	541729.63	2213999.88
1634	541729.60	2213999.85
1635	541729.56	2213999.81

Vértices	X	Y
3041	541654.06	2214068.09
3042	541654.06	2214068.10
3043	541654.06	2214068.11
3044	541654.06	2214068.13
3045	541654.07	2214068.14
3046	541654.07	2214068.15
3047	541654.07	2214068.17
3048	541654.07	2214068.18
3049	541654.07	2214068.20
3050	541654.07	2214068.21
3051	541654.08	2214068.22
3052	541654.08	2214068.24
3053	541654.08	2214068.25
3054	541654.08	2214068.26
3055	541654.08	2214068.28
3056	541654.08	2214068.29
3057	541654.09	2214068.30
3058	541654.09	2214068.32
3059	541654.09	2214068.33
3060	541654.09	2214068.34
3061	541654.09	2214068.36
3062	541654.09	2214068.37
3063	541654.10	2214068.38
3064	541654.10	2214068.40
3065	541654.10	2214068.41
3066	541654.10	2214068.42
3067	541654.10	2214068.44
3068	541654.11	2214068.45
3069	541654.11	2214068.47
3070	541654.11	2214068.48
3071	541654.11	2214068.49
3072	541654.11	2214068.51
3073	541654.12	2214068.52
3074	541654.12	2214068.53
3075	541654.12	2214068.55
3076	541654.12	2214068.56
3077	541654.12	2214068.57
3078	541654.13	2214068.59
3079	541654.13	2214068.60
3080	541654.13	2214068.61
3081	541654.13	2214068.63
3082	541654.14	2214068.64
3083	541654.14	2214068.65
3084	541654.14	2214068.67
3085	541654.14	2214068.68
3086	541654.14	2214068.69
3087	541654.15	2214068.71
3088	541654.15	2214068.72
3089	541654.15	2214068.73
3090	541654.15	2214068.75
3091	541654.16	2214068.76
3092	541654.16	2214068.77
3093	541654.16	2214068.79
3094	541654.16	2214068.80
3095	541654.17	2214068.81

Vértices	X	Y
176	541815.11	2214203.87
177	541815.10	2214203.85
178	541815.09	2214203.84
179	541815.09	2214203.82
180	541815.08	2214203.81
181	541815.07	2214203.79
182	541815.07	2214203.78
183	541815.06	2214203.76
184	541815.05	2214203.75
185	541815.04	2214203.73
186	541815.04	2214203.72
187	541815.03	2214203.70
188	541815.02	2214203.69
189	541815.02	2214203.67
190	541815.01	2214203.66
191	541815.00	2214203.64
192	541814.99	2214203.63
193	541814.99	2214203.62
194	541814.98	2214203.60
195	541814.97	2214203.59
196	541814.97	2214203.57
197	541814.96	2214203.56
198	541814.95	2214203.54
199	541814.94	2214203.53
200	541814.94	2214203.51
201	541814.93	2214203.50
202	541814.92	2214203.48
203	541814.91	2214203.47
204	541814.91	2214203.45
205	541814.90	2214203.44
206	541814.89	2214203.42
207	541814.88	2214203.41
208	541814.88	2214203.39
209	541814.87	2214203.38
210	541814.86	2214203.37
211	541814.85	2214203.35
212	541814.85	2214203.34
213	541814.84	2214203.32
214	541814.83	2214203.31
215	541814.82	2214203.29
216	541814.82	2214203.28
217	541814.81	2214203.26
218	541814.80	2214203.25
219	541814.79	2214203.23
220	541814.78	2214203.22
221	541814.78	2214203.21
222	541814.77	2214203.19
223	541814.76	2214203.18
224	541814.75	2214203.16
225	541814.74	2214203.15
226	541814.74	2214203.13
227	541814.73	2214203.12
228	541814.72	2214203.11
229	541814.71	2214203.09
230	541814.70	2214203.08

Vértices	X	Y
1636	541729.52	2213999.78
1637	541729.49	2213999.75
1638	541729.45	2213999.71
1639	541729.42	2213999.68
1640	541729.38	2213999.65
1641	541729.34	2213999.62
1642	541729.30	2213999.59
1643	541729.27	2213999.55
1644	541729.23	2213999.52
1645	541729.19	2213999.49
1646	541729.16	2213999.46
1647	541729.12	2213999.43
1648	541729.08	2213999.40
1649	541729.04	2213999.37
1650	541729.00	2213999.34
1651	541728.96	2213999.31
1652	541728.93	2213999.28
1653	541728.89	2213999.25
1654	541728.85	2213999.22
1655	541728.81	2213999.19
1656	541728.77	2213999.16
1657	541728.73	2213999.13
1658	541728.69	2213999.10
1659	541728.65	2213999.07
1660	541728.61	2213999.04
1661	541728.57	2213999.01
1662	541728.53	2213998.98
1663	541728.49	2213998.96
1664	541728.45	2213998.93
1665	541728.41	2213998.90
1666	541728.37	2213998.87
1667	541728.33	2213998.85
1668	541728.29	2213998.82
1669	541728.25	2213998.79
1670	541728.21	2213998.77
1671	541728.17	2213998.74
1672	541728.13	2213998.71
1673	541728.08	2213998.69
1674	541728.04	2213998.66
1675	541728.00	2213998.64
1676	541727.96	2213998.61
1677	541727.92	2213998.59
1678	541727.88	2213998.56
1679	541727.83	2213998.54
1680	541727.79	2213998.51
1681	541727.75	2213998.49
1682	541727.71	2213998.46
1683	541727.66	2213998.44
1684	541727.62	2213998.41
1685	541727.58	2213998.39
1686	541727.54	2213998.37
1687	541727.49	2213998.34
1688	541727.45	2213998.32
1689	541727.41	2213998.30
1690	541727.36	2213998.28

Vértices	X	Y
3096	541654.17	2214068.83
3097	541654.17	2214068.84
3098	541654.17	2214068.85
3099	541654.18	2214068.87
3100	541654.18	2214068.88
3101	541654.18	2214068.89
3102	541654.18	2214068.91
3103	541654.19	2214068.92
3104	541654.19	2214068.93
3105	541654.19	2214068.95
3106	541654.19	2214068.96
3107	541654.20	2214068.97
3108	541654.20	2214068.99
3109	541654.20	2214069.00
3110	541654.21	2214069.02
3111	541654.21	2214069.03
3112	541654.21	2214069.04
3113	541654.21	2214069.06
3114	541654.22	2214069.07
3115	541654.22	2214069.08
3116	541654.22	2214069.09
3117	541654.22	2214069.11
3118	541654.23	2214069.12
3119	541654.23	2214069.13
3120	541654.23	2214069.15
3121	541654.24	2214069.16
3122	541654.24	2214069.17
3123	541654.24	2214069.19
3124	541654.25	2214069.20
3125	541654.25	2214069.21
3126	541654.25	2214069.23
3127	541654.25	2214069.24
3128	541654.26	2214069.25
3129	541654.26	2214069.27
3130	541654.26	2214069.28
3131	541654.27	2214069.29
3132	541654.27	2214069.31
3133	541654.27	2214069.32
3134	541654.28	2214069.33
3135	541654.28	2214069.35
3136	541654.28	2214069.36
3137	541654.29	2214069.37
3138	541654.29	2214069.39
3139	541654.29	2214069.40
3140	541654.30	2214069.41
3141	541654.30	2214069.43
3142	541656.30	2214077.43
3143	541656.30	2214077.44
3144	541656.31	2214077.46
3145	541656.31	2214077.47
3146	541656.32	2214077.49
3147	541656.32	2214077.51
3148	541656.32	2214077.52
3149	541656.33	2214077.54
3150	541656.33	2214077.55

Vértices	X	Y
231	541814.70	2214203.06
232	541814.69	2214203.05
233	541814.68	2214203.03
234	541814.67	2214203.02
235	541814.66	2214203.01
236	541814.66	2214202.99
237	541814.65	2214202.98
238	541814.64	2214202.96
239	541814.63	2214202.95
240	541814.62	2214202.93
241	541814.61	2214202.92
242	541814.61	2214202.91
243	541814.60	2214202.89
244	541773.59	2214133.89
245	541773.59	2214133.88
246	541773.59	2214133.87
247	541773.58	2214133.87
248	541773.58	2214133.86
249	541773.57	2214133.85
250	541773.57	2214133.85
251	541773.57	2214133.84
252	541773.56	2214133.84
253	541773.56	2214133.83
254	541773.56	2214133.82
255	541773.55	2214133.82
256	541773.55	2214133.81
257	541773.55	2214133.81
258	541773.54	2214133.80
259	541773.54	2214133.79
260	541773.53	2214133.79
261	541773.53	2214133.78
262	541773.53	2214133.78
263	541773.52	2214133.77
264	541773.52	2214133.76
265	541773.52	2214133.76
266	541773.51	2214133.75
267	541773.51	2214133.75
268	541773.50	2214133.74
269	541773.50	2214133.73
270	541773.50	2214133.73
271	541773.49	2214133.72
272	541773.49	2214133.71
273	541773.49	2214133.71
274	541773.48	2214133.70
275	541773.48	2214133.70
276	541773.47	2214133.69
277	541773.47	2214133.68
278	541773.47	2214133.68
279	541773.46	2214133.67
280	541773.46	2214133.67
281	541773.46	2214133.66
282	541773.45	2214133.65
283	541773.45	2214133.65
284	541773.44	2214133.64
285	541773.44	2214133.64

Vértices	X	Y
1691	541727.32	2213998.25
1692	541715.83	2213992.41
1693	541715.81	2213992.40
1694	541715.78	2213992.38
1695	541715.76	2213992.37
1696	541715.73	2213992.36
1697	541715.71	2213992.35
1698	541715.68	2213992.34
1699	541715.66	2213992.32
1700	541715.63	2213992.31
1701	541715.61	2213992.30
1702	541715.58	2213992.29
1703	541715.56	2213992.28
1704	541715.54	2213992.27
1705	541715.51	2213992.25
1706	541715.49	2213992.24
1707	541715.46	2213992.23
1708	541715.44	2213992.22
1709	541715.41	2213992.21
1710	541715.39	2213992.20
1711	541715.36	2213992.19
1712	541715.34	2213992.18
1713	541715.31	2213992.16
1714	541715.29	2213992.15
1715	541715.26	2213992.14
1716	541715.24	2213992.13
1717	541715.21	2213992.12
1718	541715.19	2213992.11
1719	541715.16	2213992.10
1720	541715.14	2213992.09
1721	541715.11	2213992.08
1722	541715.09	2213992.07
1723	541715.06	2213992.06
1724	541715.04	2213992.05
1725	541715.01	2213992.04
1726	541714.98	2213992.03
1727	541714.96	2213992.02
1728	541714.93	2213992.01
1729	541714.91	2213992.00
1730	541714.88	2213991.99
1731	541714.86	2213991.98
1732	541714.83	2213991.97
1733	541714.81	2213991.96
1734	541714.78	2213991.95
1735	541714.76	2213991.94
1736	541714.73	2213991.93
1737	541714.70	2213991.92
1738	541714.68	2213991.91
1739	541714.65	2213991.90
1740	541714.63	2213991.89
1741	541714.60	2213991.88
1742	541714.58	2213991.88
1743	541714.55	2213991.87
1744	541714.52	2213991.86
1745	541714.50	2213991.85

Vértices	X	Y
3151	541656.34	2214077.57
3152	541656.34	2214077.59
3153	541656.35	2214077.60
3154	541656.35	2214077.62
3155	541656.35	2214077.63
3156	541656.36	2214077.65
3157	541656.36	2214077.66
3158	541656.37	2214077.68
3159	541656.37	2214077.70
3160	541656.38	2214077.71
3161	541656.38	2214077.73
3162	541656.38	2214077.74
3163	541656.39	2214077.76
3164	541656.39	2214077.78
3165	541656.40	2214077.79
3166	541656.40	2214077.81
3167	541656.41	2214077.82
3168	541656.41	2214077.84
3169	541656.42	2214077.85
3170	541656.42	2214077.87
3171	541656.43	2214077.89
3172	541656.43	2214077.90
3173	541656.44	2214077.92
3174	541656.44	2214077.93
3175	541656.45	2214077.95
3176	541656.45	2214077.96
3177	541656.46	2214077.98
3178	541656.46	2214077.99
3179	541656.46	2214078.01
3180	541656.47	2214078.03
3181	541656.47	2214078.04
3182	541656.48	2214078.06
3183	541656.48	2214078.07
3184	541656.49	2214078.09
3185	541656.50	2214078.10
3186	541656.50	2214078.12
3187	541656.51	2214078.14
3188	541656.51	2214078.15
3189	541656.52	2214078.17
3190	541656.52	2214078.18
3191	541656.53	2214078.20
3192	541656.53	2214078.21
3193	541656.54	2214078.23
3194	541656.54	2214078.24
3195	541656.55	2214078.26
3196	541656.55	2214078.28
3197	541656.56	2214078.29
3198	541656.56	2214078.31
3199	541656.57	2214078.32
3200	541656.57	2214078.34
3201	541656.58	2214078.35
3202	541656.59	2214078.37
3203	541656.59	2214078.38
3204	541656.60	2214078.40
3205	541656.60	2214078.41

Vértices	X	Y
286	541773.44	2214133.63
287	541773.43	2214133.62
288	541773.43	2214133.62
289	541773.42	2214133.61
290	541773.42	2214133.61
291	541773.42	2214133.60
292	541773.41	2214133.59
293	541773.41	2214133.59
294	541773.41	2214133.58
295	541773.40	2214133.58
296	541773.40	2214133.57
297	541773.39	2214133.56
298	541773.39	2214133.56
299	541773.39	2214133.55
300	541773.38	2214133.55
301	541773.38	2214133.54
302	541773.37	2214133.53
303	541773.37	2214133.53
304	541773.37	2214133.52
305	541773.36	2214133.52
306	541773.36	2214133.51
307	541773.35	2214133.50
308	541773.35	2214133.50
309	541773.35	2214133.49
310	541773.34	2214133.49
311	541773.34	2214133.48
312	541773.33	2214133.47
313	541773.33	2214133.47
314	541773.33	2214133.46
315	541773.32	2214133.46
316	541773.32	2214133.45
317	541773.31	2214133.44
318	541773.31	2214133.44
319	541773.31	2214133.43
320	541773.30	2214133.43
321	541773.30	2214133.42
322	541773.30	2214133.41
323	541773.29	2214133.41
324	541773.29	2214133.40
325	541773.28	2214133.40
326	541773.28	2214133.39
327	541773.28	2214133.39
328	541773.27	2214133.38
329	541773.27	2214133.37
330	541773.26	2214133.37
331	541773.26	2214133.36
332	541773.25	2214133.36
333	541773.25	2214133.35
334	541773.25	2214133.34
335	541773.24	2214133.34
336	541773.24	2214133.33
337	541773.23	2214133.33
338	541773.23	2214133.32
339	541773.23	2214133.31
340	541773.22	2214133.31

Vértices	X	Y
1746	541714.47	2213991.84
1747	541714.45	2213991.83
1748	541714.42	2213991.82
1749	541714.39	2213991.81
1750	541714.37	2213991.81
1751	541714.34	2213991.80
1752	541714.32	2213991.79
1753	541714.29	2213991.78
1754	541714.26	2213991.77
1755	541714.24	2213991.77
1756	541714.21	2213991.76
1757	541714.19	2213991.75
1758	541714.16	2213991.74
1759	541714.13	2213991.73
1760	541714.11	2213991.73
1761	541714.08	2213991.72
1762	541714.06	2213991.71
1763	541714.03	2213991.70
1764	541714.00	2213991.70
1765	541713.98	2213991.69
1766	541713.95	2213991.68
1767	541713.92	2213991.67
1768	541713.90	2213991.67
1769	541713.87	2213991.66
1770	541713.85	2213991.65
1771	541713.82	2213991.65
1772	541713.79	2213991.64
1773	541713.77	2213991.63
1774	541713.74	2213991.63
1775	541713.71	2213991.62
1776	541713.69	2213991.61
1777	541713.66	2213991.61
1778	541713.63	2213991.60
1779	541713.61	2213991.59
1780	541713.58	2213991.59
1781	541713.55	2213991.58
1782	541713.53	2213991.57
1783	541713.50	2213991.57
1784	541713.47	2213991.56
1785	541713.45	2213991.56
1786	541713.42	2213991.55
1787	541713.39	2213991.54
1788	541713.37	2213991.54
1789	541713.34	2213991.53
1790	541713.31	2213991.53
1791	541713.29	2213991.52
1792	541713.26	2213991.52
1793	541713.23	2213991.51
1794	541713.21	2213991.51
1795	541713.18	2213991.50
1796	541713.15	2213991.50
1797	541713.13	2213991.49
1798	541713.10	2213991.49
1799	541713.07	2213991.48
1800	541713.05	2213991.48

Vértices	X	Y
3206	541656.61	2214078.43
3207	541656.61	2214078.45
3208	541656.62	2214078.46
3209	541656.62	2214078.48
3210	541656.63	2214078.49
3211	541656.64	2214078.51
3212	541656.64	2214078.52
3213	541656.65	2214078.54
3214	541656.65	2214078.55
3215	541656.66	2214078.57
3216	541656.67	2214078.58
3217	541656.67	2214078.60
3218	541656.68	2214078.61
3219	541656.68	2214078.63
3220	541656.69	2214078.64
3221	541656.69	2214078.66
3222	541656.70	2214078.68
3223	541656.71	2214078.69
3224	541656.71	2214078.71
3225	541656.72	2214078.72
3226	541656.73	2214078.74
3227	541656.73	2214078.75
3228	541656.74	2214078.77
3229	541656.74	2214078.78
3230	541656.75	2214078.80
3231	541656.76	2214078.81
3232	541656.76	2214078.83
3233	541656.77	2214078.84
3234	541656.78	2214078.86
3235	541656.78	2214078.87
3236	541656.79	2214078.89
3237	541656.79	2214078.90
3238	541656.80	2214078.92
3239	541656.81	2214078.93
3240	541656.81	2214078.95
3241	541656.82	2214078.96
3242	541656.83	2214078.98
3243	541656.83	2214078.99
3244	541656.84	2214079.01
3245	541656.85	2214079.02
3246	541656.85	2214079.04
3247	541656.86	2214079.05
3248	541656.87	2214079.07
3249	541656.87	2214079.08
3250	541656.88	2214079.10
3251	541656.89	2214079.11
3252	541656.89	2214079.13
3253	541656.90	2214079.14
3254	541656.91	2214079.16
3255	541656.91	2214079.17
3256	541656.92	2214079.19
3257	541656.93	2214079.20
3258	541656.93	2214079.22
3259	541656.94	2214079.23
3260	541656.95	2214079.25

Vértices	X	Y
341	541773.22	2214133.30
342	541773.21	2214133.30
343	541773.21	2214133.29
344	541773.21	2214133.29
345	541773.20	2214133.28
346	541773.20	2214133.27
347	541773.19	2214133.27
348	541773.19	2214133.26
349	541773.19	2214133.26
350	541773.18	2214133.25
351	541773.18	2214133.24
352	541773.17	2214133.24
353	541773.17	2214133.23
354	541773.17	2214133.23
355	541773.16	2214133.22
356	541773.16	2214133.22
357	541773.15	2214133.21
358	541773.15	2214133.20
359	541773.14	2214133.20
360	541773.14	2214133.19
361	541773.14	2214133.19
362	541773.13	2214133.18
363	541773.13	2214133.17
364	541773.12	2214133.17
365	541773.12	2214133.16
366	541773.12	2214133.16
367	541773.11	2214133.15
368	541773.11	2214133.15
369	541773.10	2214133.14
370	541773.10	2214133.13
371	541773.09	2214133.13
372	541773.09	2214133.12
373	541773.09	2214133.12
374	541773.08	2214133.11
375	541773.08	2214133.10
376	541773.07	2214133.10
377	541773.07	2214133.09
378	541773.06	2214133.09
379	541773.06	2214133.08
380	541773.06	2214133.08
381	541773.05	2214133.07
382	541773.05	2214133.06
383	541773.04	2214133.06
384	541773.04	2214133.05
385	541773.04	2214133.05
386	541773.03	2214133.04
387	541773.03	2214133.04
388	541773.02	2214133.03
389	541773.02	2214133.02
390	541773.01	2214133.02
391	541773.01	2214133.01
392	541773.01	2214133.01
393	541773.00	2214133.00
394	541773.00	2214133.00
395	541772.99	2214132.99

Vértices	X	Y
1801	541713.02	2213991.47
1802	541712.99	2213991.47
1803	541712.97	2213991.46
1804	541712.94	2213991.46
1805	541712.91	2213991.45
1806	541712.89	2213991.45
1807	541712.86	2213991.45
1808	541712.83	2213991.44
1809	541712.80	2213991.44
1810	541712.78	2213991.43
1811	541712.75	2213991.43
1812	541712.72	2213991.42
1813	541712.70	2213991.42
1814	541712.67	2213991.42
1815	541712.64	2213991.41
1816	541712.62	2213991.41
1817	541712.59	2213991.41
1818	541712.56	2213991.40
1819	541712.53	2213991.40
1820	541712.51	2213991.40
1821	541712.48	2213991.39
1822	541712.45	2213991.39
1823	541712.43	2213991.39
1824	541712.40	2213991.38
1825	541712.37	2213991.38
1826	541712.34	2213991.38
1827	541712.32	2213991.37
1828	541712.29	2213991.37
1829	541712.26	2213991.37
1830	541712.24	2213991.37
1831	541712.21	2213991.36
1832	541712.18	2213991.36
1833	541712.15	2213991.36
1834	541712.13	2213991.36
1835	541712.10	2213991.35
1836	541712.07	2213991.35
1837	541712.05	2213991.35
1838	541712.02	2213991.35
1839	541711.99	2213991.35
1840	541711.96	2213991.34
1841	541711.94	2213991.34
1842	541711.91	2213991.34
1843	541711.88	2213991.34
1844	541711.86	2213991.34
1845	541711.83	2213991.34
1846	541711.80	2213991.33
1847	541711.77	2213991.33
1848	541711.75	2213991.33
1849	541711.72	2213991.33
1850	541711.69	2213991.33
1851	541711.66	2213991.33
1852	541711.64	2213991.33
1853	541711.61	2213991.33
1854	541711.58	2213991.33
1855	541711.56	2213991.33

Vértices	X	Y
3261	541656.95	2214079.26
3262	541656.96	2214079.28
3263	541656.97	2214079.29
3264	541656.98	2214079.31
3265	541656.98	2214079.32
3266	541656.99	2214079.34
3267	541657.00	2214079.35
3268	541657.00	2214079.37
3269	541657.01	2214079.38
3270	541657.02	2214079.40
3271	541657.03	2214079.41
3272	541657.03	2214079.42
3273	541657.04	2214079.44
3274	541657.05	2214079.45
3275	541657.06	2214079.47
3276	541657.06	2214079.48
3277	541657.07	2214079.50
3278	541657.08	2214079.51
3279	541657.08	2214079.53
3280	541657.09	2214079.54
3281	541657.10	2214079.56
3282	541657.11	2214079.57
3283	541657.11	2214079.59
3284	541657.12	2214079.60
3285	541657.13	2214079.62
3286	541657.14	2214079.63
3287	541657.14	2214079.64
3288	541657.15	2214079.66
3289	541657.16	2214079.67
3290	541657.17	2214079.69
3291	541657.18	2214079.70
3292	541657.18	2214079.72
3293	541657.19	2214079.73
3294	541657.20	2214079.75
3295	541657.21	2214079.76
3296	541657.21	2214079.77
3297	541657.22	2214079.79
3298	541657.23	2214079.80
3299	541657.24	2214079.82
3300	541657.25	2214079.83
3301	541657.25	2214079.85
3302	541657.26	2214079.86
3303	541657.27	2214079.88
3304	541657.28	2214079.89
3305	541657.29	2214079.90
3306	541657.29	2214079.92
3307	541657.30	2214079.93
3308	541657.31	2214079.95
3309	541657.32	2214079.96
3310	541657.33	2214079.97
3311	541657.33	2214079.99
3312	541657.34	2214080.00
3313	541657.35	2214080.02
3314	541657.36	2214080.03
3315	541657.37	2214080.05

Vértices	X	Y
396	541772.99	2214132.98
397	541772.98	2214132.98
398	541772.98	2214132.97
399	541772.98	2214132.97
400	541772.97	2214132.96
401	541772.97	2214132.96
402	541772.96	2214132.95
403	541772.96	2214132.94
404	541772.95	2214132.94
405	541772.95	2214132.93
406	541772.95	2214132.93
407	541772.94	2214132.92
408	541772.94	2214132.92
409	541772.93	2214132.91
410	541772.93	2214132.90
411	541772.92	2214132.90
412	541772.92	2214132.89
413	541772.91	2214132.89
414	541772.91	2214132.88
415	541772.91	2214132.88
416	541772.90	2214132.87
417	541772.90	2214132.87
418	541772.89	2214132.86
419	541772.89	2214132.85
420	541772.88	2214132.85
421	541772.88	2214132.84
422	541772.88	2214132.84
423	541772.87	2214132.83
424	541751.93	2214106.12
425	541765.90	2214100.21
426	541765.92	2214100.20
427	541765.94	2214100.19
428	541765.96	2214100.18
429	541765.99	2214100.17
430	541766.01	2214100.16
431	541766.03	2214100.15
432	541766.05	2214100.14
433	541766.08	2214100.13
434	541766.10	2214100.12
435	541766.12	2214100.11
436	541766.14	2214100.10
437	541766.16	2214100.09
438	541766.19	2214100.08
439	541766.21	2214100.07
440	541766.23	2214100.06
441	541766.25	2214100.05
442	541766.28	2214100.04
443	541766.30	2214100.03
444	541766.32	2214100.02
445	541766.34	2214100.01
446	541766.36	2214100.00
447	541766.39	2214099.99
448	541766.41	2214099.98
449	541766.43	2214099.97
450	541766.45	2214099.96

Vértices	X	Y
1856	541711.53	2213991.32
1857	541711.50	2213991.32
1858	541711.47	2213991.32
1859	541711.45	2213991.32
1860	541711.42	2213991.32
1861	541711.39	2213991.32
1862	541711.37	2213991.32
1863	541711.34	2213991.32
1864	541711.31	2213991.32
1865	541711.28	2213991.32
1866	541711.26	2213991.32
1867	541711.23	2213991.32
1868	541711.20	2213991.32
1869	541711.17	2213991.32
1870	541711.15	2213991.32
1871	541711.12	2213991.32
1872	541711.09	2213991.32
1873	541701.28	2213991.52
1874	541701.26	2213991.52
1875	541701.23	2213991.52
1876	541701.21	2213991.52
1877	541701.19	2213991.53
1878	541701.17	2213991.53
1879	541701.15	2213991.53
1880	541701.13	2213991.53
1881	541701.11	2213991.53
1882	541701.09	2213991.53
1883	541701.07	2213991.53
1884	541701.05	2213991.53
1885	541701.03	2213991.53
1886	541701.01	2213991.53
1887	541700.98	2213991.53
1888	541700.96	2213991.53
1889	541700.94	2213991.54
1890	541700.92	2213991.54
1891	541700.90	2213991.54
1892	541700.88	2213991.54
1893	541700.86	2213991.54
1894	541700.84	2213991.54
1895	541700.82	2213991.54
1896	541700.80	2213991.54
1897	541700.78	2213991.55
1898	541700.76	2213991.55
1899	541700.73	2213991.55
1900	541700.71	2213991.55
1901	541700.69	2213991.55
1902	541700.67	2213991.55
1903	541700.65	2213991.56
1904	541700.63	2213991.56
1905	541700.61	2213991.56
1906	541700.59	2213991.56
1907	541700.57	2213991.56
1908	541700.55	2213991.56
1909	541700.53	2213991.57
1910	541700.51	2213991.57

Vértices	X	Y
3316	541657.38	2214080.06
3317	541657.38	2214080.07
3318	541657.39	2214080.09
3319	541657.40	2214080.10
3320	541657.41	2214080.12
3321	541657.42	2214080.13
3322	541657.43	2214080.14
3323	541663.42	2214090.14
3324	541663.44	2214090.17
3325	541663.45	2214090.19
3326	541663.47	2214090.21
3327	541663.48	2214090.24
3328	541663.50	2214090.26
3329	541663.51	2214090.28
3330	541663.52	2214090.31
3331	541663.54	2214090.33
3332	541663.55	2214090.35
3333	541663.57	2214090.38
3334	541663.58	2214090.40
3335	541663.60	2214090.42
3336	541663.61	2214090.44
3337	541663.63	2214090.47
3338	541663.64	2214090.49
3339	541663.66	2214090.51
3340	541663.67	2214090.53
3341	541663.69	2214090.56
3342	541663.70	2214090.58
3343	541663.72	2214090.60
3344	541663.73	2214090.63
3345	541663.75	2214090.65
3346	541663.76	2214090.67
3347	541663.78	2214090.69
3348	541663.79	2214090.71
3349	541663.81	2214090.74
3350	541663.83	2214090.76
3351	541663.84	2214090.78
3352	541663.86	2214090.80
3353	541663.87	2214090.83
3354	541663.89	2214090.85
3355	541663.91	2214090.87
3356	541663.92	2214090.89
3357	541663.94	2214090.91
3358	541663.95	2214090.94
3359	541663.97	2214090.96
3360	541663.99	2214090.98
3361	541664.00	2214091.00
3362	541664.02	2214091.02
3363	541664.03	2214091.05
3364	541664.05	2214091.07
3365	541664.07	2214091.09
3366	541664.08	2214091.11
3367	541664.10	2214091.13
3368	541664.12	2214091.15
3369	541664.13	2214091.17
3370	541664.15	2214091.20

Vértices	X	Y
451	541766.47	2214099.94
452	541766.50	2214099.93
453	541766.52	2214099.92
454	541766.54	2214099.91
455	541766.56	2214099.90
456	541766.58	2214099.89
457	541766.60	2214099.88
458	541766.63	2214099.87
459	541766.65	2214099.85
460	541766.67	2214099.84
461	541766.69	2214099.83
462	541766.71	2214099.82
463	541766.73	2214099.81
464	541766.76	2214099.80
465	541766.78	2214099.79
466	541766.80	2214099.77
467	541766.82	2214099.76
468	541766.84	2214099.75
469	541766.86	2214099.74
470	541766.88	2214099.73
471	541766.91	2214099.71
472	541766.93	2214099.70
473	541766.95	2214099.69
474	541766.97	2214099.68
475	541766.99	2214099.67
476	541767.01	2214099.65
477	541767.03	2214099.64
478	541767.05	2214099.63
479	541767.08	2214099.62
480	541767.10	2214099.60
481	541767.12	2214099.59
482	541767.14	2214099.58
483	541767.16	2214099.57
484	541767.18	2214099.55
485	541767.20	2214099.54
486	541767.22	2214099.53
487	541767.24	2214099.52
488	541767.26	2214099.50
489	541767.28	2214099.49
490	541767.31	2214099.48
491	541767.33	2214099.46
492	541767.35	2214099.45
493	541767.37	2214099.44
494	541767.39	2214099.42
495	541767.41	2214099.41
496	541767.43	2214099.40
497	541767.45	2214099.38
498	541767.47	2214099.37
499	541767.49	2214099.36
500	541767.51	2214099.34
501	541767.53	2214099.33
502	541767.55	2214099.32
503	541767.57	2214099.30
504	541767.59	2214099.29
505	541767.61	2214099.28

Vértices	X	Y
1911	541700.49	2213991.57
1912	541700.46	2213991.57
1913	541700.44	2213991.57
1914	541700.42	2213991.58
1915	541700.40	2213991.58
1916	541700.38	2213991.58
1917	541700.36	2213991.58
1918	541700.34	2213991.59
1919	541700.32	2213991.59
1920	541700.30	2213991.59
1921	541700.28	2213991.59
1922	541700.26	2213991.60
1923	541700.24	2213991.60
1924	541700.22	2213991.60
1925	541700.19	2213991.60
1926	541700.17	2213991.61
1927	541700.15	2213991.61
1928	541700.13	2213991.61
1929	541700.11	2213991.61
1930	541700.09	2213991.62
1931	541700.07	2213991.62
1932	541700.05	2213991.62
1933	541700.03	2213991.63
1934	541700.01	2213991.63
1935	541699.99	2213991.63
1936	541699.97	2213991.64
1937	541699.95	2213991.64
1938	541699.93	2213991.64
1939	541699.91	2213991.65
1940	541699.89	2213991.65
1941	541699.86	2213991.65
1942	541699.84	2213991.66
1943	541699.82	2213991.66
1944	541699.80	2213991.66
1945	541699.78	2213991.67
1946	541699.76	2213991.67
1947	541699.74	2213991.67
1948	541699.72	2213991.68
1949	541699.70	2213991.68
1950	541699.68	2213991.68
1951	541699.66	2213991.69
1952	541699.64	2213991.69
1953	541699.62	2213991.70
1954	541699.60	2213991.70
1955	541699.58	2213991.70
1956	541699.56	2213991.71
1957	541699.54	2213991.71
1958	541699.52	2213991.72
1959	541699.50	2213991.72
1960	541699.47	2213991.72
1961	541699.45	2213991.73
1962	541699.43	2213991.73
1963	541699.41	2213991.74
1964	541699.39	2213991.74
1965	541699.37	2213991.75

Vértices	X	Y
3371	541664.17	2214091.22
3372	541664.19	2214091.24
3373	541664.20	2214091.26
3374	541664.22	2214091.28
3375	541664.24	2214091.30
3376	541664.25	2214091.32
3377	541664.27	2214091.34
3378	541664.29	2214091.37
3379	541664.31	2214091.39
3380	541664.32	2214091.41
3381	541664.34	2214091.43
3382	541664.36	2214091.45
3383	541664.38	2214091.47
3384	541664.39	2214091.49
3385	541664.41	2214091.51
3386	541664.43	2214091.53
3387	541664.45	2214091.55
3388	541664.46	2214091.57
3389	541664.48	2214091.59
3390	541664.50	2214091.61
3391	541664.52	2214091.63
3392	541664.54	2214091.65
3393	541664.55	2214091.67
3394	541664.57	2214091.69
3395	541664.59	2214091.72
3396	541664.61	2214091.74
3397	541664.63	2214091.76
3398	541664.65	2214091.78
3399	541664.66	2214091.80
3400	541664.68	2214091.82
3401	541664.70	2214091.84
3402	541664.72	2214091.86
3403	541664.74	2214091.87
3404	541664.76	2214091.89
3405	541664.78	2214091.91
3406	541664.80	2214091.93
3407	541664.81	2214091.95
3408	541664.83	2214091.97
3409	541664.85	2214091.99
3410	541664.87	2214092.01
3411	541664.89	2214092.03
3412	541664.91	2214092.05
3413	541664.93	2214092.07
3414	541664.95	2214092.09
3415	541664.97	2214092.11
3416	541664.99	2214092.13
3417	541665.01	2214092.15
3418	541665.03	2214092.17
3419	541665.05	2214092.18
3420	541665.06	2214092.20
3421	541665.08	2214092.22
3422	541665.10	2214092.24
3423	541665.12	2214092.26
3424	541665.14	2214092.28
3425	541665.16	2214092.30

Vértices	X	Y
506	541767.63	2214099.26
507	541767.65	2214099.25
508	541767.67	2214099.24
509	541767.69	2214099.22
510	541767.71	2214099.21
511	541767.73	2214099.19
512	541767.75	2214099.18
513	541767.77	2214099.16
514	541767.79	2214099.15
515	541767.81	2214099.14
516	541767.83	2214099.12
517	541767.85	2214099.11
518	541767.87	2214099.09
519	541767.89	2214099.08
520	541767.91	2214099.06
521	541767.93	2214099.05
522	541767.95	2214099.04
523	541767.97	2214099.02
524	541767.99	2214099.01
525	541768.01	2214098.99
526	541768.03	2214098.98
527	541768.05	2214098.96
528	541768.07	2214098.95
529	541768.09	2214098.93
530	541768.11	2214098.92
531	541768.13	2214098.90
532	541768.15	2214098.89
533	541768.17	2214098.87
534	541768.19	2214098.86
535	541768.21	2214098.84
536	541768.22	2214098.83
537	541768.24	2214098.81
538	541768.26	2214098.80
539	541768.28	2214098.78
540	541768.30	2214098.77
541	541768.32	2214098.75
542	541768.34	2214098.73
543	541768.36	2214098.72
544	541768.38	2214098.70
545	541768.40	2214098.69
546	541768.41	2214098.67
547	541768.43	2214098.66
548	541768.45	2214098.64
549	541768.47	2214098.62
550	541768.49	2214098.61
551	541768.51	2214098.59
552	541768.53	2214098.58
553	541768.54	2214098.56
554	541768.56	2214098.55
555	541768.58	2214098.53
556	541768.60	2214098.51
557	541768.62	2214098.50
558	541768.64	2214098.48
559	541768.65	2214098.46
560	541768.67	2214098.45

Vértices	X	Y
1966	541699.35	2213991.75
1967	541699.33	2213991.75
1968	541699.31	2213991.76
1969	541699.29	2213991.76
1970	541699.27	2213991.77
1971	541699.25	2213991.77
1972	541699.23	2213991.78
1973	541699.21	2213991.78
1974	541699.19	2213991.79
1975	541699.17	2213991.79
1976	541699.15	2213991.80
1977	541699.13	2213991.80
1978	541699.11	2213991.81
1979	541699.09	2213991.81
1980	541699.07	2213991.82
1981	541699.05	2213991.82
1982	541699.03	2213991.83
1983	541699.01	2213991.83
1984	541698.99	2213991.84
1985	541698.97	2213991.84
1986	541698.95	2213991.85
1987	541698.93	2213991.85
1988	541698.91	2213991.86
1989	541698.89	2213991.86
1990	541698.87	2213991.87
1991	541698.85	2213991.87
1992	541698.83	2213991.88
1993	541698.81	2213991.89
1994	541698.79	2213991.89
1995	541698.77	2213991.90
1996	541698.75	2213991.90
1997	541698.72	2213991.91
1998	541698.70	2213991.91
1999	541698.68	2213991.92
2000	541698.66	2213991.93
2001	541698.64	2213991.93
2002	541698.62	2213991.94
2003	541698.60	2213991.94
2004	541698.58	2213991.95
2005	541698.56	2213991.96
2006	541698.54	2213991.96
2007	541698.52	2213991.97
2008	541698.51	2213991.97
2009	541698.49	2213991.98
2010	541698.47	2213991.99
2011	541698.45	2213991.99
2012	541698.43	2213992.00
2013	541698.41	2213992.01
2014	541698.39	2213992.01
2015	541698.37	2213992.02
2016	541698.35	2213992.02
2017	541698.33	2213992.03
2018	541698.31	2213992.04
2019	541698.29	2213992.04
2020	541698.27	2213992.05

Vértices	X	Y
3426	541665.18	2214092.32
3427	541665.20	2214092.33
3428	541665.22	2214092.35
3429	541665.24	2214092.37
3430	541665.26	2214092.39
3431	541665.28	2214092.41
3432	541665.30	2214092.43
3433	541665.32	2214092.44
3434	541665.34	2214092.46
3435	541665.36	2214092.48
3436	541665.39	2214092.50
3437	541665.41	2214092.52
3438	541665.43	2214092.53
3439	541665.45	2214092.55
3440	541665.47	2214092.57
3441	541665.49	2214092.59
3442	541665.51	2214092.61
3443	541665.53	2214092.62
3444	541665.55	2214092.64
3445	541665.57	2214092.66
3446	541665.59	2214092.68
3447	541665.61	2214092.69
3448	541665.63	2214092.71
3449	541665.65	2214092.73
3450	541665.68	2214092.75
3451	541665.70	2214092.76
3452	541665.72	2214092.78
3453	541665.74	2214092.80
3454	541665.76	2214092.81
3455	541665.78	2214092.83
3456	541665.80	2214092.85
3457	541665.82	2214092.86
3458	541665.85	2214092.88
3459	541665.87	2214092.90
3460	541665.89	2214092.91
3461	541665.91	2214092.93
3462	541665.93	2214092.95
3463	541665.95	2214092.96
3464	541665.98	2214092.98
3465	541666.00	2214093.00
3466	541666.02	2214093.01
3467	541666.04	2214093.03
3468	541666.06	2214093.05
3469	541666.08	2214093.06
3470	541666.11	2214093.08
3471	541666.13	2214093.09
3472	541666.15	2214093.11
3473	541666.17	2214093.13
3474	541666.19	2214093.14
3475	541666.22	2214093.16
3476	541666.24	2214093.17
3477	541666.26	2214093.19
3478	541666.28	2214093.20
3479	541666.31	2214093.22
3480	541666.33	2214093.24

Vértices	X	Y
561	541768.69	2214098.43
562	541768.71	2214098.42
563	541768.73	2214098.40
564	541768.75	2214098.38
565	541768.76	2214098.37
566	541768.78	2214098.35
567	541768.80	2214098.33
568	541768.82	2214098.32
569	541768.84	2214098.30
570	541768.85	2214098.28
571	541768.87	2214098.27
572	541768.89	2214098.25
573	541768.91	2214098.23
574	541768.92	2214098.21
575	541768.94	2214098.20
576	541768.96	2214098.18
577	541768.98	2214098.16
578	541768.99	2214098.15
579	541769.01	2214098.13
580	541769.03	2214098.11
581	541769.05	2214098.10
582	541769.06	2214098.08
583	541769.08	2214098.06
584	541769.10	2214098.04
585	541769.12	2214098.03
586	541769.13	2214098.01
587	541769.15	2214097.99
588	541769.17	2214097.97
589	541769.18	2214097.96
590	541769.20	2214097.94
591	541769.22	2214097.92
592	541769.24	2214097.90
593	541769.25	2214097.89
594	541769.27	2214097.87
595	541769.29	2214097.85
596	541769.30	2214097.83
597	541769.32	2214097.81
598	541769.34	2214097.80
599	541769.35	2214097.78
600	541769.37	2214097.76
601	541769.39	2214097.74
602	541769.40	2214097.72
603	541769.42	2214097.71
604	541769.44	2214097.69
605	541769.45	2214097.67
606	541786.49	2214078.63
607	541786.53	2214078.58
608	541786.57	2214078.54
609	541786.60	2214078.50
610	541786.64	2214078.45
611	541786.68	2214078.41
612	541786.71	2214078.36
613	541786.75	2214078.32
614	541786.79	2214078.28
615	541786.82	2214078.23

Vértices	X	Y
2021	541698.25	2213992.06
2022	541698.23	2213992.06
2023	541698.21	2213992.07
2024	541698.19	2213992.08
2025	541698.17	2213992.09
2026	541698.15	2213992.09
2027	541698.13	2213992.10
2028	541698.11	2213992.11
2029	541698.09	2213992.11
2030	541698.07	2213992.12
2031	541698.05	2213992.13
2032	541698.03	2213992.13
2033	541698.01	2213992.14
2034	541697.99	2213992.15
2035	541697.97	2213992.16
2036	541697.95	2213992.16
2037	541697.93	2213992.17
2038	541697.91	2213992.18
2039	541697.89	2213992.19
2040	541697.87	2213992.19
2041	541697.86	2213992.20
2042	541697.84	2213992.21
2043	541697.82	2213992.22
2044	541697.80	2213992.22
2045	541697.78	2213992.23
2046	541697.76	2213992.24
2047	541697.74	2213992.25
2048	541697.72	2213992.25
2049	541697.70	2213992.26
2050	541697.68	2213992.27
2051	541697.66	2213992.28
2052	541697.64	2213992.29
2053	541697.62	2213992.29
2054	541683.63	2213998.14
2055	541683.58	2213998.17
2056	541683.52	2213998.19
2057	541683.47	2213998.21
2058	541683.42	2213998.23
2059	541683.36	2213998.26
2060	541683.31	2213998.28
2061	541683.26	2213998.31
2062	541683.21	2213998.33
2063	541683.16	2213998.35
2064	541683.11	2213998.38
2065	541683.05	2213998.40
2066	541683.00	2213998.43
2067	541682.95	2213998.46
2068	541682.90	2213998.48
2069	541682.85	2213998.51
2070	541682.80	2213998.54
2071	541682.75	2213998.56
2072	541682.70	2213998.59
2073	541682.65	2213998.62
2074	541682.60	2213998.65
2075	541682.55	2213998.67

Vértices	X	Y
3481	541666.35	2214093.25
3482	541666.37	2214093.27
3483	541666.40	2214093.28
3484	541666.42	2214093.30
3485	541666.44	2214093.31
3486	541666.46	2214093.33
3487	541666.49	2214093.34
3488	541666.51	2214093.36
3489	541666.53	2214093.37
3490	541666.55	2214093.39
3491	541666.58	2214093.40
3492	541666.60	2214093.42
3493	541666.62	2214093.43
3494	541666.65	2214093.45
3495	541666.67	2214093.46
3496	541666.69	2214093.47
3497	541666.72	2214093.49
3498	541666.74	2214093.50
3499	541666.76	2214093.52
3500	541666.79	2214093.53
3501	541666.81	2214093.55
3502	541666.83	2214093.56
3503	541666.86	2214093.57
3504	541696.86	2214111.57
3505	541696.88	2214111.59
3506	541696.91	2214111.61
3507	541696.94	2214111.62
3508	541696.97	2214111.64
3509	541696.99	2214111.66
3510	541697.02	2214111.67
3511	541697.05	2214111.69
3512	541697.07	2214111.70
3513	541697.10	2214111.72
3514	541697.13	2214111.73
3515	541697.16	2214111.75
3516	541697.19	2214111.76
3517	541697.21	2214111.78
3518	541697.24	2214111.79
3519	541697.27	2214111.81
3520	541697.30	2214111.82
3521	541697.32	2214111.84
3522	541697.35	2214111.85
3523	541697.38	2214111.87
3524	541697.41	2214111.88
3525	541697.44	2214111.90
3526	541697.47	2214111.91
3527	541697.49	2214111.93
3528	541697.52	2214111.94
3529	541697.55	2214111.95
3530	541697.58	2214111.97
3531	541697.61	2214111.98
3532	541697.64	2214112.00
3533	541697.66	2214112.01
3534	541697.69	2214112.02
3535	541697.72	2214112.04

Vértices	X	Y
616	541786.86	2214078.19
617	541786.89	2214078.14
618	541786.93	2214078.10
619	541786.96	2214078.05
620	541787.00	2214078.01
621	541787.03	2214077.96
622	541787.06	2214077.91
623	541787.10	2214077.87
624	541787.13	2214077.82
625	541787.16	2214077.77
626	541787.20	2214077.73
627	541787.23	2214077.68
628	541787.26	2214077.63
629	541787.29	2214077.59
630	541787.33	2214077.54
631	541787.36	2214077.49
632	541787.39	2214077.44
633	541787.42	2214077.40
634	541787.45	2214077.35
635	541787.48	2214077.30
636	541787.51	2214077.25
637	541787.54	2214077.20
638	541787.57	2214077.15
639	541787.60	2214077.10
640	541787.63	2214077.05
641	541787.66	2214077.01
642	541787.69	2214076.96
643	541787.71	2214076.91
644	541787.74	2214076.86
645	541787.77	2214076.81
646	541787.80	2214076.76
647	541787.82	2214076.71
648	541787.85	2214076.66
649	541787.88	2214076.60
650	541787.90	2214076.55
651	541787.93	2214076.50
652	541787.95	2214076.45
653	541787.98	2214076.40
654	541788.00	2214076.35
655	541788.03	2214076.30
656	541788.05	2214076.25
657	541788.08	2214076.19
658	541788.10	2214076.14
659	541788.13	2214076.09
660	541788.15	2214076.04
661	541788.17	2214075.99
662	541788.19	2214075.93
663	541788.22	2214075.88
664	541788.24	2214075.83
665	541788.26	2214075.78
666	541788.28	2214075.72
667	541788.30	2214075.67
668	541788.32	2214075.62
669	541788.34	2214075.56
670	541788.36	2214075.51

Vértices	X	Y
2076	541682.50	2213998.70
2077	541682.45	2213998.73
2078	541682.40	2213998.76
2079	541682.35	2213998.79
2080	541682.30	2213998.82
2081	541682.25	2213998.85
2082	541682.20	2213998.88
2083	541682.15	2213998.91
2084	541682.11	2213998.94
2085	541682.06	2213998.97
2086	541682.01	2213999.00
2087	541681.96	2213999.03
2088	541681.91	2213999.07
2089	541681.87	2213999.10
2090	541681.82	2213999.13
2091	541681.77	2213999.16
2092	541681.72	2213999.20
2093	541681.68	2213999.23
2094	541681.63	2213999.26
2095	541681.58	2213999.30
2096	541681.54	2213999.33
2097	541681.49	2213999.36
2098	541681.45	2213999.40
2099	541681.40	2213999.43
2100	541681.36	2213999.47
2101	541681.31	2213999.50
2102	541681.27	2213999.54
2103	541681.22	2213999.57
2104	541681.18	2213999.61
2105	541681.13	2213999.65
2106	541681.09	2213999.68
2107	541681.04	2213999.72
2108	541681.00	2213999.76
2109	541680.96	2213999.79
2110	541680.91	2213999.83
2111	541680.87	2213999.87
2112	541680.83	2213999.91
2113	541680.78	2213999.95
2114	541680.74	2213999.99
2115	541680.70	2214000.02
2116	541680.66	2214000.06
2117	541680.62	2214000.10
2118	541680.57	2214000.14
2119	541680.53	2214000.18
2120	541680.49	2214000.22
2121	541680.45	2214000.26
2122	541680.41	2214000.30
2123	541680.37	2214000.34
2124	541680.33	2214000.38
2125	541680.29	2214000.42
2126	541680.25	2214000.47
2127	541680.21	2214000.51
2128	541680.17	2214000.55
2129	541680.13	2214000.59
2130	541680.09	2214000.63

Vértices	X	Y
3536	541697.75	2214112.05
3537	541697.78	2214112.06
3538	541697.81	2214112.08
3539	541697.84	2214112.09
3540	541697.86	2214112.10
3541	541697.89	2214112.12
3542	541697.92	2214112.13
3543	541697.95	2214112.14
3544	541697.98	2214112.16
3545	541698.01	2214112.17
3546	541698.04	2214112.18
3547	541698.07	2214112.19
3548	541698.10	2214112.21
3549	541698.13	2214112.22
3550	541698.15	2214112.23
3551	541698.18	2214112.24
3552	541698.21	2214112.25
3553	541698.24	2214112.27
3554	541698.27	2214112.28
3555	541698.30	2214112.29
3556	541698.33	2214112.30
3557	541698.36	2214112.31
3558	541698.39	2214112.33
3559	541698.42	2214112.34
3560	541698.45	2214112.35
3561	541698.48	2214112.36
3562	541698.51	2214112.37
3563	541698.54	2214112.38
3564	541698.57	2214112.39
3565	541698.60	2214112.40
3566	541698.63	2214112.41
3567	541698.66	2214112.42
3568	541698.69	2214112.43
3569	541698.72	2214112.45
3570	541698.75	2214112.46
3571	541698.78	2214112.47
3572	541698.81	2214112.48
3573	541698.84	2214112.49
3574	541698.87	2214112.50
3575	541698.90	2214112.51
3576	541698.93	2214112.52
3577	541698.96	2214112.53
3578	541698.99	2214112.54
3579	541699.02	2214112.54
3580	541699.05	2214112.55
3581	541699.08	2214112.56
3582	541699.11	2214112.57
3583	541699.14	2214112.58
3584	541699.17	2214112.59
3585	541699.20	2214112.60
3586	541699.23	2214112.61
3587	541699.26	2214112.62
3588	541699.29	2214112.63
3589	541699.32	2214112.63
3590	541699.35	2214112.64

Vértices	X	Y
671	541788.38	2214075.46
672	541788.40	2214075.40
673	541788.42	2214075.35
674	541788.44	2214075.29
675	541788.46	2214075.24
676	541788.48	2214075.19
677	541788.50	2214075.13
678	541788.51	2214075.08
679	541788.53	2214075.02
680	541788.55	2214074.97
681	541788.57	2214074.91
682	541788.58	2214074.86
683	541788.60	2214074.80
684	541788.61	2214074.75
685	541788.63	2214074.69
686	541788.65	2214074.64
687	541788.66	2214074.58
688	541788.67	2214074.53
689	541788.69	2214074.47
690	541788.70	2214074.42
691	541788.72	2214074.36
692	541788.73	2214074.31
693	541788.74	2214074.25
694	541788.76	2214074.20
695	541788.77	2214074.14
696	541788.78	2214074.08
697	541788.79	2214074.03
698	541788.80	2214073.97
699	541788.81	2214073.92
700	541788.83	2214073.86
701	541788.84	2214073.80
702	541788.85	2214073.75
703	541788.86	2214073.69
704	541788.87	2214073.64
705	541788.87	2214073.58
706	541788.88	2214073.52
707	541788.89	2214073.47
708	541788.90	2214073.41
709	541788.91	2214073.35
710	541788.92	2214073.30
711	541788.92	2214073.24
712	541788.93	2214073.18
713	541788.94	2214073.13
714	541788.94	2214073.07
715	541788.95	2214073.01
716	541788.95	2214072.96
717	541788.96	2214072.90
718	541788.96	2214072.84
719	541788.97	2214072.78
720	541788.97	2214072.73
721	541788.98	2214072.67
722	541788.98	2214072.61
723	541788.98	2214072.56
724	541788.99	2214072.50
725	541788.99	2214072.44

Vértices	X	Y
2131	541680.05	2214000.68
2132	541680.02	2214000.72
2133	541679.98	2214000.76
2134	541679.94	2214000.81
2135	541679.90	2214000.85
2136	541679.87	2214000.89
2137	541679.83	2214000.94
2138	541679.79	2214000.98
2139	541679.76	2214001.02
2140	541679.72	2214001.07
2141	541679.68	2214001.11
2142	541679.65	2214001.16
2143	541679.61	2214001.20
2144	541679.58	2214001.25
2145	541679.54	2214001.29
2146	541679.51	2214001.34
2147	541679.47	2214001.39
2148	541679.44	2214001.43
2149	541679.40	2214001.48
2150	541679.37	2214001.52
2151	541679.34	2214001.57
2152	541679.30	2214001.62
2153	541679.27	2214001.66
2154	541679.24	2214001.71
2155	541679.21	2214001.76
2156	541679.17	2214001.81
2157	541679.14	2214001.85
2158	541679.11	2214001.90
2159	541679.08	2214001.95
2160	541679.05	2214002.00
2161	541679.02	2214002.05
2162	541678.99	2214002.10
2163	541678.96	2214002.14
2164	541678.93	2214002.19
2165	541678.90	2214002.24
2166	541678.87	2214002.29
2167	541678.84	2214002.34
2168	541678.81	2214002.39
2169	541678.78	2214002.44
2170	541678.76	2214002.49
2171	541678.73	2214002.54
2172	541678.70	2214002.59
2173	541678.67	2214002.64
2174	541678.65	2214002.69
2175	541678.62	2214002.74
2176	541678.59	2214002.79
2177	541678.57	2214002.85
2178	541678.54	2214002.90
2179	541678.52	2214002.95
2180	541678.49	2214003.00
2181	541678.46	2214003.05
2182	541678.44	2214003.10
2183	541678.42	2214003.15
2184	541678.39	2214003.21
2185	541678.37	2214003.26

Vértices	X	Y
3591	541699.38	2214112.65
3592	541699.41	2214112.66
3593	541699.44	2214112.67
3594	541699.47	2214112.68
3595	541699.50	2214112.68
3596	541699.53	2214112.69
3597	541699.57	2214112.70
3598	541699.60	2214112.71
3599	541699.63	2214112.71
3600	541699.66	2214112.72
3601	541699.69	2214112.73
3602	541699.72	2214112.74
3603	541699.75	2214112.74
3604	541699.78	2214112.75
3605	541699.81	2214112.76
3606	541699.84	2214112.76
3607	541699.87	2214112.77
3608	541699.90	2214112.78
3609	541699.94	2214112.78
3610	541699.97	2214112.79
3611	541700.00	2214112.80
3612	541700.03	2214112.80
3613	541700.06	2214112.81
3614	541700.09	2214112.82
3615	541700.12	2214112.82
3616	541700.15	2214112.83
3617	541700.18	2214112.83
3618	541700.22	2214112.84
3619	541700.25	2214112.84
3620	541700.28	2214112.85
3621	541700.31	2214112.86
3622	541700.34	2214112.86
3623	541700.37	2214112.87
3624	541700.40	2214112.87
3625	541700.43	2214112.88
3626	541700.47	2214112.88
3627	541700.50	2214112.89
3628	541700.53	2214112.89
3629	541700.56	2214112.90
3630	541700.59	2214112.90
3631	541700.62	2214112.90
3632	541700.65	2214112.91
3633	541700.68	2214112.91
3634	541700.72	2214112.92
3635	541700.75	2214112.92
3636	541700.78	2214112.93
3637	541700.81	2214112.93
3638	541700.84	2214112.93
3639	541700.87	2214112.94
3640	541700.90	2214112.94
3641	541700.94	2214112.94
3642	541700.97	2214112.95
3643	541701.00	2214112.95
3644	541701.03	2214112.95
3645	541701.06	2214112.96

Vértices	X	Y
726	541788.99	2214072.39
727	541788.99	2214072.33
728	541789.00	2214072.27
729	541789.00	2214072.21
730	541789.00	2214072.16
731	541789.00	2214072.10
732	541789.00	2214072.04
733	541789.00	2214071.99
734	541789.00	2214071.93
735	541789.00	2214071.87
736	541789.00	2214071.81
737	541789.00	2214071.76
738	541789.00	2214071.70
739	541788.99	2214071.64
740	541788.99	2214071.59
741	541788.99	2214071.53
742	541788.99	2214071.47
743	541788.98	2214071.41
744	541788.98	2214071.36
745	541788.98	2214071.30
746	541788.97	2214071.24
747	541788.97	2214071.19
748	541788.96	2214071.13
749	541788.96	2214071.07
750	541788.95	2214071.02
751	541788.95	2214070.96
752	541788.94	2214070.90
753	541788.93	2214070.85
754	541788.93	2214070.79
755	541788.92	2214070.73
756	541788.91	2214070.68
757	541788.90	2214070.62
758	541788.90	2214070.56
759	541788.89	2214070.51
760	541788.88	2214070.45
761	541788.87	2214070.39
762	541788.86	2214070.34
763	541788.85	2214070.28
764	541788.84	2214070.22
765	541788.83	2214070.17
766	541788.82	2214070.11
767	541788.81	2214070.06
768	541788.80	2214070.00
769	541788.79	2214069.94
770	541788.77	2214069.89
771	541788.76	2214069.83
772	541788.75	2214069.78
773	541788.74	2214069.72
774	541788.72	2214069.67
775	541788.71	2214069.61
776	541788.70	2214069.55
777	541788.68	2214069.50
778	541788.67	2214069.44
779	541788.65	2214069.39
780	541788.64	2214069.33

Vértices	X	Y
2186	541678.34	2214003.31
2187	541678.32	2214003.36
2188	541678.30	2214003.42
2189	541678.28	2214003.47
2190	541678.25	2214003.52
2191	541678.23	2214003.57
2192	541678.21	2214003.63
2193	541678.19	2214003.68
2194	541678.17	2214003.73
2195	541678.15	2214003.79
2196	541678.13	2214003.84
2197	541678.11	2214003.90
2198	541678.09	2214003.95
2199	541678.07	2214004.00
2200	541678.05	2214004.06
2201	541678.03	2214004.11
2202	541678.01	2214004.17
2203	541677.99	2214004.22
2204	541677.98	2214004.27
2205	541677.96	2214004.33
2206	541677.94	2214004.38
2207	541677.92	2214004.44
2208	541677.91	2214004.49
2209	541677.89	2214004.55
2210	541677.87	2214004.60
2211	541677.86	2214004.66
2212	541677.84	2214004.71
2213	541677.83	2214004.77
2214	541677.81	2214004.82
2215	541677.80	2214004.88
2216	541677.78	2214004.94
2217	541677.77	2214004.99
2218	541677.76	2214005.05
2219	541677.74	2214005.10
2220	541677.73	2214005.16
2221	541677.72	2214005.21
2222	541677.71	2214005.27
2223	541677.69	2214005.33
2224	541677.68	2214005.38
2225	541677.67	2214005.44
2226	541677.66	2214005.50
2227	541677.65	2214005.55
2228	541677.64	2214005.61
2229	541677.63	2214005.66
2230	541677.62	2214005.72
2231	541677.61	2214005.78
2232	541677.60	2214005.83
2233	541677.59	2214005.89
2234	541677.59	2214005.95
2235	541676.13	2214016.09
2236	541671.81	2214022.27
2237	541671.80	2214022.28
2238	541671.79	2214022.29
2239	541671.78	2214022.30
2240	541671.77	2214022.31

Vértices	X	Y
3646	541701.09	2214112.96
3647	541701.12	2214112.96
3648	541701.16	2214112.96
3649	541701.19	2214112.97
3650	541701.22	2214112.97
3651	541701.25	2214112.97
3652	541701.28	2214112.97
3653	541701.31	2214112.98
3654	541701.35	2214112.98
3655	541701.38	2214112.98
3656	541701.41	2214112.98
3657	541701.44	2214112.98
3658	541701.47	2214112.99
3659	541701.50	2214112.99
3660	541701.54	2214112.99
3661	541701.57	2214112.99
3662	541701.60	2214112.99
3663	541701.63	2214112.99
3664	541701.66	2214112.99
3665	541701.69	2214113.00
3666	541701.73	2214113.00
3667	541701.76	2214113.00
3668	541701.79	2214113.00
3669	541701.82	2214113.00
3670	541701.85	2214113.00
3671	541701.88	2214113.00
3672	541701.92	2214113.00
3673	541701.95	2214113.00
3674	541701.98	2214113.00
3675	541702.01	2214113.00
3676	541702.04	2214113.00
3677	541702.07	2214113.00
3678	541702.11	2214113.00
3679	541702.14	2214113.00
3680	541702.17	2214113.00
3681	541702.20	2214113.00
3682	541702.23	2214113.00
3683	541702.26	2214113.00
3684	541702.30	2214113.00
3685	541731.25	2214112.14
3686	541756.73	2214144.66
3687	541794.37	2214208.00
3688	541786.41	2214202.27
3689	541742.78	2214330.11
3690	541725.26	2214332.25
3691	541718.46	2214424.87
3692	541614.42	2214463.55
3693	541547.59	2214476.34
3694	541455.18	2214488.50
3695	541257.17	2214470.79
3696	541160.35	2214449.75
3697	540987.91	2214439.33
3698	540943.67	2214400.45
3699	540860.39	2214318.58
3700	540834.17	2214248.20

Vértices	X	Y
781	541788.62	2214069.28
782	541788.61	2214069.22
783	541788.59	2214069.17
784	541788.57	2214069.11
785	541788.56	2214069.06
786	541784.55	2214056.03
787	541784.54	2214055.99
788	541784.53	2214055.96
789	541784.52	2214055.93
790	541784.51	2214055.90
791	541784.49	2214055.86
792	541784.48	2214055.83
793	541784.47	2214055.80
794	541784.46	2214055.76
795	541784.45	2214055.73
796	541784.44	2214055.70
797	541784.43	2214055.67
798	541784.42	2214055.63
799	541784.40	2214055.60
800	541784.39	2214055.57
801	541784.38	2214055.54
802	541784.37	2214055.50
803	541784.36	2214055.47
804	541784.34	2214055.44
805	541784.33	2214055.41
806	541784.32	2214055.38
807	541784.31	2214055.34
808	541784.29	2214055.31
809	541784.28	2214055.28
810	541784.27	2214055.25
811	541784.26	2214055.22
812	541784.24	2214055.18
813	541784.23	2214055.15
814	541784.22	2214055.12
815	541784.20	2214055.09
816	541784.19	2214055.06
817	541784.18	2214055.02
818	541784.16	2214054.99
819	541784.15	2214054.96
820	541784.13	2214054.93
821	541784.12	2214054.90
822	541784.11	2214054.87
823	541784.09	2214054.84
824	541784.08	2214054.80
825	541784.06	2214054.77
826	541784.05	2214054.74
827	541784.03	2214054.71
828	541784.02	2214054.68
829	541784.00	2214054.65
830	541783.99	2214054.62
831	541783.97	2214054.59
832	541783.96	2214054.56
833	541783.94	2214054.52
834	541783.93	2214054.49
835	541783.91	2214054.46

Vértices	X	Y
2241	541671.77	2214022.32
2242	541671.76	2214022.33
2243	541671.75	2214022.35
2244	541671.74	2214022.36
2245	541671.74	2214022.37
2246	541671.73	2214022.38
2247	541671.72	2214022.39
2248	541671.71	2214022.40
2249	541671.70	2214022.42
2250	541671.70	2214022.43
2251	541671.69	2214022.44
2252	541671.68	2214022.45
2253	541671.67	2214022.46
2254	541671.66	2214022.47
2255	541671.66	2214022.49
2256	541671.65	2214022.50
2257	541671.64	2214022.51
2258	541671.63	2214022.52
2259	541671.63	2214022.53
2260	541671.62	2214022.54
2261	541671.61	2214022.56
2262	541671.60	2214022.57
2263	541671.60	2214022.58
2264	541671.59	2214022.59
2265	541671.58	2214022.60
2266	541671.57	2214022.61
2267	541671.57	2214022.63
2268	541671.56	2214022.64
2269	541671.55	2214022.65
2270	541671.54	2214022.66
2271	541671.54	2214022.67
2272	541671.53	2214022.69
2273	541671.52	2214022.70
2274	541671.51	2214022.71
2275	541671.51	2214022.72
2276	541671.50	2214022.73
2277	541671.49	2214022.74
2278	541671.48	2214022.76
2279	541671.48	2214022.77
2280	541671.47	2214022.78
2281	541671.46	2214022.79
2282	541671.45	2214022.80
2283	541671.45	2214022.82
2284	541671.44	2214022.83
2285	541671.43	2214022.84
2286	541671.43	2214022.85
2287	541671.42	2214022.86
2288	541671.41	2214022.88
2289	541671.40	2214022.89
2290	541671.40	2214022.90
2291	541671.39	2214022.91
2292	541671.38	2214022.92
2293	541671.38	2214022.94
2294	541671.37	2214022.95
2295	541671.36	2214022.96

Vértices	X	Y
3701	540660.05	2214320.79
3702	540607.88	2214351.15
3703	540506.90	2214474.05
3704	540431.88	2214378.44
3705	540427.63	2214371.12
3706	540179.20	2214061.30
3707	540118.17	2213985.39
3708	540115.73	2213982.68
3709	539942.60	2213766.26
3710	539787.40	2213571.56
3711	539933.57	2213536.17
3712	540079.34	2213505.33
3713	540247.71	2213473.17
3714	540396.54	2213453.64
3715	540564.53	2213428.65
3716	540592.39	2213424.99
3717	540599.36	2213423.28
3718	540761.01	2213400.42
3719	540853.06	2213387.76
3720	540961.35	2213372.86
3721	541158.25	2213348.98
3722	541357.01	2213322.69
3723	541550.78	2213297.38
3724	541749.30	2213268.94
3725	541950.63	2213241.27
3726	541938.25	2213606.43
3727	541937.32	2213623.03
3728	541932.26	2213673.43
3729	542066.18	2213587.70
3730	542063.31	2213572.56
3731	542214.44	2213385.93
3732	542228.22	2213376.91
3733	542244.04	2213359.81
3734	542305.45	2213392.21
3735	542354.14	2213712.30
3736	542331.41	2213718.19
3737	542347.64	2213814.12
3738	542368.98	2213809.91
3739	542407.77	2214064.88
3740	542534.08	2214060.09
3741	542536.52	2213912.82
3742	542522.72	2213811.50
3743	542520.31	2213796.26
3744	542516.31	2213771.91
3745	542499.29	2213476.17
3746	542702.20	2213574.28
3747	542847.97	2213638.48
3748	542932.42	2213844.58
3749	542955.31	2213832.15
3750	543166.57	2213789.00
3751	543946.86	2214143.67
3752	544006.86	2214171.26
3753	544004.42	2214180.38
3754	544003.97	2214184.15
3755	544003.13	2214184.00

Vértices	X	Y
836	541783.90	2214054.43
837	541783.88	2214054.40
838	541783.86	2214054.37
839	541783.85	2214054.34
840	541783.83	2214054.31
841	541783.81	2214054.28
842	541783.80	2214054.25
843	541783.78	2214054.22
844	541783.77	2214054.19
845	541783.75	2214054.16
846	541783.73	2214054.13
847	541783.72	2214054.10
848	541783.70	2214054.07
849	541783.68	2214054.04
850	541783.66	2214054.01
851	541783.65	2214053.98
852	541783.63	2214053.95
853	541783.61	2214053.92
854	541783.59	2214053.89
855	541783.58	2214053.86
856	541783.56	2214053.83
857	541783.54	2214053.80
858	541783.52	2214053.77
859	541783.50	2214053.74
860	541783.49	2214053.71
861	541783.47	2214053.68
862	541783.45	2214053.65
863	541783.43	2214053.62
864	541783.41	2214053.60
865	541783.39	2214053.57
866	541783.38	2214053.54
867	541783.36	2214053.51
868	541783.34	2214053.48
869	541783.32	2214053.45
870	541783.30	2214053.42
871	541783.28	2214053.39
872	541783.26	2214053.36
873	541783.24	2214053.34
874	541783.22	2214053.31
875	541783.20	2214053.28
876	541783.18	2214053.25
877	541783.16	2214053.22
878	541783.14	2214053.20
879	541783.12	2214053.17
880	541783.10	2214053.14
881	541783.08	2214053.11
882	541783.06	2214053.08
883	541783.04	2214053.06
884	541783.02	2214053.03
885	541783.00	2214053.00
886	541782.98	2214052.97
887	541782.96	2214052.94
888	541782.94	2214052.92
889	541782.92	2214052.89
890	541782.89	2214052.86

Vértices	X	Y
2296	541671.35	2214022.97
2297	541671.35	2214022.99
2298	541671.34	2214023.00
2299	541671.33	2214023.01
2300	541671.33	2214023.02
2301	541671.32	2214023.03
2302	541671.31	2214023.05
2303	541671.31	2214023.06
2304	541671.30	2214023.07
2305	541671.29	2214023.08
2306	541671.28	2214023.09
2307	541671.28	2214023.11
2308	541671.27	2214023.12
2309	541671.26	2214023.13
2310	541671.26	2214023.14
2311	541671.25	2214023.16
2312	541671.24	2214023.17
2313	541671.24	2214023.18
2314	541671.23	2214023.19
2315	541671.22	2214023.20
2316	541671.22	2214023.22
2317	541671.21	2214023.23
2318	541671.20	2214023.24
2319	541671.20	2214023.25
2320	541671.19	2214023.27
2321	541671.18	2214023.28
2322	541671.18	2214023.29
2323	541671.17	2214023.30
2324	541671.16	2214023.32
2325	541671.16	2214023.33
2326	541671.15	2214023.34
2327	541671.14	2214023.35
2328	541671.14	2214023.37
2329	541671.13	2214023.38
2330	541671.12	2214023.39
2331	541671.12	2214023.40
2332	541671.11	2214023.42
2333	541671.11	2214023.43
2334	541671.10	2214023.44
2335	541671.09	2214023.45
2336	541671.09	2214023.46
2337	541671.08	2214023.48
2338	541671.07	2214023.49
2339	541671.07	2214023.50
2340	541671.06	2214023.51
2341	541671.06	2214023.53
2342	541671.05	2214023.54
2343	541671.04	2214023.55
2344	541671.04	2214023.57
2345	541671.03	2214023.58
2346	541671.02	2214023.59
2347	541671.02	2214023.60
2348	541671.01	2214023.62
2349	541671.01	2214023.63
2350	541671.00	2214023.64

Vértices	X	Y
3756	543997.30	2214216.85
3757	543960.34	2214212.12
3758	543938.60	2214209.33
3759	543938.58	2214209.34
3760	543938.70	2214206.10
3761	543158.87	2213859.98
3762	542978.85	2213896.74
3763	542958.36	2213907.88
3764	542974.07	2213946.24
3765	542823.88	2214032.73
3766	542782.10	2214054.67
3767	542746.11	2214083.56
3768	542704.52	2214109.60
3769	542652.39	2214286.87
3770	542625.71	2214291.09
3771	542634.60	2214302.52
3772	542655.62	2214321.23
3773	542678.53	2214333.60
3774	542723.52	2214351.77
3775	542741.45	2214356.37
3776	542759.96	2214356.10
3777	542813.67	2214348.17
3778	542828.85	2214343.04
3779	542841.28	2214332.91
3780	542850.05	2214322.66
3781	542881.50	2214303.36
3782	542918.30	2214306.12
3783	543040.04	2214355.79
3784	543063.01	2214360.89
3785	543095.28	2214362.50
3786	543116.35	2214364.77
3787	543169.37	2214373.56
3788	543186.50	2214374.27
3789	543199.40	2214373.22
3790	543221.80	2214374.37
3791	543243.13	2214381.34
3792	543251.92	2214385.56
3793	543278.44	2214396.89
3794	543332.06	2214417.04
3795	543359.73	2214428.79
3796	543403.65	2214449.69
3797	543422.81	2214456.79
3798	543442.92	2214460.40
3799	543450.19	2214461.04
3800	543483.47	2214466.78
3801	543565.72	2214488.07
3802	543614.31	2214495.65
3803	543663.44	2214493.57
3804	543742.57	2214482.36
3805	543773.15	2214484.35
3806	543800.38	2214498.40
3807	543835.62	2214527.02
3808	543855.20	2214536.76
3809	543877.07	2214537.21
3810	543959.56	2214520.50

Vértices	X	Y
891	541782.87	2214052.84
892	541782.85	2214052.81
893	541782.83	2214052.78
894	541782.81	2214052.75
895	541782.79	2214052.73
896	541782.77	2214052.70
897	541782.74	2214052.67
898	541782.72	2214052.65
899	541782.70	2214052.62
900	541782.68	2214052.59
901	541782.66	2214052.57
902	541782.63	2214052.54
903	541782.61	2214052.52
904	541782.59	2214052.49
905	541782.57	2214052.46
906	541782.54	2214052.44
907	541782.52	2214052.41
908	541782.50	2214052.38
909	541782.48	2214052.36
910	541782.45	2214052.33
911	541782.43	2214052.31
912	541782.41	2214052.28
913	541782.38	2214052.26
914	541782.36	2214052.23
915	541782.34	2214052.21
916	541782.31	2214052.18
917	541782.29	2214052.16
918	541782.27	2214052.13
919	541782.24	2214052.10
920	541782.22	2214052.08
921	541782.19	2214052.06
922	541782.17	2214052.03
923	541782.15	2214052.01
924	541782.12	2214051.98
925	541782.10	2214051.96
926	541782.07	2214051.93
927	541782.05	2214051.91
928	541782.02	2214051.88
929	541782.00	2214051.86
930	541781.97	2214051.83
931	541781.95	2214051.81
932	541781.93	2214051.79
933	541781.90	2214051.76
934	541781.88	2214051.74
935	541781.85	2214051.72
936	541781.82	2214051.69
937	541781.80	2214051.67
938	541781.77	2214051.65
939	541781.75	2214051.62
940	541781.72	2214051.60
941	541781.70	2214051.58
942	541781.67	2214051.55
943	541781.65	2214051.53
944	541781.62	2214051.51
945	541781.59	2214051.48

Vértices	X	Y
2351	541670.99	2214023.65
2352	541670.99	2214023.67
2353	541670.98	2214023.68
2354	541670.98	2214023.69
2355	541670.97	2214023.70
2356	541670.96	2214023.72
2357	541670.96	2214023.73
2358	541670.95	2214023.74
2359	541670.95	2214023.75
2360	541670.94	2214023.77
2361	541670.93	2214023.78
2362	541670.93	2214023.79
2363	541670.92	2214023.81
2364	541670.92	2214023.82
2365	541670.91	2214023.83
2366	541670.90	2214023.84
2367	541670.90	2214023.86
2368	541670.89	2214023.87
2369	541670.89	2214023.88
2370	541670.88	2214023.89
2371	541670.88	2214023.91
2372	541670.87	2214023.92
2373	541670.86	2214023.93
2374	541670.86	2214023.95
2375	541670.85	2214023.96
2376	541670.85	2214023.97
2377	541670.84	2214023.98
2378	541670.84	2214024.00
2379	541670.83	2214024.01
2380	541670.82	2214024.02
2381	541670.82	2214024.04
2382	541670.81	2214024.05
2383	541670.81	2214024.06
2384	541670.80	2214024.07
2385	541670.80	2214024.09
2386	541670.79	2214024.10
2387	541670.79	2214024.11
2388	541670.78	2214024.13
2389	541670.77	2214024.14
2390	541670.77	2214024.15
2391	541670.76	2214024.16
2392	541670.76	2214024.18
2393	541670.75	2214024.19
2394	541670.75	2214024.20
2395	541670.74	2214024.22
2396	541670.74	2214024.23
2397	541670.73	2214024.24
2398	541670.73	2214024.25
2399	541670.72	2214024.27
2400	541670.72	2214024.28
2401	541670.71	2214024.29
2402	541670.71	2214024.31
2403	541670.70	2214024.32
2404	541670.70	2214024.33
2405	541670.69	2214024.35

Vértices	X	Y
3811	543977.38	2214514.29
3812	543992.90	2214503.55
3813	544016.26	2214482.19
3814	544036.85	2214468.81
3815	544054.02	2214461.31
3816	544060.69	2214458.39
3817	544074.85	2214452.21
3818	544081.84	2214448.39
3819	544093.62	2214440.52
Polígono 3		
1	540270.64	2213461.48
2	540259.65	2213463.15
3	540072.31	2213494.30
4	539931.31	2213525.57
5	539779.86	2213562.10
6	539863.43	2213317.91
7	539905.10	2213282.03
8	540079.79	2213123.65
9	540141.53	2213046.35
10	540220.38	2212982.60
11	540242.98	2212961.36
12	540421.23	2212816.44
13	540496.87	2212758.21
14	540988.28	2212811.98
15	540999.98	2212813.68
16	541004.80	2212813.65
17	541033.72	2212809.16
18	541034.46	2212809.05
19	541047.71	2212812.20
20	541051.79	2212819.14
21	541343.54	2213314.71
22	541214.34	2213331.72
23	541051.52	2213352.67
24	540889.68	2213375.97
25	540733.04	2213398.67
26	540661.74	2213409.01
27	540395.71	2213444.70
28	540270.64	2213461.48
Polígono 4		
1	540514.03	2212744.99
2	540594.30	2212683.19
3	540654.44	2212634.71
4	540744.30	2212559.00
5	540764.77	2212540.46
6	540799.86	2212519.32
7	540829.95	2212538.53
8	541011.65	2212779.33
9	541023.86	2212795.52
10	541002.32	2212798.86
11	540990.46	2212797.14
12	540989.89	2212797.06
13	540514.03	2212744.99
Polígono 5		
1	541470.13	2213285.60
2	541414.29	2213131.68

Vértices	X	Y
946	541781.57	2214051.46
947	541781.54	2214051.44
948	541781.52	2214051.42
949	541781.49	2214051.39
950	541781.46	2214051.37
951	541781.44	2214051.35
952	541781.41	2214051.33
953	541781.38	2214051.30
954	541781.36	2214051.28
955	541781.33	2214051.26
956	541781.30	2214051.24
957	541781.28	2214051.22
958	541781.25	2214051.20
959	541781.22	2214051.17
960	541781.20	2214051.15
961	541781.17	2214051.13
962	541781.14	2214051.11
963	541781.12	2214051.09
964	541781.09	2214051.07
965	541781.06	2214051.05
966	541771.54	2214043.80
967	541771.53	2214043.78
968	541771.52	2214043.77
969	541771.51	2214043.75
970	541771.49	2214043.74
971	541771.48	2214043.73
972	541771.47	2214043.71
973	541771.46	2214043.70
974	541771.44	2214043.68
975	541771.43	2214043.67
976	541771.42	2214043.66
977	541771.41	2214043.64
978	541771.39	2214043.63
979	541771.38	2214043.61
980	541771.37	2214043.60
981	541771.35	2214043.59
982	541771.34	2214043.57
983	541771.33	2214043.56
984	541771.31	2214043.54
985	541771.30	2214043.53
986	541771.29	2214043.52
987	541771.28	2214043.50
988	541771.26	2214043.49
989	541771.25	2214043.48
990	541771.24	2214043.46
991	541771.22	2214043.45
992	541771.21	2214043.44
993	541771.20	2214043.42
994	541771.18	2214043.41
995	541771.17	2214043.39
996	541771.16	2214043.38
997	541771.14	2214043.37
998	541771.13	2214043.35
999	541771.12	2214043.34
1000	541771.10	2214043.33

Vértices	X	Y
2406	541670.69	2214024.36
2407	541670.68	2214024.37
2408	541670.68	2214024.39
2409	541670.67	2214024.40
2410	541670.67	2214024.41
2411	541670.66	2214024.42
2412	541670.66	2214024.44
2413	541670.65	2214024.45
2414	541670.65	2214024.46
2415	541670.64	2214024.48
2416	541670.64	2214024.49
2417	541667.64	2214032.49
2418	541667.63	2214032.50
2419	541667.63	2214032.50
2420	541667.63	2214032.51
2421	541667.63	2214032.52
2422	541667.62	2214032.53
2423	541667.62	2214032.53
2424	541667.62	2214032.54
2425	541667.61	2214032.55
2426	541667.61	2214032.56
2427	541667.61	2214032.56
2428	541667.61	2214032.57
2429	541667.60	2214032.58
2430	541667.60	2214032.58
2431	541667.60	2214032.59
2432	541667.60	2214032.60
2433	541667.59	2214032.61
2434	541667.59	2214032.61
2435	541667.59	2214032.62
2436	541667.59	2214032.63
2437	541667.58	2214032.64
2438	541667.58	2214032.64
2439	541667.58	2214032.65
2440	541667.58	2214032.66
2441	541667.57	2214032.67
2442	541667.57	2214032.67
2443	541667.57	2214032.68
2444	541667.56	2214032.69
2445	541667.56	2214032.69
2446	541667.56	2214032.70
2447	541667.56	2214032.71
2448	541667.55	2214032.72
2449	541667.55	2214032.72
2450	541667.55	2214032.73
2451	541667.55	2214032.74
2452	541667.54	2214032.75
2453	541667.54	2214032.75
2454	541667.54	2214032.76
2455	541667.54	2214032.77
2456	541667.53	2214032.78
2457	541667.53	2214032.78
2458	541667.53	2214032.79
2459	541667.53	2214032.80
2460	541667.52	2214032.80

Vértices	X	Y
3	541374.59	2213045.70
4	541330.87	2212948.42
5	541292.03	2212858.55
6	541251.89	2212765.75
7	541405.03	2212687.24
8	541508.20	2212654.20
9	541948.21	2212513.43
10	541962.50	2212538.89
11	541993.31	2212594.10
12	542017.47	2212636.95
13	542021.84	2212645.09
14	542027.04	2212654.35
15	542051.31	2212696.57
16	542085.20	2212756.23
17	542115.86	2212810.99
18	542145.55	2212863.31
19	542176.72	2212918.42
20	542186.42	2212935.56
21	542046.77	2213030.00
22	541837.04	2213171.84
23	541959.94	2213228.74
24	541648.85	2213271.25
25	541473.61	2213295.19
26	541470.13	2213285.60
Polígono 6		
1	542327.76	2212839.98
2	542207.46	2212921.33
3	542158.91	2212836.88
4	542094.14	2212721.18
5	542029.29	2212608.75
6	541969.98	2212506.48
7	542371.15	2212378.61
8	542520.08	2212330.98
9	542460.63	2212394.95
10	542421.61	2212495.53
11	542361.41	2212683.23
12	542327.76	2212839.98
Polígono 7		
1	542594.72	2212393.11
2	542670.14	2212498.03
3	542695.89	2212533.85
4	542733.38	2212586.01
5	542582.55	2212667.67
6	542343.56	2212829.30
7	542378.87	2212670.42
8	542439.17	2212482.49
9	542473.19	2212404.81
10	542549.69	2212322.49
11	542594.72	2212393.11
Polígono 8		
1	541486.94	2212645.25
2	541902.79	2212432.06
3	541904.38	2212434.88
4	541940.62	2212500.11
5	541486.94	2212645.25

Vértices	X	Y
1001	541771.09	2214043.31
1002	541771.08	2214043.30
1003	541771.06	2214043.29
1004	541771.05	2214043.27
1005	541771.04	2214043.26
1006	541771.02	2214043.25
1007	541771.01	2214043.23
1008	541770.99	2214043.22
1009	541770.98	2214043.21
1010	541770.97	2214043.20
1011	541770.95	2214043.18
1012	541770.94	2214043.17
1013	541770.93	2214043.16
1014	541770.91	2214043.14
1015	541770.90	2214043.13
1016	541770.88	2214043.12
1017	541770.87	2214043.10
1018	541770.86	2214043.09
1019	541770.84	2214043.08
1020	541770.83	2214043.07
1021	541770.82	2214043.05
1022	541770.80	2214043.04
1023	541770.79	2214043.03
1024	541770.77	2214043.01
1025	541770.76	2214043.00
1026	541770.75	2214042.99
1027	541770.73	2214042.98
1028	541770.72	2214042.96
1029	541770.70	2214042.95
1030	541770.69	2214042.94
1031	541770.67	2214042.93
1032	541770.66	2214042.91
1033	541770.65	2214042.90
1034	541770.63	2214042.89
1035	541770.62	2214042.88
1036	541770.60	2214042.86
1037	541770.59	2214042.85
1038	541770.57	2214042.84
1039	541770.56	2214042.83
1040	541770.55	2214042.81
1041	541770.53	2214042.80
1042	541770.52	2214042.79
1043	541770.50	2214042.78
1044	541770.49	2214042.77
1045	541770.47	2214042.75
1046	541770.46	2214042.74
1047	541770.44	2214042.73
1048	541770.43	2214042.72
1049	541770.42	2214042.70
1050	541770.40	2214042.69
1051	541770.39	2214042.68
1052	541770.37	2214042.67
1053	541770.36	2214042.66
1054	541770.34	2214042.64
1055	541770.33	2214042.63

Vértices	X	Y
2461	541667.52	2214032.81
2462	541667.52	2214032.82
2463	541667.52	2214032.83
2464	541667.51	2214032.83
2465	541667.51	2214032.84
2466	541667.51	2214032.85
2467	541667.51	2214032.86
2468	541667.50	2214032.86
2469	541667.50	2214032.87
2470	541667.50	2214032.88
2471	541667.50	2214032.89
2472	541667.49	2214032.89
2473	541667.49	2214032.90
2474	541667.49	2214032.91
2475	541667.49	2214032.92
2476	541667.49	2214032.92
2477	541667.48	2214032.93
2478	541667.48	2214032.94
2479	541667.48	2214032.95
2480	541667.48	2214032.95
2481	541667.47	2214032.96
2482	541667.47	2214032.97
2483	541667.47	2214032.97
2484	541667.47	2214032.98
2485	541667.46	2214032.99
2486	541667.46	2214033.00
2487	541667.46	2214033.00
2488	541667.46	2214033.01
2489	541667.45	2214033.02
2490	541667.45	2214033.03
2491	541667.45	2214033.03
2492	541667.45	2214033.04
2493	541667.45	2214033.05
2494	541667.44	2214033.06
2495	541667.44	2214033.06
2496	541667.44	2214033.07
2497	541667.44	2214033.08
2498	541667.43	2214033.09
2499	541667.43	2214033.09
2500	541667.43	2214033.10
2501	541667.43	2214033.11
2502	541667.42	2214033.12
2503	541667.42	2214033.12
2504	541667.42	2214033.13
2505	541667.42	2214033.14
2506	541667.42	2214033.15
2507	541667.41	2214033.15
2508	541667.41	2214033.16
2509	541667.41	2214033.17
2510	541667.41	2214033.18
2511	541667.41	2214033.18
2512	541667.40	2214033.19
2513	541667.40	2214033.20
2514	541667.40	2214033.21
2515	541667.40	2214033.21

Vértices	X	Y
Polígono 9		
1	541783.89	2212198.53
2	541783.86	2212198.36
3	541782.75	2212191.64
4	541811.13	2212167.50
5	541821.56	2212222.45
6	541830.14	2212263.22
7	541842.40	2212322.99
8	541842.85	2212324.57
9	541843.65	2212326.34
10	541852.06	2212341.56
11	541238.95	2212654.20
12	541755.74	2212214.61
13	541764.90	2212206.82
14	541766.63	2212218.48
15	541767.89	2212226.98
16	541763.11	2212258.50
17	541763.00	2212260.00
18	541763.81	2212263.93
19	541765.96	2212267.11
20	541768.77	2212269.06
21	541771.50	2212269.89
22	541774.84	2212269.83
23	541778.14	2212268.58
24	541780.24	2212266.90
25	541781.68	2212264.97
26	541782.89	2212261.50
27	541787.89	2212228.50
28	541787.89	2212225.54
29	541783.89	2212198.53
Polígono 10		
1	542438.57	2212175.87
2	542441.99	2212180.63
3	542460.09	2212205.81
4	542461.67	2212208.01
5	542624.37	2212012.72
6	542737.24	2212144.27
7	542706.03	2212176.30
8	542694.05	2212188.59
9	542651.24	2212218.98
10	542552.29	2212304.93
11	542366.62	2212364.32
12	541962.06	2212493.26
13	541888.37	2212357.51
14	541867.65	2212313.56
15	541840.96	2212192.45
16	541829.46	2212137.01
17	541804.99	2212016.79
18	541807.63	2212002.24
19	541817.10	2211966.75
20	541843.80	2211866.59
21	541830.13	2211833.25
22	541829.77	2211831.55
23	541834.85	2211831.50
24	541866.89	2211824.87

Vértices	X	Y
1056	541770.31	2214042.62
1057	541770.30	2214042.61
1058	541770.28	2214042.60
1059	541770.27	2214042.59
1060	541770.25	2214042.57
1061	541770.24	2214042.56
1062	541770.22	2214042.55
1063	541770.21	2214042.54
1064	541770.19	2214042.53
1065	541770.18	2214042.52
1066	541770.16	2214042.50
1067	541770.15	2214042.49
1068	541770.13	2214042.48
1069	541770.12	2214042.47
1070	541770.10	2214042.46
1071	541770.09	2214042.45
1072	541770.07	2214042.43
1073	541770.06	2214042.42
1074	541770.04	2214042.41
1075	541770.03	2214042.40
1076	541770.01	2214042.39
1077	541770.00	2214042.38
1078	541769.98	2214042.37
1079	541769.97	2214042.36
1080	541769.95	2214042.34
1081	541769.94	2214042.33
1082	541769.92	2214042.32
1083	541769.91	2214042.31
1084	541769.89	2214042.30
1085	541769.87	2214042.29
1086	541769.86	2214042.28
1087	541769.84	2214042.27
1088	541769.83	2214042.26
1089	541769.81	2214042.24
1090	541769.80	2214042.23
1091	541769.78	2214042.22
1092	541769.77	2214042.21
1093	541769.75	2214042.20
1094	541769.74	2214042.19
1095	541769.72	2214042.18
1096	541769.70	2214042.17
1097	541769.69	2214042.16
1098	541769.67	2214042.15
1099	541769.66	2214042.14
1100	541769.64	2214042.13
1101	541769.63	2214042.12
1102	541769.61	2214042.11
1103	541769.59	2214042.09
1104	541769.58	2214042.08
1105	541769.56	2214042.07
1106	541769.55	2214042.06
1107	541769.53	2214042.05
1108	541769.52	2214042.04
1109	541769.50	2214042.03
1110	541769.48	2214042.02

Vértices	X	Y
2516	541667.39	2214033.22
2517	541667.39	2214033.23
2518	541667.39	2214033.24
2519	541667.39	2214033.24
2520	541667.39	2214033.25
2521	541667.38	2214033.26
2522	541667.38	2214033.27
2523	541667.38	2214033.27
2524	541667.38	2214033.28
2525	541667.37	2214033.29
2526	541667.37	2214033.30
2527	541667.37	2214033.30
2528	541667.37	2214033.31
2529	541667.37	2214033.32
2530	541667.36	2214033.33
2531	541667.36	2214033.33
2532	541667.36	2214033.34
2533	541667.36	2214033.35
2534	541667.36	2214033.36
2535	541667.35	2214033.36
2536	541667.35	2214033.37
2537	541667.35	2214033.38
2538	541667.35	2214033.39
2539	541667.35	2214033.39
2540	541667.34	2214033.40
2541	541667.34	2214033.41
2542	541667.34	2214033.42
2543	541667.34	2214033.42
2544	541667.34	2214033.43
2545	541667.33	2214033.44
2546	541667.33	2214033.45
2547	541667.33	2214033.45
2548	541667.33	2214033.46
2549	541667.33	2214033.47
2550	541667.32	2214033.48
2551	541667.32	2214033.48
2552	541667.32	2214033.49
2553	541667.32	2214033.50
2554	541667.32	2214033.51
2555	541667.31	2214033.51
2556	541667.31	2214033.52
2557	541667.31	2214033.53
2558	541667.31	2214033.54
2559	541667.31	2214033.54
2560	541667.30	2214033.55
2561	541667.30	2214033.56
2562	541667.30	2214033.57
2563	541667.30	2214033.57
2564	541667.30	2214033.58
2565	541667.30	2214033.59
2566	541667.29	2214033.60
2567	541667.29	2214033.60
2568	541667.29	2214033.61
2569	541667.29	2214033.62
2570	541667.29	2214033.63

Vértices	X	Y
25	541909.83	2211813.33
26	541950.48	2211802.83
27	541974.48	2211797.01
28	541984.54	2211791.62
29	542010.67	2211769.06
30	542041.00	2211745.32
31	542069.72	2211722.07
32	542091.08	2211705.97
33	542097.33	2211701.14
34	542155.62	2211782.24
35	542220.73	2211872.81
36	542262.52	2211930.94
37	542340.20	2212039.02
38	542423.18	2212154.46
39	542419.62	2212155.35
40	542419.62	2212159.73
41	542419.07	2212160.23
42	542419.62	2212163.86
43	542419.62	2212169.07
44	542419.82	2212169.20
45	542419.84	2212169.64
46	542420.05	2212172.55
47	542425.01	2212180.09
48	542437.19	2212179.11
49	542438.57	2212175.87
Polígono 11		
1	542199.18	2211619.28
2	542173.88	2211620.53
3	541995.60	2211628.96
4	541893.13	2211634.37
5	541882.43	2211635.11
6	541865.89	2211636.26
7	541794.74	2211698.19
8	541795.37	2211699.53
9	541794.93	2211708.88
10	541787.45	2211721.52
11	541828.45	2211825.24
12	541828.71	2211826.48
13	541828.89	2211826.59
14	541834.49	2211826.17
15	541865.84	2211819.74
16	541908.96	2211807.94
17	541948.85	2211797.39
18	541971.38	2211790.61
19	541980.01	2211785.37
20	542007.26	2211764.74
21	542037.07	2211740.64
22	542065.95	2211717.07
23	542089.97	2211698.14
24	542093.41	2211695.69
25	542094.31	2211695.02
26	542117.02	2211678.06
27	542146.97	2211657.02
28	542185.16	2211635.87
29	542185.60	2211634.48

Vértices	X	Y
1111	541769.47	2214042.01
1112	541769.45	2214042.00
1113	541769.44	2214041.99
1114	541769.42	2214041.98
1115	541769.40	2214041.97
1116	541769.39	2214041.96
1117	541769.37	2214041.95
1118	541769.36	2214041.94
1119	541769.34	2214041.93
1120	541769.32	2214041.92
1121	541769.31	2214041.91
1122	541769.29	2214041.90
1123	541769.27	2214041.89
1124	541769.26	2214041.88
1125	541769.24	2214041.87
1126	541769.23	2214041.86
1127	541769.21	2214041.85
1128	541769.19	2214041.84
1129	541769.18	2214041.83
1130	541769.16	2214041.82
1131	541769.14	2214041.81
1132	541769.13	2214041.80
1133	541769.11	2214041.79
1134	541769.10	2214041.78
1135	541769.08	2214041.77
1136	541769.06	2214041.76
1137	541769.05	2214041.76
1138	541769.03	2214041.75
1139	541769.01	2214041.74
1140	541769.00	2214041.73
1141	541768.98	2214041.72
1142	541768.96	2214041.71
1143	541768.95	2214041.70
1144	541768.93	2214041.69
1145	541768.91	2214041.68
1146	541768.90	2214041.67
1147	541768.37	2214041.38
1148	541760.23	2214035.18
1149	541759.54	2214034.60
1150	541759.54	2214034.55
1151	541759.53	2214034.50
1152	541759.53	2214034.44
1153	541759.52	2214034.39
1154	541759.52	2214034.34
1155	541759.51	2214034.29
1156	541759.51	2214034.24
1157	541759.50	2214034.19
1158	541759.50	2214034.14
1159	541759.49	2214034.08
1160	541759.49	2214034.03
1161	541759.48	2214033.98
1162	541759.47	2214033.93
1163	541759.47	2214033.88
1164	541759.46	2214033.83
1165	541759.45	2214033.78

Vértices	X	Y
2571	541667.28	2214033.63
2572	541667.28	2214033.64
2573	541667.28	2214033.65
2574	541667.28	2214033.66
2575	541667.28	2214033.66
2576	541667.27	2214033.67
2577	541667.27	2214033.68
2578	541667.27	2214033.69
2579	541667.27	2214033.69
2580	541667.27	2214033.70
2581	541667.27	2214033.71
2582	541667.26	2214033.72
2583	541667.26	2214033.72
2584	541667.26	2214033.73
2585	541667.26	2214033.74
2586	541667.26	2214033.75
2587	541667.26	2214033.75
2588	541667.25	2214033.76
2589	541667.25	2214033.77
2590	541667.25	2214033.78
2591	541667.25	2214033.78
2592	541667.25	2214033.79
2593	541667.25	2214033.80
2594	541667.24	2214033.81
2595	541667.24	2214033.82
2596	541667.24	2214033.82
2597	541667.24	2214033.83
2598	541665.55	2214041.41
2599	541661.59	2214048.55
2600	541659.00	2214052.00
2601	541659.00	2214052.00
2602	541658.99	2214052.01
2603	541658.99	2214052.01
2604	541658.99	2214052.02
2605	541658.98	2214052.02
2606	541658.98	2214052.03
2607	541658.98	2214052.03
2608	541658.97	2214052.03
2609	541658.97	2214052.04
2610	541658.97	2214052.04
2611	541658.96	2214052.05
2612	541658.96	2214052.05
2613	541658.96	2214052.06
2614	541658.95	2214052.06
2615	541658.95	2214052.07
2616	541658.95	2214052.07
2617	541658.94	2214052.08
2618	541658.94	2214052.08
2619	541658.94	2214052.09
2620	541658.93	2214052.09
2621	541658.93	2214052.09
2622	541658.93	2214052.10
2623	541658.92	2214052.10
2624	541658.92	2214052.11
2625	541658.92	2214052.11

Vértices	X	Y
30	542192.19	2211624.07
31	542199.18	2211619.28
Polígono 12		
1	541884.78	2211619.81
2	541979.57	2211537.31
3	542071.05	2211464.19
4	542144.86	2211405.20
5	542178.74	2211375.47
6	542185.80	2211370.55
7	542214.95	2211348.55
8	542229.14	2211342.47
9	542230.85	2211341.80
10	542247.16	2211335.34
11	542327.10	2211332.90
12	542357.83	2211335.82
13	542394.55	2211339.31
14	542393.16	2211451.40
15	542357.95	2211511.26
16	542355.21	2211515.90
17	542243.79	2211579.96
18	542213.45	2211597.39
19	542213.31	2211597.49
20	542201.73	2211604.15
21	542173.16	2211605.57
22	541994.85	2211614.00
23	541884.78	2211619.81
Polígono 13		
1	542471.84	2211481.72
2	542467.71	2211482.70
3	542437.62	2211489.26
4	542421.63	2211494.92
5	542402.98	2211501.52
6	542401.91	2211501.90
7	542382.78	2211512.47
8	542370.90	2211519.71
9	542359.21	2211526.83
10	542357.35	2211527.97
11	542347.05	2211534.11
12	542331.02	2211543.66
13	542321.64	2211549.82
14	542311.46	2211556.52
15	542302.66	2211562.30
16	542300.97	2211563.41
17	542294.56	2211568.49
18	542282.46	2211578.08
19	542280.28	2211579.80
20	542275.67	2211583.45
21	542263.22	2211586.05
22	542243.39	2211595.47
23	542242.66	2211595.96
24	542238.51	2211598.79
25	542231.29	2211603.71
26	542221.53	2211610.36
27	542209.29	2211619.58
28	542194.69	2211630.59

Vértices	X	Y
1166	541759.45	2214033.72
1167	541759.44	2214033.67
1168	541759.43	2214033.62
1169	541759.42	2214033.57
1170	541759.41	2214033.52
1171	541759.40	2214033.47
1172	541759.39	2214033.42
1173	541759.38	2214033.37
1174	541759.37	2214033.32
1175	541759.36	2214033.27
1176	541759.35	2214033.22
1177	541759.34	2214033.16
1178	541759.33	2214033.11
1179	541759.32	2214033.06
1180	541759.31	2214033.01
1181	541759.30	2214032.96
1182	541759.29	2214032.91
1183	541759.27	2214032.86
1184	541759.26	2214032.81
1185	541759.25	2214032.76
1186	541759.24	2214032.71
1187	541759.22	2214032.66
1188	541759.21	2214032.61
1189	541759.20	2214032.56
1190	541759.18	2214032.51
1191	541759.17	2214032.46
1192	541759.15	2214032.41
1193	541759.14	2214032.36
1194	541759.12	2214032.31
1195	541759.11	2214032.26
1196	541759.09	2214032.21
1197	541759.08	2214032.16
1198	541759.06	2214032.11
1199	541759.05	2214032.07
1200	541759.03	2214032.02
1201	541759.01	2214031.97
1202	541758.99	2214031.92
1203	541758.98	2214031.87
1204	541758.96	2214031.82
1205	541758.94	2214031.77
1206	541758.92	2214031.72
1207	541758.91	2214031.68
1208	541758.89	2214031.63
1209	541758.87	2214031.58
1210	541758.85	2214031.53
1211	541758.83	2214031.48
1212	541758.81	2214031.43
1213	541758.79	2214031.39
1214	541758.77	2214031.34
1215	541758.75	2214031.29
1216	541758.73	2214031.24
1217	541758.71	2214031.20
1218	541758.69	2214031.15
1219	541758.67	2214031.10
1220	541758.65	2214031.06

Vértices	X	Y
2626	541658.91	2214052.12
2627	541658.91	2214052.12
2628	541658.91	2214052.13
2629	541658.90	2214052.13
2630	541658.90	2214052.14
2631	541658.90	2214052.14
2632	541658.89	2214052.15
2633	541658.89	2214052.15
2634	541658.89	2214052.16
2635	541658.88	2214052.16
2636	541658.88	2214052.16
2637	541658.88	2214052.17
2638	541658.87	2214052.17
2639	541658.87	2214052.18
2640	541658.87	2214052.18
2641	541658.86	2214052.19
2642	541658.86	2214052.19
2643	541658.86	2214052.20
2644	541658.85	2214052.20
2645	541658.85	2214052.21
2646	541658.85	2214052.21
2647	541658.84	2214052.22
2648	541658.84	2214052.22
2649	541658.84	2214052.23
2650	541658.83	2214052.23
2651	541658.83	2214052.23
2652	541658.83	2214052.24
2653	541658.82	2214052.24
2654	541658.82	2214052.25
2655	541658.82	2214052.25
2656	541658.81	2214052.26
2657	541658.81	2214052.26
2658	541658.81	2214052.27
2659	541658.80	2214052.27
2660	541658.80	2214052.28
2661	541658.80	2214052.28
2662	541658.79	2214052.29
2663	541658.79	2214052.29
2664	541658.79	2214052.30
2665	541658.78	2214052.30
2666	541658.78	2214052.31
2667	541658.78	2214052.31
2668	541658.77	2214052.31
2669	541658.77	2214052.32
2670	541658.77	2214052.32
2671	541658.76	2214052.33
2672	541658.76	2214052.33
2673	541658.76	2214052.34
2674	541658.75	2214052.34
2675	541658.75	2214052.35
2676	541658.75	2214052.35
2677	541658.74	2214052.36
2678	541658.74	2214052.36
2679	541658.74	2214052.37
2680	541658.73	2214052.37

Vértices	X	Y
29	542228.00	2211610.02
30	542293.73	2211597.15
31	542375.21	2211543.53
32	542471.84	2211481.72
Polígono 14		
1	542480.73	2211476.04
2	542470.95	2211478.57
3	542461.26	2211480.77
4	542444.03	2211483.49
5	542438.28	2211484.40
6	542401.23	2211497.59
7	542396.40	2211500.25
8	542380.29	2211509.12
9	542374.48	2211512.74
10	542384.78	2211495.23
11	542408.11	2211455.57
12	542409.51	2211342.89
13	542409.64	2211332.44
14	542417.81	2211335.02
15	542432.19	2211342.89
16	542458.66	2211356.72
17	542559.41	2211425.70
18	542480.73	2211476.04
Polígono 15		
1	542397.52	2211277.50
2	542407.34	2211299.45
3	542408.16	2211322.82
4	542408.93	2211327.56
5	542435.61	2211340.52
6	542454.74	2211351.65
7	542397.52	2211277.50
Polígono 16		
1	542345.33	2211229.63
2	542373.83	2211261.29
3	542392.45	2211302.91
4	542392.92	2211316.25
5	542327.13	2211317.89
6	542251.88	2211320.19
7	542241.38	2211320.51
8	542333.45	2211239.72
9	542345.33	2211229.63
Polígono 17		
1	541719.36	2211385.88
2	541717.30	2211404.05
3	541744.79	2211455.23
4	541745.76	2211457.86
5	541767.34	2211557.95
6	541767.51	2211558.97
7	541774.70	2211624.34
8	541791.96	2211624.07
9	541854.93	2211621.93
10	541855.12	2211621.76
11	541861.62	2211621.53
12	541871.47	2211620.85
13	542070.56	2211448.81

Vértices	X	Y
1221	541758.62	2214031.01
1222	541758.60	2214030.96
1223	541758.58	2214030.91
1224	541758.56	2214030.87
1225	541758.53	2214030.82
1226	541758.51	2214030.77
1227	541758.49	2214030.73
1228	541758.47	2214030.68
1229	541758.44	2214030.64
1230	541758.42	2214030.59
1231	541758.39	2214030.54
1232	541758.37	2214030.50
1233	541758.34	2214030.45
1234	541758.32	2214030.41
1235	541758.29	2214030.36
1236	541758.27	2214030.32
1237	541758.24	2214030.27
1238	541758.22	2214030.23
1239	541758.19	2214030.18
1240	541758.17	2214030.14
1241	541758.14	2214030.09
1242	541758.11	2214030.05
1243	541758.09	2214030.01
1244	541758.06	2214029.96
1245	541758.03	2214029.92
1246	541758.00	2214029.87
1247	541757.98	2214029.83
1248	541757.95	2214029.79
1249	541757.92	2214029.74
1250	541757.89	2214029.70
1251	541757.86	2214029.66
1252	541757.83	2214029.61
1253	541757.80	2214029.57
1254	541757.77	2214029.53
1255	541757.74	2214029.49
1256	541757.71	2214029.44
1257	541757.68	2214029.40
1258	541757.65	2214029.36
1259	541757.62	2214029.32
1260	541757.59	2214029.28
1261	541757.56	2214029.23
1262	541757.53	2214029.19
1263	541757.50	2214029.15
1264	541757.47	2214029.11
1265	541757.44	2214029.07
1266	541757.40	2214029.03
1267	541757.37	2214028.99
1268	541757.34	2214028.95
1269	541757.31	2214028.91
1270	541757.27	2214028.87
1271	541757.24	2214028.83
1272	541757.21	2214028.79
1273	541757.17	2214028.75
1274	541757.14	2214028.71
1275	541757.11	2214028.67

Vértices	X	Y
2681	541658.73	2214052.38
2682	541658.73	2214052.38
2683	541658.72	2214052.39
2684	541658.72	2214052.39
2685	541658.72	2214052.39
2686	541658.71	2214052.40
2687	541658.71	2214052.40
2688	541658.71	2214052.41
2689	541658.71	2214052.41
2690	541658.70	2214052.42
2691	541658.70	2214052.42
2692	541658.70	2214052.43
2693	541658.69	2214052.43
2694	541658.69	2214052.44
2695	541658.69	2214052.44
2696	541658.68	2214052.45
2697	541658.68	2214052.45
2698	541658.68	2214052.46
2699	541658.67	2214052.46
2700	541658.67	2214052.47
2701	541658.67	2214052.47
2702	541658.66	2214052.48
2703	541658.66	2214052.48
2704	541658.66	2214052.49
2705	541658.65	2214052.49
2706	541658.65	2214052.50
2707	541658.65	2214052.50
2708	541658.64	2214052.50
2709	541658.64	2214052.51
2710	541658.64	2214052.51
2711	541658.64	2214052.52
2712	541658.63	2214052.52
2713	541658.63	2214052.53
2714	541658.63	2214052.53
2715	541658.62	2214052.54
2716	541658.62	2214052.54
2717	541658.62	2214052.55
2718	541658.61	2214052.55
2719	541658.61	2214052.56
2720	541658.61	2214052.56
2721	541658.60	2214052.57
2722	541658.60	2214052.57
2723	541658.60	2214052.58
2724	541658.59	2214052.58
2725	541658.59	2214052.59
2726	541658.59	2214052.59
2727	541658.59	2214052.60
2728	541658.58	2214052.60
2729	541658.58	2214052.61
2730	541658.58	2214052.61
2731	541658.57	2214052.62
2732	541658.57	2214052.62
2733	541658.57	2214052.62
2734	541658.56	2214052.63
2735	541658.56	2214052.63

Vértices	X	Y
14	542302.19	2211243.26
15	542308.59	2211239.01
16	542299.83	2211241.25
17	542127.23	2211199.86
18	541972.86	2211345.72
19	541980.01	2211353.17
20	541913.68	2211409.98
21	541791.86	2211285.07
22	541719.36	2211385.88
Polígono 18		
1	541786.64	2211680.94
2	541835.92	2211638.35
3	541776.35	2211639.30
4	541779.19	2211665.08
5	541786.64	2211680.94
Polígono 19		
1	541664.38	2211474.40
2	541704.16	2211421.85
3	541726.50	2211463.45
4	541745.49	2211551.48
5	541700.54	2211509.37
6	541664.38	2211474.40
Polígono 20		
1	541608.01	2211585.20
2	541687.91	2211521.28
3	541695.72	2211515.03
4	541748.24	2211566.74
5	541751.25	2211594.10
6	541751.98	2211624.69
7	541716.22	2211625.27
8	541715.17	2211625.32
9	541686.65	2211627.62
10	541684.00	2211623.24
11	541673.02	2211609.62
12	541660.06	2211596.78
13	541647.36	2211587.52
14	541641.41	2211585.94
15	541624.08	2211584.75
16	541608.01	2211585.20
Polígono 21		
1	541752.34	2211639.69
2	541752.41	2211642.51
3	541759.08	2211665.15
4	541759.49	2211668.93
5	541760.38	2211672.08
6	541762.36	2211676.29
7	541768.60	2211697.48
8	541763.82	2211701.58
9	541768.65	2211714.01
10	541766.92	2211716.94
11	541763.40	2211718.88
12	541756.76	2211720.38
13	541753.72	2211720.34
14	541747.37	2211719.55
15	541740.10	2211716.38

Vértices	X	Y
1276	541757.07	2214028.63
1277	541757.04	2214028.59
1278	541757.00	2214028.55
1279	541756.97	2214028.52
1280	541756.93	2214028.48
1281	541756.90	2214028.44
1282	541756.86	2214028.40
1283	541756.83	2214028.36
1284	541756.79	2214028.33
1285	541756.76	2214028.29
1286	541756.72	2214028.25
1287	541756.69	2214028.21
1288	541756.65	2214028.18
1289	541756.61	2214028.14
1290	541756.58	2214028.10
1291	541756.54	2214028.07
1292	541756.50	2214028.03
1293	541756.46	2214028.00
1294	541756.43	2214027.96
1295	541756.39	2214027.93
1296	541756.35	2214027.89
1297	541756.31	2214027.85
1298	541756.27	2214027.82
1299	541756.24	2214027.79
1300	541756.20	2214027.75
1301	541756.16	2214027.72
1302	541756.12	2214027.68
1303	541756.08	2214027.65
1304	541756.04	2214027.62
1305	541756.00	2214027.58
1306	541755.96	2214027.55
1307	541755.92	2214027.52
1308	541755.88	2214027.48
1309	541755.84	2214027.45
1310	541755.80	2214027.42
1311	541755.76	2214027.39
1312	541755.72	2214027.35
1313	541755.68	2214027.32
1314	541755.64	2214027.29
1315	541755.60	2214027.26
1316	541755.56	2214027.23
1317	541755.51	2214027.20
1318	541755.47	2214027.17
1319	541755.43	2214027.14
1320	541755.39	2214027.10
1321	541755.35	2214027.07
1322	541755.30	2214027.04
1323	541755.26	2214027.02
1324	541755.22	2214026.99
1325	541755.18	2214026.96
1326	541755.13	2214026.93
1327	541755.09	2214026.90
1328	541755.05	2214026.87
1329	541755.00	2214026.84
1330	541749.38	2214023.19

Vértices	X	Y
2736	541658.56	2214052.64
2737	541658.55	2214052.64
2738	541658.55	2214052.65
2739	541658.55	2214052.65
2740	541658.55	2214052.66
2741	541658.54	2214052.66
2742	541658.54	2214052.67
2743	541658.54	2214052.67
2744	541658.53	2214052.68
2745	541658.53	2214052.68
2746	541658.53	2214052.69
2747	541658.52	2214052.69
2748	541658.52	2214052.70
2749	541658.52	2214052.70
2750	541658.51	2214052.71
2751	541658.51	2214052.71
2752	541658.51	2214052.72
2753	541658.51	2214052.72
2754	541658.50	2214052.73
2755	541658.50	2214052.73
2756	541658.50	2214052.74
2757	541658.49	2214052.74
2758	541658.49	2214052.75
2759	541658.49	2214052.75
2760	541658.48	2214052.76
2761	541658.48	2214052.76
2762	541658.48	2214052.77
2763	541658.48	2214052.77
2764	541658.47	2214052.78
2765	541658.47	2214052.78
2766	541658.47	2214052.79
2767	541658.46	2214052.79
2768	541658.46	2214052.80
2769	541658.46	2214052.80
2770	541658.45	2214052.81
2771	541658.45	2214052.81
2772	541658.45	2214052.81
2773	541658.45	2214052.82
2774	541658.44	2214052.82
2775	541658.44	2214052.83
2776	541658.44	2214052.83
2777	541658.43	2214052.84
2778	541658.43	2214052.84
2779	541658.43	2214052.85
2780	541658.43	2214052.85
2781	541655.41	2214057.88
2782	541655.39	2214057.91
2783	541655.38	2214057.93
2784	541655.36	2214057.96
2785	541655.35	2214057.98
2786	541655.33	2214058.01
2787	541655.32	2214058.04
2788	541655.30	2214058.06
2789	541655.29	2214058.09
2790	541655.27	2214058.11

Vértices	X	Y
16	541732.42	2211709.63
17	541726.60	2211702.22
18	541719.59	2211694.02
19	541712.45	2211682.64
20	541704.91	2211668.62
21	541699.75	2211653.14
22	541695.03	2211641.99
23	541716.42	2211640.25
24	541752.34	2211639.69
Polígono 22		
1	541620.24	2211633.00
2	541589.60	2211599.93
3	541599.70	2211591.85
4	541623.55	2211589.64
5	541632.15	2211590.43
6	541644.85	2211592.15
7	541653.31	2211596.92
8	541658.60	2211601.94
9	541663.76	2211608.16
10	541671.44	2211616.63
11	541678.98	2211625.62
12	541680.58	2211628.11
13	541645.38	2211630.96
14	541645.38	2211630.96
15	541645.38	2211630.96
16	541645.38	2211630.96
17	541645.38	2211630.96
18	541645.38	2211630.96
19	541645.38	2211630.96
20	541645.38	2211630.96
21	541645.38	2211630.96
22	541645.38	2211630.96
23	541645.38	2211630.96
24	541645.38	2211630.96
25	541645.38	2211630.96
26	541645.38	2211630.96
27	541645.38	2211630.96
28	541645.38	2211630.96
29	541645.38	2211630.96
30	541645.38	2211630.96
31	541645.38	2211630.96
32	541645.38	2211630.96
33	541645.38	2211630.96
34	541645.38	2211630.96
35	541645.38	2211630.96
36	541645.38	2211630.96
37	541645.38	2211630.96
38	541645.38	2211630.96
39	541645.38	2211630.96
40	541645.38	2211630.96
41	541645.38	2211630.96
42	541645.38	2211630.96
43	541645.38	2211630.96
44	541645.38	2211630.96
45	541645.38	2211630.96

Vértices	X	Y
1331	541749.41	2214023.12
1332	541749.44	2214023.04
1333	541749.46	2214022.96
1334	541749.49	2214022.89
1335	541749.51	2214022.81
1336	541749.53	2214022.73
1337	541749.56	2214022.66
1338	541749.58	2214022.58
1339	541749.60	2214022.50
1340	541749.62	2214022.42
1341	541749.64	2214022.34
1342	541749.66	2214022.27
1343	541749.68	2214022.19
1344	541749.70	2214022.11
1345	541749.72	2214022.03
1346	541749.74	2214021.95
1347	541749.75	2214021.87
1348	541749.77	2214021.79
1349	541749.79	2214021.71
1350	541749.80	2214021.63
1351	541749.82	2214021.56
1352	541749.83	2214021.48
1353	541749.84	2214021.40
1354	541749.85	2214021.32
1355	541749.87	2214021.24
1356	541749.88	2214021.16
1357	541749.89	2214021.08
1358	541749.90	2214021.00
1359	541749.91	2214020.92
1360	541749.92	2214020.84
1361	541749.92	2214020.76
1362	541749.93	2214020.67
1363	541749.94	2214020.59
1364	541749.94	2214020.51
1365	541749.95	2214020.43
1366	541749.95	2214020.35
1367	541749.96	2214020.27
1368	541749.96	2214020.19
1369	541749.96	2214020.11
1370	541749.96	2214020.03
1371	541749.97	2214019.95
1372	541749.97	2214019.87
1373	541749.97	2214019.79
1374	541749.97	2214019.71
1375	541749.96	2214019.63
1376	541749.96	2214019.54
1377	541749.96	2214019.46
1378	541749.96	2214019.38
1379	541749.95	2214019.30
1380	541749.95	2214019.22
1381	541749.94	2214019.14
1382	541749.94	2214019.06
1383	541749.93	2214018.98
1384	541749.92	2214018.90
1385	541749.92	2214018.82

Vértices	X	Y
2791	541655.26	2214058.14
2792	541655.25	2214058.17
2793	541655.23	2214058.19
2794	541655.22	2214058.22
2795	541655.20	2214058.25
2796	541655.19	2214058.27
2797	541655.17	2214058.30
2798	541655.16	2214058.32
2799	541655.15	2214058.35
2800	541655.13	2214058.38
2801	541655.12	2214058.40
2802	541655.10	2214058.43
2803	541655.09	2214058.46
2804	541655.08	2214058.48
2805	541655.06	2214058.51
2806	541655.05	2214058.54
2807	541655.04	2214058.57
2808	541655.02	2214058.59
2809	541655.01	2214058.62
2810	541655.00	2214058.65
2811	541654.98	2214058.67
2812	541654.97	2214058.70
2813	541654.96	2214058.73
2814	541654.95	2214058.75
2815	541654.93	2214058.78
2816	541654.92	2214058.81
2817	541654.91	2214058.84
2818	541654.90	2214058.86
2819	541654.88	2214058.89
2820	541654.87	2214058.92
2821	541654.86	2214058.95
2822	541654.85	2214058.97
2823	541654.83	2214059.00
2824	541654.82	2214059.03
2825	541654.81	2214059.06
2826	541654.80	2214059.08
2827	541654.79	2214059.11
2828	541654.78	2214059.14
2829	541654.76	2214059.17
2830	541654.75	2214059.19
2831	541654.74	2214059.22
2832	541654.73	2214059.25
2833	541654.72	2214059.28
2834	541654.71	2214059.31
2835	541654.70	2214059.33
2836	541654.69	2214059.36
2837	541654.67	2214059.39
2838	541654.66	2214059.42
2839	541654.65	2214059.45
2840	541654.64	2214059.47
2841	541654.63	2214059.50
2842	541654.62	2214059.53
2843	541654.61	2214059.56
2844	541654.60	2214059.59
2845	541654.59	2214059.61

Vértices	X	Y
46	541620.24	2211633.00
Polígono 23		
1	541806.11	2212143.51
2	541808.38	2212154.68
3	541780.51	2212178.23
4	541752.02	2212007.27
5	541753.97	2211911.48
6	541762.26	2211882.00
7	541770.65	2211868.01
8	541795.68	2211823.17
9	541796.50	2211816.63
10	541799.19	2211795.11
11	541806.13	2211814.09
12	541814.12	2211864.20
13	541816.69	2211880.30
14	541799.68	2211941.73
15	541780.95	2212010.13
16	541792.56	2212084.94
17	541806.11	2212143.51
Polígono 24		
1	541467.65	2211970.82
2	541466.27	2211969.22
3	541469.31	2211966.59
4	541466.31	2211962.85
5	541464.46	2211964.35
6	541352.75	2212054.75
7	541351.13	2212056.04
8	541357.44	2212063.29
9	541350.11	2212070.09
10	541294.39	2212121.83
11	541106.57	2212276.90
12	540951.80	2212096.15
13	540950.35	2212094.61
14	540850.32	2211988.08
15	540852.67	2211985.65
16	540906.50	2211889.42
17	540875.46	2211782.24
18	540803.44	2211680.24
19	540717.14	2211662.52
20	540779.84	2211641.45
21	540920.83	2211673.31
22	540980.89	2211648.52
23	541034.14	2211691.74
24	541119.41	2211786.61
25	541230.76	2211686.56
26	541240.38	2211693.70
27	541231.01	2211704.89
28	541281.85	2211747.50
29	541290.12	2211737.62
30	541305.72	2211751.69
31	541283.82	2211774.42
32	541273.27	2211790.71
33	541277.55	2211805.82
34	541307.87	2211837.32
35	541345.05	2211808.02

Vértices	X	Y
1386	541749.91	2214018.74
1387	541749.90	2214018.66
1388	541749.89	2214018.58
1389	541749.88	2214018.50
1390	541749.87	2214018.42
1391	541749.85	2214018.34
1392	541749.84	2214018.26
1393	541749.83	2214018.18
1394	541749.82	2214018.10
1395	541749.80	2214018.02
1396	541749.79	2214017.94
1397	541749.77	2214017.86
1398	541749.75	2214017.78
1399	541749.74	2214017.70
1400	541749.72	2214017.62
1401	541749.70	2214017.55
1402	541749.68	2214017.47
1403	541749.66	2214017.39
1404	541749.64	2214017.31
1405	541749.62	2214017.23
1406	541749.60	2214017.15
1407	541749.58	2214017.08
1408	541749.56	2214017.00
1409	541749.53	2214016.92
1410	541749.51	2214016.84
1411	541749.49	2214016.77
1412	541749.46	2214016.69
1413	541749.44	2214016.61
1414	541749.41	2214016.54
1415	541749.38	2214016.46
1416	541749.36	2214016.39
1417	541749.33	2214016.31
1418	541749.30	2214016.23
1419	541749.27	2214016.16
1420	541749.24	2214016.08
1421	541749.21	2214016.01
1422	541749.18	2214015.93
1423	541749.15	2214015.86
1424	541749.11	2214015.79
1425	541749.08	2214015.71
1426	541749.05	2214015.64
1427	541749.01	2214015.57
1428	541748.98	2214015.49
1429	541748.94	2214015.42
1430	541748.91	2214015.35
1431	541748.87	2214015.28

Vértices	X	Y
2846	541654.58	2214059.64
2847	541654.57	2214059.67
2848	541654.56	2214059.70
2849	541654.55	2214059.73
2850	541654.54	2214059.76
2851	541654.53	2214059.78
2852	541654.52	2214059.81
2853	541654.51	2214059.84
2854	541654.50	2214059.87
2855	541654.49	2214059.90
2856	541654.48	2214059.93
2857	541654.47	2214059.96
2858	541654.47	2214059.98
2859	541654.46	2214060.01
2860	541654.45	2214060.04
2861	541654.44	2214060.07
2862	541654.43	2214060.10
2863	541654.42	2214060.13
2864	541654.41	2214060.16
2865	541654.40	2214060.19
2866	541654.40	2214060.21
2867	541654.39	2214060.24
2868	541654.38	2214060.27
2869	541654.37	2214060.30
2870	541654.36	2214060.33
2871	541654.35	2214060.36
2872	541654.35	2214060.39
2873	541654.34	2214060.42
2874	541654.33	2214060.45
2875	541654.32	2214060.47
2876	541654.32	2214060.50
2877	541654.31	2214060.53
2878	541654.30	2214060.56
2879	541654.29	2214060.59
2880	541654.29	2214060.62
2881	541654.28	2214060.65
2882	541654.27	2214060.68
2883	541654.27	2214060.71
2884	541654.26	2214060.74
2885	541654.25	2214060.77
2886	541654.25	2214060.80
2887	541654.24	2214060.82
2888	541654.23	2214060.85
2889	541654.23	2214060.88
2890	541654.22	2214060.91
2891	541654.21	2214060.94

Vértices	X	Y
36	541433.26	2211863.89
37	541404.69	2211885.97
38	541460.05	2211955.04
39	541461.85	2211957.28
40	541714.82	2211735.09
41	541633.19	2211646.98
42	541646.91	2211645.87
43	541689.20	2211642.45
44	541691.28	2211647.19
45	541694.46	2211657.90
46	541698.42	2211667.43
47	541704.51	2211679.07
48	541712.32	2211691.51
49	541718.67	2211702.35
50	541726.07	2211710.95
51	541734.80	2211717.83
52	541744.33	2211722.86
53	541751.34	2211724.94
54	541753.87	2211724.81
55	541760.86	2211724.38
56	541762.93	2211723.69
57	541754.21	2211738.42
58	541741.38	2211737.97
59	541737.96	2211738.52
60	541715.42	2211742.13
61	541711.85	2211743.43
62	541706.86	2211746.43
63	541706.46	2211746.68
64	541703.45	2211748.68
65	541701.47	2211750.42
66	541687.47	2211766.42
67	541685.19	2211771.04
68	541683.08	2211781.61
69	541681.45	2211789.75
70	541707.57	2211834.68
71	541711.22	2211851.06
72	541714.26	2211866.30
73	541719.13	2211884.16
74	541740.20	2211886.59
75	541734.03	2211908.52
76	541731.98	2212008.73
77	541762.74	2212193.24
78	541748.34	2212205.41
79	541514.78	2211927.49
80	541467.65	2211970.82

El Proyecto está diseñado para alcanzar una potencia instalada de 257.51 MW_{DC} (195MW_{AC}) con la instalación de 440,181 paneles fotovoltaico (tabla II.3); los archivos con la georreferenciación de los componentes del proyecto se adjuntan en el anexo ANX VIII.II.2.

Tabla II. 3 Características generales del proyecto

Características y componente	Parámetro
Potencia instalada	257.51 MWDC
Potencia neta	195 MWAC
Número de paneles	440,181 módulos
Potencia instalada	257.51 MW_{DC}
Potencia neta	195 MW_{AC}
Potencia por cada panel	585 W
Número total de inversores tipo “string”	689
Número de centros de transformación	34
Potencia Nominal de cada inversor	330 kVA
Tipo de estructura de soporte	Seguidor de 1 eje horizontal
Número de seguidores (*tracke*r)	4,790
Número de horas equivalentes (P50)	2,068 kWh/kWp/año
Producción anual de energía (P50)	515.80 GWh/año
Longitud (m) valla perimetral	23,146.16

La superficie total que pretende ocupar el proyecto será de **528.3935 ha**.; la superficie de ocupación de las instalaciones internas del proyecto se delimitará por una valla perimetral de aproximadamente 2 metros de altura, dentro de la cual se establecerán los módulos fotovoltaicos, seguidores (*trackers*), los centros de transformación, entre otros) (Tabla II.4).

La LT de interconexión correrá por una superficie de 7.0935 ha (DdV), entre la Subestación Elevadora dentro del polígono del Proyecto y la Subestación de Maniobras a establecerse cerca de las líneas de transmisión propiedad de la CFE; dentro de esta franja de que ocupará el DdV, se ubicarán en torres de transmisión y sobre ellas el cableado de alta tensión.

Tabla II. 4 Componentes del proyecto, superficie unitaria y uso actual del suelo

[Parte 1 de 2]

Componente		Uso de suelo y/o vegetación INEGI Serie VII		Uso de suelo y/o vegetación Determinación *In Situ*	
		Clave	Superficie (ha)	Clave	Superficie (ha)
Área de establecimiento del proyecto			**528.3935**		**528.3935**
		TP	**423.7370**	TP	**463.7438**
		TAP	**75.9549**	TAP	**0.0000**
		MC	**0.1636**	MC	**0.0000**
		VSa/BJ	**18.3762**	VSa/BJ	**24.7116**
		VSa/MC	**10.1618**	VSa/MC	**7.9914**
				1/	**31.9467**
Área ocupada por componentes del proyecto			**511.9794**		**511.9794**
		TAP	69.2125	TP	458.6304
		TP	414.3287	TAP	0.0000
		MC	0.1636	MC	0.0000
		VSa/BJ	18.2423	VSa/BJ	24.5111
		VSa/MC	10.0323	VSa/MC	7.9914
				1/	20.8465
Módulos fotovoltaicos (paneles, autosoporte, inversores)			**371.4516**		**371.4516**
Espacio maniobras		TAP	57.3298	TP	330.8786
		TP	292.8446	TAP	0.0000
		MC	0.1636	MC	0.0000
		VSa/BJ	14.5859	VSa/BJ	19.2642
		VSa/MC	6.5277	VSa/MC	6.7265
				1/	14.5823
Seguidores solares			**118.4436**		**118.4436**
		TAP	9.1312	TP	112.9391
		TP	107.9213	VSa/BJ	0.0643
				VSa/MC	1.1715
		VSa/MC	1.3911	1/	4.2687
Centros de transformación			**0.1187**		**0.1187**
		TP	0.1117	TP	0.1127
				1/	0.0035
		TAP	0.0070	VSa/MC	0.0025
Caminos internos			**7.8436**		**7.8436**
	Tramo 1	TP	0.1008	TP	0.4217
		TAP	0.3260	1/	0.0051
	Tramo 2	TAP	0.0885	TP	0.0862
				1/	0.0023
	Tramo 3	TP	0.5247	TP	1.0081
				1/	0.0158
		TAP	0.5446	1/	0.0454
	Tramo 4	TP	0.2771	TP	0.2771
	Tramo 5	TP	0.6844	TP	0.6844
	Tramo 6	TP	0.5342	TP	0.5342
	Tramo 7	TP	1.0674	TP	1.0374
				1/	0.0300
	Tramo 8	TP	3.4843	TP	2.9058
				1/	0.2642
				1/	0.2731
		VSa/BJ	0.0982	VSa/BJ	0.0485
				VSa/MC	0.0909
	Tramo 9	TP	0.1134	TP	0.1134

Tabla II. 5 Componentes del proyecto, superficie unitaria y uso actual del suelo
[Parte 2 de 2]

Componente		Uso de suelo y/o vegetación INEGI Serie VII		Uso de suelo y/o vegetación Determinación *In Situ*	
		Clave	Superficie (ha)	Clave	Superficie (ha)
Subestación Elevadora del Proyecto			**1.1094**		**1.1094**
		TP	0.0053	TP	1.0453
		VSa/BJ	1.1041	VSa/BJ	0.0641
Área edificaciones			**2.3004**		**2.3004**
	Área 1	TP	1.4633	TP	1.4574
				1/	0.0059
	Área 2	TP	0.8371	TP	0.8165
				1/	0.0206
Área de baterías			**2.3316**		**2.3316**
		TP	1.0021	TP	0.5267
				1/	0.0137
		VSa/BJ	1.3295	1/	0.0237
				VSa/BJ	1.7675
DDV-Línea de transmisión del Proyecto			**7.0935**		**7.0935**
		VSa/MC	2.1135	TP	3.6152
		VSa/BJ	0.4854	1/	0.2555
		TP	3.357	1/	0.0334
		TAP	1.1376	VSa/BJ	3.1894
Camino de acceso Ocote Solar			**1.2870**		**1.2870**
		TAP	0.6478	TP	0.1706
				1/	0.1667
				1/	0.0123
		VSa/BJ	0.6392	1/	0.0121
				1/	0.8122
				VSa/BJ	0.1131
Superficies que no forman parte del proyecto pero que se encuentran ubicadas dentro del AeP. (Entre ellas espacios de caminos comunitarios, derechos de vías de líneas de distribución de CFE, derechos de vías de gasoductos, cuerpos de agua artificiales)			**16.4141**		**16.4141**
		TP	9.4083	TP	5.1134
		TAP	6.7424	1/	11.1002
		VSa/BJ	0.1339	VSa/BJ	0.2005
		VSa/MC	0.1295		

Acotaciones

Siglas	Tipo de vegetación
TAP	Agricultura de temporal anual y permanente
TP	Agricultura de temporal permanente
VSa/BJ	Vegetación secundaria arbistiva de bosque de táscate
VSa/MC	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule
1/	Otros usos de suelo y/o desprovistos de vegetación (Asentamientos humanos, DDV Carretera federal Pachuca-Tulancingo, Plantación de Agaves-Opuntias, Trazo gasoducto, Ducto PEMEX, Cuerpos de agua, Caminos existentes, Banco de material)

El acceso al parque se ha diseñado a partir del Km 22+200 de la carretera federal 130 (Pachuca - Tulancingo), de donde entronca un camino rural existente que conduce a la comunidad de Jalapilla; esa vía rural será empleada hasta el sitio donde interconecta con el exterior de los terrenos del proyecto, ocupando una superficie de 1.2870 ha, extendiéndose desde la carretera. Los permisos y aprobaciones municipales y regionales para la adecuación del camino, necesarias para activar este

tramo como camino de acceso al proyecto, se tramitarán en un futuro próximo ante las autoridades pertinentes.

Se contempla la construcción de 9 tramos de caminos internos de terracería, los cuales ocuparán una superficie de 7.8436 ha. Para una mejor visualización de lo descrito se presenta en el anexo ANX VIII.II.4 el plano con el arreglo (*layout*) del sembrado del proyecto (en grabación magnética-digital) (Figura II.3) con la distribución de cada uno de los principales componentes ubicados dentro del polígono del AeP, para que puedan ser observadas con mayor precisión los componentes del proyecto. En general, las obras que conforman al proyecto serán: los paneles solares, incluyen autosoportes, seguidores, centros de transformación, inversores, la Línea de transmisión, el área destinada para baterías, o sistema de almacenamiento de energía SAE, el camino de acceso al Proyecto, los caminos internos, la superficie de edificaciones, entre otras.

El Proyecto está diseñado para entregar a la red eléctrica una potencia neta de 195 MW_{AC}. Dicha instalación estará formada por aproximadamente 440,181 módulos fotovoltaico, con una potencia instalada de aproximadamente 257.51 MW_{DC}.

Complementariamente se informa que estos módulos serán montados sobre una estructura de acero del tipo seguidor solar (*tracker*) a un eje en posición horizontal.

La energía generada por los módulos fotovoltaicos pasa por un convertidor de corriente directa (“DC”) a corriente alterna (“AC”), realizado por los inversores solares los cuales envían esta energía hacia los centros de transformación (“CT”) para ser elevada de un nivel de tensión de **800 V** a la salida de los inversores hasta un voltaje de **34.5 kV** mediante un transformador de media tensión (“MT”) ubicado en dichos CT.

La potencia de salida de los transformadores de MT ya adecuada a 34.5 kV, se dirige hacia la Subestación (“SE”) elevadora mediante una red de circuitos de MT, donde finalmente se elevará del nivel de media tensión de 34.5 kV hasta el alta tensión de 230 kV mediante un transformador de Potencia **34.5 kV/230 kV**, esto anterior sucediendo en la Subestación Elevadora del Proyecto

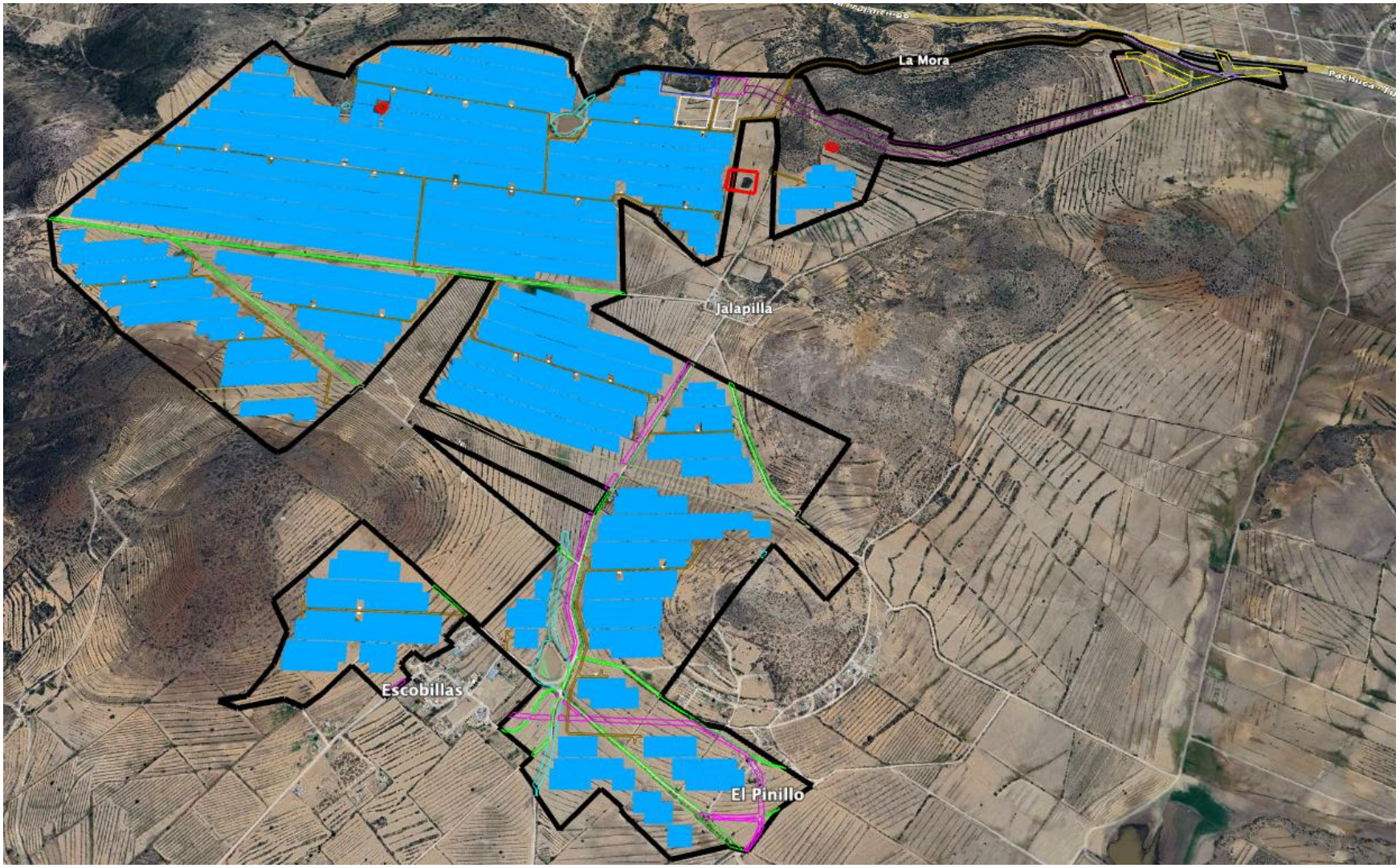
Finalmente, la electricidad generada en el parque fotovoltaico se transmitirá por una Línea de Transmisión Eléctrica de aproximadamente **1,776.69** metros de longitud (LT de interconexión), que va desde la Subestación Elevadora del Proyecto hasta la SE de Maniobras en la cual se realiza la interconexión con las líneas existentes de la Comisión Federal de Electricidad (“CFE”), donde el fluido eléctrico se incorpora al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

El proyecto contará con un circuito cerrado de televisión (“CCTV”) con el fin de vigilar y salvaguardar los equipos y las instalaciones de la planta solar fotovoltaica, también contará con las adecuaciones necesarias para el drenaje de agua pluvial en caso de que esta pudiera ocasionar erosión en el terreno y afectar la zona de operación de la central. El terreno cuenta con una pendiente natural suficiente para que estas adecuaciones no generen mayor impacto.

El proyecto 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.

La instalación de los módulos fotovoltaicos considera un diseño basado en la conexión serie/paralelo, la cual hace referencia a la suma de los voltajes generados por los módulos en serie y la suma de corrientes en paralelo. La elección de la conexión dependerá del voltaje y corriente que se desee obtener para poder así obtener una mayor eficiencia en la etapa de operación.

Figura II. 3 Delimitación del AeP y representación de los componentes del proyecto



Para poder visualizar de mejor manera el potencial de la energía solar, es necesario conocer los tres tipos de radiación solar que inciden sobre una superficie: radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada o de albedo. La radiación directa la forman los rayos recibidos directamente del sol; la radiación difusa la conforman los rayos dispersos por la atmósfera en dirección al receptor (lo que generalmente pasa en un día nublado) y la radiación reflejada, o de albedo, es la radiación que se refleja de la superficie terrestre hacia el receptor en la cara trasera del módulo. En el caso del proyecto, el receptor, o receptores, son los módulos fotovoltaicos, que son capaces de captar y aprovechar los tres tipos de radiación para la posible generación de energía eléctrica.

Los componentes del proyecto se han catalogado en dos apartados: **componentes primarios y componentes secundarios**, los primeros son los considerados de manera esencial para la planeación de cualquier proyecto de carácter fotovoltaico, y los segundos son los que, si bien no son considerados de manera particular para ese tipo de proyectos, fungen como auxiliares para poder permitir la operación optima de los aquellos:

- **Componentes primarios**: módulos fotovoltaicos, seguidores (trackers), inversores, centros de transformación, sistema de cableado (red de media tensión), subestación de elevación, línea de transmisión de interconexión, y espacio reservado para baterías.

- **Componentes secundarios**: cercado perimetral, caminos de acceso, caminos internos, estación meteorológica y obras permanentes (almacén de equipos herramientas e insumos, zonas de acopio de material, sanitarios portátiles y almacenes de residuos).

II.1.4 Componentes primarios

En este apartado se agrupan los componentes considerados esenciales para la planeación, construcción y operación de cualquier proyecto de carácter fotovoltaico, estos son:

A. Módulos fotovoltaicos

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 585 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 tipo de módulo PV que se instalará en el proyecto es el denominado módulo de vidrio doble bifacial ("*Bifacial dual glass module*"), este tipo de módulo incorpora 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 (figura II.4).

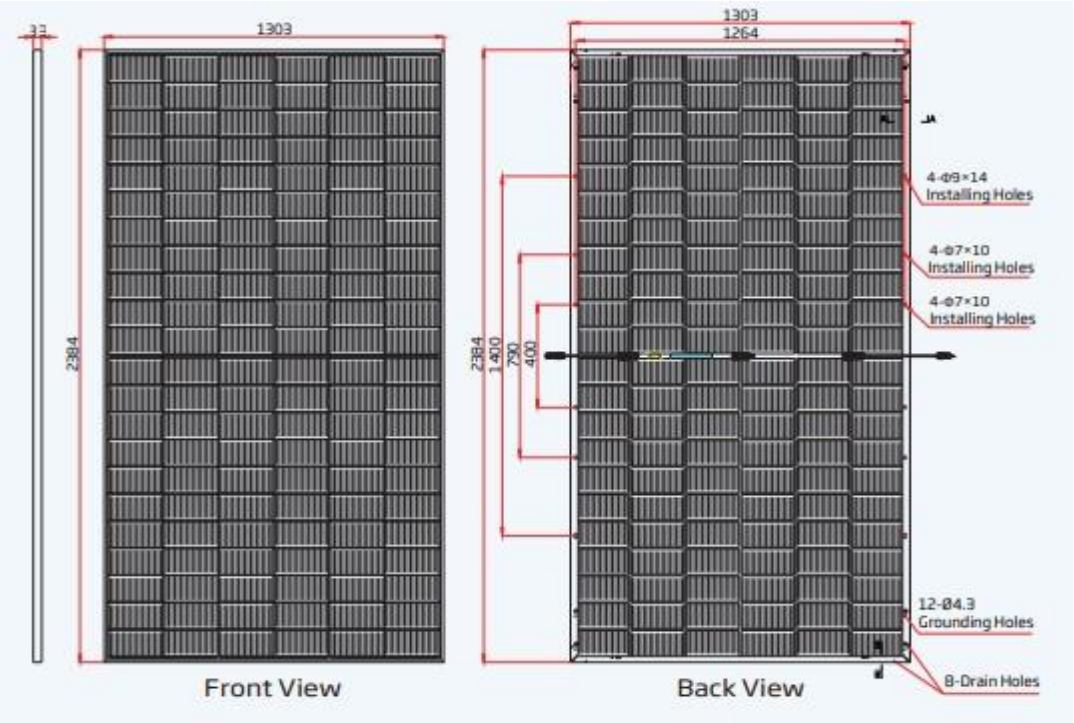
El proyecto utilizará 440,181 módulos bifaciales modelo Jinko Solar Modelo JKM585N-72HL4-BDV bifacial, o similar.

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 serán las responsables de captar la energía de los fotones (rayos solares), las cuales a su vez formarán los módulos.

El número y modelo de módulo fotovoltaico podrá variar en un estado más avanzado del proyecto, dando como resultado un generador fotovoltaico similar al descrito, además de apegarse siempre

a la normatividad nacional a internacional vigente (PROY-NOM-001-SEDE 2018 (DOF, 2018)[V], PROY-NMX-J-656/1-ANCE-2012 /DOF, 2013[VI], IEC 61215, IEC 61730 (IEC, 2016[VII] entre otras).

Figura II. 4 Diagrama del módulo fotovoltaico a utilizar



B. Estructuras Seguidores (*tracker*)

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; para satisfacer esa condición, 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 (figura II.5).

Los paneles se situarán alineados por encima del tubo eje seguidor teniendo la capacidad de giro de -60° a +60°, lo cual significa que el inicio del día el seguidor solar mantendrá a los paneles orientados con la cara frontal 60° hacia el Este (por la mañana) y girará siguiendo al sol hasta llegar al punto donde los paneles quedarán orientados 60° al Oeste (por la tarde).

El montaje de los módulos en el seguidor será de forma vertical, alineados uno al costado del otro, lo que se le llama configuración 1V. La estructura del seguidor está diseñada para resistir el peso propio, el peso de los módulos, las sobrecargas de acumulación de polvo, de viento y de nieve según normativa IEC o ANSI. El material utilizado para la construcción de los seguidores

[V] DOF, 2018: Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas(Utilización). Diario Oficial de la Federación 06/08/2018.

[VI] DOF, 2013. Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas…., NMX-J656/1-ANCE-2012).

[VII] IEC, 2016. IEC61730-1 Revised, IEC 61730-1:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification – part 1: Requirements for construction. Geneva, Switzerland.

es de acero galvanizado, con lo que las estructuras de soporte estarán protegidas contra la corrosión. La tornillería de la estructura podrá ser de acero galvanizado o inoxidable. El modelo de fijación garantizará las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir carga que puedan afectar a la integridad de los módulos.

Figura II. 5 Ejemplo de un seguidor (*tracker*) de un módulo fotovoltaico



El seguidor cuenta con un método de rastreo mediante sistemas de control automático que realiza un seguimiento astronómico (mediante un algoritmo empleando un sistema GPS) y que estará conectado a la sala de control del Parque.

En total se instalarán 4,790 seguidores (tracker) en todo el proyecto, los cuales serán de tres tipos. El modelo de los seguidores o *trackers* podría ser el Nextracker NX-horizon o similar.

La distancia entre filas será de entre 5 y 6 metros para evitar el auto sombreado de una fila de módulos a la siguiente y garantizar el acceso para el mantenimiento de los paneles y trackers (Figura II.6).

Figura II. 6 Ejemplo de separación entre módulos solares



La estructura posee una resistencia al viento de 225 km/h en exposición a ráfagas de 3 segundos de viento tipo C (considerando el seguidor en posición de seguridad). A su vez el seguidor dispone de tecnología que permite que independientemente de la altura en la que se encuentre una o varias filas de módulos (para los casos de terrenos irregulares), pueda moverse de manera autónoma basado en el ángulo de incidencia de la radiación solar, a este sistema se le denomina retro rastreamiento o "*Backtracking"*.

Para fijar toda la estructura al suelo es necesario una serie de perfiles de acero galvanizado (hincas) de sección tipo H o sección tipo C, este perfil se implanta directamente en el terreno mediante hincadora hidráulica, esta máquina utiliza un molde especial con la forma del perfil de la hinca y golpea repetidas veces la parte superior de la misma, introduciéndola progresivamente en el terreno hasta llegar a la profundidad requerida según los cálculos y pruebas de hincado, generalmente la profundidad de hincado directo es de los 2.5 m sin embargo para este Proyecto se definirá más adelante, de acuerdo a las condiciones geotécnicas del suelo (figura II.7).

Figura II. 7 Ejemplo de trabajo de hincado



C. Inversores

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.

Estos equipos administran la energía producida, ya que modulan la energía según las condiciones reales en cada momento del día, los inversores tendrán la capacidad de variar los parámetros eléctricos (tensión, corriente, frecuencia, factor de potencia, potencia reactiva, etc.) de acuerdo con las diferentes necesidades que requiera la red eléctrica en tiempo real.

Para este acondicionamiento de potencia se instalarán 689 inversores de cadena marca Huawei, modelo SUN2000-330KTL-H1, o similar, cuya potencia nominal es de 330 kW@30°C, esta clase de inversores manejan una eficiencia de 99.1% permitiendo altos rendimientos, su potencia máxima de salida (en este punto es donde inicia la parte de AC de todo el sistema) es de 330 kVA en corriente alterna. Los inversores, al ser de cadena, o tipo *string* solamente trabajan con una sección mínima de módulos fotovoltaicos, dependiendo de la configuración aplicada al

inversor), lo cual maximiza la eficiencia del Proyecto minimizando el impacto a causa de interrupciones por fallas en módulos, sombras, conexiones, etc.

En los inversores también se implementan los sistemas de comunicación y control necesarios dentro de un sistema de adquisición de datos (SCADA2)[VIII], el cual servirá para visualizar y administrar los parámetros eléctricos de la generación de energía.

Los inversores serán montados en una estructura independiente, a un costado de las estructuras de soporte de los módulos, esto para facilitar su instalación y su mantenimiento o reemplazo. Estos elementos se conectarán a las estaciones de media tensión (centros de transformación) para elevar el nivel de tensión de baja a media tensión (BT/MT).

Los inversores cumplirán con la normativa vigente, en particular la norma UNE-EN 61683:2001[IX] y estarán certificados para cumplir las directivas en materia de seguridad eléctrica y de compatibilidad electromagnética.

D. Centros de Transformación

Estos componentes, al igual que el cableado y la red de media tensión, son considerados como parte de la ingeniería eléctrica, es por ello por lo que se especifica que todo diseño eléctrico, así como toda la ingeniería y equipos a instalarse dentro del parque fotovoltaico, deberá ser diseñado y cumplir mínimamente con la normativa internacional, puntualmente con el paquete normativo de la IEC. Sin embargo, es recomendable o preferente en los casos donde sea posible instalar equipos y realizar diseños con normativa más restrictiva por ejemplo la normativa ANSI, adicionalmente en los sistemas donde aplique se deberán tomar las normas NFPA, sobre el diseño de ingeniería y equipos de todos los sistemas de MT y BT es necesario cumplir con la NOM-001-SEDE-2018 (DOF, 2018)[X] y finalmente en los casos de la subestación Elevadora se cumplirá con normativa CFE aplicable.

Los Centros de Transformación (“CT”) están constituidos por un contenedor tipo marítimo que ocupará una superficie de 0.369 ha.

El número de CT que compone el Proyecto será de 34, cada uno de estos CT albergará en su interior principalmente:

- Un transformador de BT/MT, 33 de 6.6 MVA y uno de 3.3 MVA
- Celda de MT con protecciones y módulos de control
- Módulo de BT

Esta solución cumplirá con la legislación municipal de referencia en el lugar de implantación respecto a acciones constructivas y seguridad frente a incendios. Cada contenedor, tiene una entrada de cables por la parte inferior del armario, por lo que el local tiene habilitado un zócalo de entradas adecuado. Los contenedores cumplirán las siguientes propiedades mínimas exigibles: impermeabilidad, facilidad de Instalación y equipotencialidad.

VIII La sigla SCADA significa “Control de supervisión y adquisición de datos” (SCADA por sus siglas en inglés: *Supervisory Control and Data Acquisition*).. Se refiere a un sistema que permite supervisar y controlar procesos industriales, como los sistemas de energía. SCADA recoge datos en tiempo real de diferentes dispositivos y sensores, permitiendo a los operadores monitorear el estado del sistema, realizar ajustes y gestionar alarmas, todo desde una interfaz centralizada. Es esencial para la gestión eficiente y segura de la infraestructura energética.

IX Norma UNE-EN- 61683:2001. Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida de rendimiento. UNE Normalización Española. AENOR. 2024.

X NOM-001-SEDE. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones eléctricas (utilización). Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 2018.

Su estructura, capaz de soportar grandes cargas, consiste en un único bloque de acero soldado, que permite garantizar una gran resistencia y durabilidad en el tiempo.

Para la instalación de los CT, será necesaria una cimentación para el apoyo del contenedor, la cimentación será a base de vigas cuyo grosor y dimensiones se definirán en el proyecto ejecutivo. La parte central de los CT es el Transformador de MT/BT el cual tiene determinadas características (Figuras II.8 y II.9).

Figura II. 8 Ejemplo de Centro de Transformación



Figura II. 9 Transformador BT/MT



Como parte de la **ingeniería civil** requerida para llevar a cabo la instalación de estos componentes, será necesario construir plataformas para los mismos.

Para la instalación de los CT, será necesaria una cimentación para el apoyo del contenedor, la cimentación será a base de vigas de concreto donde además de ser la base para el apoyo del contenedor cada CT, servirá como estructura de anclaje de este.

El tamaño de cada columna de concreto no será inferior a 6,218 mm de largo por 600 mm de ancho, respecto a la altura de la columna (riel o viga) será variable; cada una las dimensiones finales se obtendrán de los análisis del tipo de terreno, tipo de concreto y factores adicionales, el contenedor se colocará en el centro de los cimientos.

A un costado de los rieles de concreto para el apoyo del contenedor de los CT se debe incorporar una fosa de captación de aceite mineral con una capacidad de 3,850 litros, necesaria para el mantenimiento del Transformador de MT.

También para dicho componente se dispondrá de un sistema de MT (secciones de trincheras). Respecto a la ingeniería civil de dichas zanjas o trincheras donde se alojarán los cables tanto de BT como de MT, las dimensiones son variables dependiendo de la cantidad de circuitos contenidos en una misma zanja.

E. Cableado y Red de Media Tensión

El sistema de cableado, tanto de baja tensión, como de media tensión, se distribuye alrededor del parque a través de un sistema de zanjas cuya ingeniería civil estará definida según la cantidad de circuitos contenidos en las mismas. La elección de la sección transversal (calibre) del cableado se basará en la aplicación del criterio térmico (la intensidad máxima admisible en cada serie corresponde a la máxima intensidad de cortocircuito del panel en condiciones de alta radiación y elevada temperatura exterior), del criterio de caída de tensión y la capacidad de conducción (ampacidad), seleccionando así el calibre adecuado que cumpla con todos los criterios.

Para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de corriente continua (“DC”), tendrán la sección suficiente para evitar que la caída total de tensión no supere el 1%, y los conductores de la parte de corriente alterna (“AC”), deberán tener una sección adecuada para que la caída de tensión sea inferior al 0.5 %, teniendo en cuenta en ambos casos las condiciones de trabajo más desfavorables.

El diseño de las infraestructuras eléctricas de Baja Tensión (“BT”) asegurará un grado de aislamiento eléctrico mínimo clase II en lo que afecta a equipos (paneles fotovoltaicos e inversores) y al resto de materiales (conductores, cajas, cableado de continua, armarios de conexión). No obstante, la instalación incorporará todos los elementos necesarios para garantizar en todo momento la protección física de las personas, la calidad de suministro y no provocar averías en la red.

En la parte DC, se empleará cableado tipo solar, diseñado especialmente para esta aplicación, adecuado para su uso a la intemperie y provisto de conectores tipo MC4. Se especificará la forma de conducir el cable de la red DC de manera que el impacto visual resultante sea prácticamente nulo, de forma subterránea bajo zanja o en bandeja dependiendo de las ubicaciones de los distintos elementos. Los polos positivos y negativos de cada grupo de Paneles se conducirán separados y protegidos.

La energía que sale de los CT es enviada hacia los tableros de MT en la Subestación Elevadora del Proyecto mediante una Red de Media Tensión (“RMT”) el cual se plantea inicialmente que sea subterráneo compuesto por cables de MT con una cubierta aislante adecuada para su uso directamente enterrados.

En la parte AC, tanto las acometidas a los inversores en intemperie como a los centros de transformación se realizarán mediante instalación enterrada.

Para la RMT, se realizará una optimización técnico-económica desde los centros de transformación hasta la SE Elevadora del Proyecto, teniendo en cuenta la minimización de pérdidas, el cumplimiento de las caídas de tensión admisibles en función de las distancias y la capitalización de las pérdidas de energía. A continuación, se describen otros sistemas que componen la RMT.

- **Cuadros de agrupación**: Los cuadros de agrupación serán armarios de construcción modular, monobloque y que reagruparán los buses de corriente continúa integrando los elementos de protección y maniobra necesarios (interruptores, seccionadores de corte en carga, fusibles). Los cuadros de agrupación deberán ser adecuados para trabajo en intemperie, completamente estancos, y protegidos del polvo y contra el agua (grado de protección IP55). Los cuadros de agrupación serán metálicos o de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Desde estos cuadros se acometerá la entrada a los inversores.

- **Puesta a tierra**: El sistema de tierras del Proyecto deberá diseñarse de acuerdo con los estudios de mecánica de suelos y mediciones de resistividad del terreno, permeabilidad y capacidades térmicas, lo anterior para obtener el calibre adecuado del cable de cobre que se instalará en la red de tierras, que típicamente es calibre 1/0 AWG, sin embargo, debe confirmarse con estudios.

En principio, todas las instalaciones del proyecto, tanto de la sección de continua como de la sección alterna, estarán conectadas a un único sistema de tierra. En la ingeniería de Detalle se indicarán las características específicas de la instalación de puesta a tierra (sección de cable, profundidad de instalación, elementos de conexión, etc.). El material de los conductores de tierra será normalmente de cobre. Siempre que sea posible se aprovechará para la instalación del sistema de tierras, la red de zanjas de la RMT y el sistema de cableado de BT.

Se deberá asegurar el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico bien mediante un transformador de aislamiento o mediante un dispositivo equivalente.

- El parque solar contará con todos los **elementos de protección** necesarios para asegurar la integridad de las personas y equipos y facilitar las operaciones de mantenimiento. Las protecciones que se incluyen son: protección contra el funcionamiento en isla, protección de sobre corriente, protección máxima y mínima tensión, protección máxima y mínima frecuencia, protección de desfase de ángulo, temporizador programable, fusibles para *Strings*, protecciones contra sobretensiones en *Strings* e inversor y seccionadores de corriente continua.

Se dotará a la instalación de protecciones en cada línea de generación de modo que se pueda aislar la zona de fallo sin desconectar toda la instalación, disponiendo de medios de desconexión en la salida del generador fotovoltaico (o entrada del inversor) en continua y en la salida del inversor en alterna, los cuales deberán seleccionarse de acuerdo con la Normatividad Vigente Aplicable.

El sistema de protecciones cumplirá las exigencias previstas en la reglamentación vigente. La instalación contará con elementos de protección adecuados y coordinados de acuerdo con la normativa y la situación de la Red eléctrica en la zona.

Adicionalmente y una vez contando con estudios adecuados, se evaluará la instalación de dispositivos de protección contra descargas atmosféricas.

Respecto a la ingeniería civil de las zanjas o trincheras donde se alojarán los cables tanto de BT como de MT, las dimensiones son variables dependiendo de la cantidad de circuitos contenidos en una misma zanja.

Características específicas del sistema de cableado y de la red de media tensión para el proyecto Ocote Solar: La red de media tensión de la planta fotovoltaica está diseñada para la distribución eficiente de la energía generada, asegurando la protección de los cables y facilitando el mantenimiento (figura II.10). Se emplean zanjas subterráneas con diferentes dimensiones según la configuración y la cantidad de circuitos contenidos (figura II.11).

Componentes del sistema de cableado

- Cables de media tensión (MT): Dispuestos en configuraciones trifásicas con separación adecuada entre circuitos.
- Cable de puesta a tierra (PAT): Instalado en el fondo de la zanja para garantizar la protección del sistema contra fallas y descargas eléctricas.
- Tubo para fibra óptica (FO): Canalización dedicada para comunicación y monitoreo del sistema.
- Cinta de señalización: Ubicada a 30 cm de la superficie para advertir la presencia de los cables en futuras excavaciones.

La separación entre circuitos dentro de la zanja dependerá de los resultados de las mediciones de resistividad térmica del suelo, las cuales se llevarán a cabo durante las siguientes fases del proyecto. Se considera una separación de 25 cm entre circuitos de manera preliminar, considerando una disipación térmica adecuada bajo condiciones estándar. Dichos resultados podrían requerir una modificación en la distancia entre cables o en las características del material de relleno para garantizar el adecuado desempeño térmico del sistema de media tensión.

El diseño de Ocote Solar incluye diez circuitos de media tensión en total (Tabla II.6). En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de varias zanjas tipo para un máximo de 10 circuitos. Los circuitos pueden organizarse en uno o dos niveles verticales.

Tabla II. 6 Dimensiones de las zanjas por configuración

Tipo de Zanja	Número de Circuitos	Ancho Total (cm)	Profundidad Total (cm)	Distribución de Profundidad (desde el fondo hacia la superficie)
MT1	1	50	95	25 cm de arena fina para aislamiento y disipación térmica de los cables 70 cm material producto de excavación que se reutiliza para rellenar la parte superior hasta la superficie.
MT2	2	70	95	Igual que MT1
MT3	3	105	95	Igual que MT1
MT4	4	140	95	Igual que MT1
MT5	5	175	95	Igual que MT1
MT6	6	175	130	60 cm de arena fina para aislamiento y disipación térmica de los cables 70 cm material producto de excavación que se reutiliza para rellenar la parte superior hasta la superficie.
MT7	7	175	130	Igual que MT6
MT8	8	175	130	Igual que MT6
MT9	9	175	130	Igual que MT6

Tipo de Zanja	Número de Circuitos	Ancho Total (cm)	Profundidad Total (cm)	Distribución de Profundidad (desde el fondo hacia la superficie)
MT10	10	175	130	Igual que MT6

Figura II. 10 Detalle de algunas de las zanjas tipo:

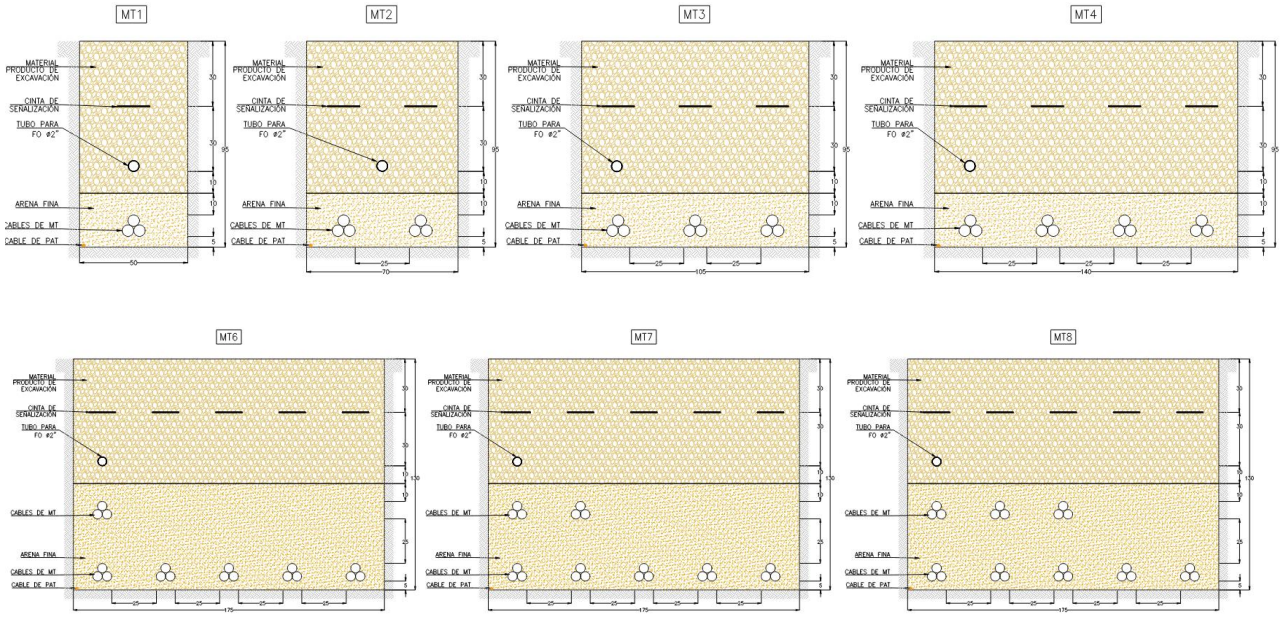
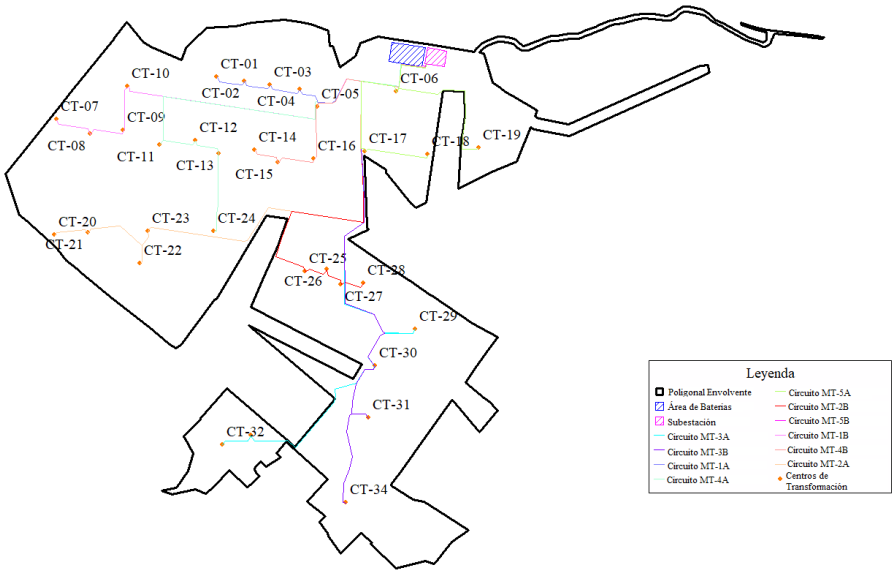


Figura II. 11 Trayectoria planificada de la red de media tensión



La red de media tensión se desarrolla estrechamente vinculada a los diferentes componentes del proyecto (tabla II.7), (Anexo ANX.VIII.II.2 Líneas)

Tabla II. 7 Georreferenciación de la ubicación del desarrollo de la red de media tensión

Circuito MT-1A

VERTICE	X	Y
Tramo CT01-CT02		
1	541049.31	2214144.77
2	541064.24	2214117.40
3	541117.92	2214109.08
4	541198.70	2214097.86
5	541215.66	2214118.61
Tramo CT02-CT03		
1	541215.66	2214118.61
2	541226.40	2214093.46
3	541269.64	2214086.42
4	541276.51	2214085.15

VERTICE	X	Y
5	541354.94	2214074.36
6	541371.07	2214095.07
Tramo CT03-CT04		
1	541371.07	2214095.07
2	541382.52	2214069.79
3	541529.77	2214047.55
4	541548.06	2214068.28
Tramo CT04-SEE		
1	542304.92	2214227.27
2	542300.56	2214203.67
3	542153.12	2214220.24

VERTICE	X	Y
4	542141.04	2214087.51
5	541826.76	2214135.24
6	541759.09	2214000.48
7	541741.21	2213989.00
8	541656.94	2213990.83
9	541649.89	2214001.47
10	541640.06	2214030.37
11	541562.65	2214042.13
12	541548.06	2214068.28

Circuito MT-1B

VERTICE	X	Y
Tramo CT07-CT08		
1	540086.86	2213887.88
2	540098.70	2213861.80
3	540275.45	2213834.21
4	540288.90	2213800.06
Tramo CT08-CT09		
1	540288.90	2213800.06
2	540308.26	2213829.56
3	540479.87	2213803.75
4	540489.37	2213824.87
Tramo CT09-CT10		

VERTICE	X	Y
1	540489.37	2213824.87
2	540495.82	2213830.57
3	540495.65	2214067.18
4	540515.38	2214086.48
Tramo CT10-SEE		
1	542305.56	2214227.09
2	542301.05	2214203.32
3	542153.59	2214219.81
4	542141.15	2214087.43
5	541827.26	2214134.79
6	541825.03	2214130.28

VERTICE	X	Y
7	541759.70	2213999.41
8	541741.97	2213988.26
9	541655.58	2213990.53
10	541648.87	2213997.48
11	541637.63	2213993.22
12	541637.53	2213891.70
13	540529.07	2214058.27
14	540523.71	2214060.53
15	540523.38	2214077.53
16	540515.38	2214086.48

Circuito MT-2A

VERTICE	X	Y
Tramo CT20-CT21		
1	540076.32	2213195.63
2	540086.88	2213211.30
3	540259.32	2213229.59
4	540278.93	2213208.26
Tramo CT21-CT22-CT23		
1	540278.93	2213208.26
2	540290.88	2213232.82
3	540460.99	2213251.81
4	540467.14	2213249.92
5	540601.4	2213133.7

VERTICE	X	Y
6	540601	2213036.3
7	540588.7	2213027.6
8	540601	2213036.3
9	540601.4	2213133.7
10	540636.8	2213187.1
11	540634.7	2213217.2
Tramo CT23-SEE		
1	542306.23	2214227.01
2	542302.19	2214201.31
3	542155.21	2214218.51
4	542141.39	2214086.98

VERTICE	X	Y
5	541914.04	2214121.30
6	541912.75	2213719.90
7	541922.36	2213580.59
8	541926.40	2213443.65
9	541928.86	2213275.27
10	541355.99	2213361.77
11	541232.96	2213163.98
12	541213.68	2213160.70
13	540655.10	2213242.49
14	540648.48	2213240.15
15	540634.67	2213217.20

Circuito MT-2B

VERTICE	X	Y
Tramo CT28-CT27		
1	541930.92	2212908.89
2	541908.58	2212882.98
3	541818.06	2212915.30
4	541795.03	2212899.01
Tramo CT27-CT26		
1	541795.03	2212899.01
2	541790.32	2212925.11
3	541718.71	2212952.10
4	541709.44	2212989.18
Tramo CT26-CT25		

VERTICE	X	Y
1	541579.68	2212977.05
2	541602.72	2212993.35
3	541689.01	2212962.68
4	541698.23	2212975.83
5	541709.44	2212989.18
Tramo CT25-SEE		
1	542306.73	2214226.90
2	542302.44	2214201.06
3	542155.57	2214218.15
4	542141.42	2214086.85
5	541914.19	2214121.00

VERTICE	X	Y
6	541913.25	2213719.89
7	541924.38	2213583.18
8	541929.10	2213415.45
9	541929.84	2213274.25
10	541498.07	2213339.50
11	541440.52	2213189.15
12	541401.77	2213066.60
13	541568.24	2213006.85
14	541579.68	2212977.05

Circuito MT-3A

VERTICE	X	Y
Tramo CT32-CT33		
1	541083.19	2211939.27
2	541097.56	2211962.39
3	541235.76	2211962.63
4	541239.10	2211971.74
5	541242.5	2211974.74
6	541247.27	2211989.30
7	541254.38	2211994.88
Tramo CT33-CT29		
1	542241.41	2212632.89
2	542225.7	2212608.64
3	542056.60	2212608.76
4	542029.98	2212595.38
5	541952.95	2212467.99
6	541996.00	2212414.42
7	541988.27	2212393.52

VERTICE	X	Y
8	541937.92	2212393.69
9	541884.80	2212308.01
10	541758.19	2212273.96
11	541761.25	2212231.70
12	541754.13	2212192.70
13	541518.78	2211921.51
14	541471.72	2211964.96
15	541461.73	2211960.53
16	541400.99	2211963.54
17	541282.64	2211962.44
18	541273.86	2211963.00
19	541254.38	2211994.88
Tramo CT29-SEE		
1	542307.06	2214226.82
2	542302.68	2214200.79
3	542155.78	2214217.73

VERTICE	X	Y
4	542141.48	2214086.76
5	541914.34	2214120.73
6	541913.64	2213719.87
7	541924.92	2213598.32
8	541931.24	2213415.58
9	541930.71	2213289.01
10	541931.06	2213273.34
11	541815.01	2213190.39
12	541815.58	2212784.14
13	541994.77	2212718.86
14	542048.14	2212615.49
15	542056.62	2212609.27
16	542225.58	2212609.06
17	542241.41	2212632.89

Circuito MT-3B

VERTICE	X	Y
Tramo CT34-CT31		
1	541824.31	2211591.26
2	541807.60	2211595.64
3	541810.34	2211708.97
4	541843.21	2211796.71
5	541856.82	2211847.02
6	541862.41	2211867.15
7	541825.62	2212017.10
8	541844.43	2212114.07
9	541858.74	2212123.62
10	541942.42	2212122.90
11	541959.92	2212098.61
Tramo CT31-CT30		

VERTICE	X	Y
1	542000.02	2212410.59
2	541988.44	2212393.18
3	541938.58	2212392.84
4	541883.71	2212306.26
5	541861.99	2212199.35
6	541858.74	2212123.62
Tramo CT30-SEE		
1	542307.48	2214226.78
2	542302.81	2214200.47
3	542156.00	2214217.19
4	542141.49	2214086.28
5	541914.72	2214120.46
6	541914.32	2213719.86

VERTICE	X	Y
7	541925.86	2213598.37
8	541933.73	2213416.76
9	541932.06	2213289.06
10	541931.81	2213272.97
11	541816.05	2213189.98
12	541816.69	2212784.65
13	541994.94	2212719.14
14	542048.76	2212615.85
15	542056.87	2212609.39
16	542056.83	2212608.47
17	542030.13	2212595.29
18	541954.21	2212467.87
19	542000.02	2212410.59

Circuito MT-4A

VERTICE	X	Y
Tramo CT24-CT13		
1	541060.99	2213685.20
2	541056.59	2213678.52
3	541056.65	2213375.44
4	541045.00	2213324.65
5	541044.87	2213220.13
6	541032.80	2213220.15
Tramo CT13-CT12		
1	540919.74	2213760.81
2	540932.32	2213735.53
3	541052.47	2213717.62

VERTICE	X	Y
4	541060.99	2213685.20
Tramo CT12-CT11		
1	540706.42	2213736.86
2	540726.94	2213766.61
3	540900.89	2213740.66
4	540919.74	2213760.81
Tramo CT11-SEE		
1	540706.42	2213736.86
2	540726.76	2213766.77
3	540726.37	2214027.79
4	541638.28	2213890.16

VERTICE	X	Y
5	541638.22	2213992.85
6	541648.79	2213996.62
7	541655.58	2213990.04
8	541742.34	2213987.88
9	541760.09	2213998.98
10	541826.92	2214133.56
11	541827.29	2214134.59
12	542141.21	2214087.37
13	542154.00	2214219.33
14	542301.24	2214202.69
15	542305.94	2214227.07

Circuito MT-4B

VERTICE	X	Y
Tramo CT14-CT15		
1	541277.64	2213706.58
2	541291.19	2213681.08

VERTICE	X	Y
4	541625.82	2213631.70
5	541632.31	2213651.63
Tramo CT16-CT05		

VERTICE	X	Y
2	542301.78	2214202.19
3	542154.73	2214218.81
4	542141.33	2214087.18

VERTICE	X	Y
3	541406.06	2213663.85
4	541415.79	2213629.60
Tramo CT15-CT16		
1	541415.79	2213629.60
2	541443.09	2213657.97
3	541623.27	2213631.08

VERTICE	X	Y
1	541632.31	2213651.63
2	541645.54	2213667.27
3	541645.32	2213957.97
4	541653.73	2213965.39
Tramo CT05-SEE		
1	542306.09	2214227.01

VERTICE	X	Y
5	541827.47	2214134.40
6	541760.28	2213998.68
7	541742.64	2213987.47
8	541655.58	2213989.77
9	541653.73	2213965.39

Circuito MT-5A

VERTICE	X	Y
Tramo CT18-CT17		
1	541940.37	2213696.95
2	541955.97	2213712.04
3	542308.98	2213659.18
4	542317.51	2213678.90
Tramo CT17-CT06		
1	542127.17	2214056.31
2	542117.08	2214089.28
3	541915.04	2214120.02
4	541915.00	2213718.57
5	541932.90	2213715.21

VERTICE	X	Y
6	541940.37	2213696.95
Tramo CT19-CT06		
1	542622.75	2213718.77
2	542608.26	2213713.02
3	542520.65	2213712.47
4	542523.23	2213770.33
5	542525.34	2213794.69
6	542527.26	2213811.05
7	542540.73	2213912.52
8	542536.59	2214063.44
9	542404.51	2214067.36

VERTICE	X	Y
10	542375.70	2214042.82
11	542144.84	2214077.08
12	542140.08	2214073.81
13	542127.17	2214056.31
Tramo CT06-SEE		
1	542307.86	2214226.76
2	542302.95	2214199.96
3	542156.42	2214216.44
4	542142.08	2214086.29
5	542139.67	2214074.91
6	542127.17	2214056.31

Circuito MT-5B (BESS-SE)

VERTICE	X	Y
1	542281.84	2214213.33
2	542301.45	2214209.85
3	542304.52	2214227.31

F. Subestación elevadora

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 Elevadora (SEE) interna del parque solar, aquí 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 es el nivel de tensión en el que operará el punto de interconexión donde finalmente la energía generada por el parque solar se inyectará al Sistema Eléctrico Nacional.

El proyecto incluye la construcción y operación de una SEE de 34.5/230 kV en configuración sencilla de una sola bahía y un solo alimentador, todos los equipos que componen esta subestación serán ubicados dentro de un mismo predio que ocupará una superficie aproximada de 1.1094 ha. La subestación incluye una caseta de control dentro de la superficie descrita donde se encontrarán todos los equipos electrónicos necesarios, adicionalmente la SEE tendrá caminos y pisos interiores, equipos de AT, estructuras de soporte, transformador de potencia con tanque colector de aceite, un almacén general, un almacén de residuos peligrosos, caseta de vigilancia (opcional), área de estacionamiento y fosa séptica.

La SEE contará con un transformador de potencia, mismo que transformará la energía de 34.5 kV a 230 kV; el transformador a utilizarse en el proyecto será de tipo húmedo, es decir, los devanados y núcleo magnético están sumergidos en aceite dieléctrico dentro de una cuba. El transformador tendrá las siguientes características: (Tabla II.8)

Tabla II. 8 Características del transformador de potencia

Transformador de potencia central eléctrica	
Características	Descripción
Fabricante	WEG o similar
Modelo del transformador	Tipo aceite - Trifásico
Capacidad nominal ONAN / ONAF	220 MVA
Tensión nominal de devanados	34.5/230 kV
Impedancia nominal devanado HVMV sec 1,2	13.11%
Impedancia nominal devanado HVMV sec 0	10.20%
Relación X/R, HV-MV sec 1,2	35.21
Relación X/R, HV-MV sec 0	30.04
Conexión de los devanados	Estrella / delta / delta
Diagrama vectorial	YNd11
Cambiador de derivaciones (tap)	+/- 10x1.5% c/u
Cambiador de derivaciones nominal (tap-nom)	230kv
Control del cambiador de derivaciones (tap)	Automático
Numero de tap's positivos	10
Numero de tap's negativos	10
Resultados de pruebas	NMX-J284-ANCE,
Corriente de excitación HV	0.5% de la corriente a potencia máxima
Relación de perdidas entre devanados	De acuerdo con el punto 3.19.1 de la NMX-J284-ANCE
Relación de pérdidas en el cobre pcuh / pcux	De acuerdo con el punto 3.19.2 de la NMX-J284-ANCE
Perdidas en vacío	De acuerdo con el punto 3.19.3 de la NMX-J284-ANCE
Eficiencia	99% (estimada)
Curva de saturación	De acuerdo con las normas NMX-J284-ANCE,

La SEE incluye como parte de la ingeniería básica civil la definición de los principales componentes en lo que se refiere a edificios, terrecerías o pavimentos, pisos y caminos interiores, plataforma, valla perimetral, cimentaciones e instalaciones auxiliares. En los siguientes puntos se describen de manera general la parte de ingeniería civil de las instalaciones de dicha subestación.

Terracerías: La SEE debe desplantarse en una plataforma cuyo nivel de terracería terminada debe adecuarse con base en la topografía detallada que se realizará en etapas más avanzadas del proyecto y su diseño final se realizará en la ingeniería de detalle. Esta plataforma debe abarcar el área de la subestación donde se encuentren instalaciones ya sea del tipo civil o electromecánica. La definición de los cortes y rellenos requeridos para la conformación de dichas plataformas se deben realizar con base en los siguientes puntos:

- Se debe realizar un levantamiento Topográfico detallado del predio para emplearlo para el diseño de la ingeniería de terracerías.
- Los taludes que resulten de terraplenes deben quedar debidamente confinados y compactados con el equipo adecuado, al 95% de la prueba Proctor SCT.
- Se debe realizar un estudio hidrológico para a su vez realizar un estudio hidráulico que defina la protección contra erosión, socavación y/o deslave por lluvias de los taludes de la plataforma, así como cunetas y contracunetas.

Pisos terminados: los pisos para las áreas eléctricas de las zonas de 230 kV, serán con terminados con piedra grava (zonas donde se ubiquen estructuras de acero y equipos primarios).

Una vez que se tenga acondicionada la superficie del terreno para recibir el piso terminado, se debe aplicar el terminado de piedra grava mencionado anteriormente; para ello, se usa grava con un diámetro en el rango de 25 a 38 mm, material que debe ser cribado y lavado, extendiéndose hasta formar una capa de 10 cm de espesor delimitada por guarniciones de concreto armado.

Para las zonas de caminos interiores y estacionamiento; el piso será de carpeta asfáltica o bien de concreto hidráulico.

Se requerirá la conformación de cimentaciones mayores y menores, las cimentaciones en general se deben diseñar con base en un estudio geotécnico del predio de la subestación y con los requerimientos indicados en las especificaciones de ingeniería de detalle. Las cimentaciones mayores se refieren a las cimentaciones para estructuras mayores. Las cimentaciones menores serán las cimentaciones para los siguientes equipos: interruptores de potencia, cuchillas, transformadores de corriente, transformadores de potencial inductivos, transformadores reductores para servicios propios y auxiliares (TRSPA) y aparta-rayos, así como para los aisladores y torre de telecomunicaciones

La altura de las cimentaciones y de las bases de los equipos primarios deberá ser tal que garantice el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad para el nivel de 230 kV, asegurando un claro mínimo de 4.20 metros entre partes energizadas y el piso terminado, y de 2.30 metros entre la parte inferior de los aisladores y el piso terminado.

Se dispondrá de un sistema de drenaje que incluirá drenaje pluvial, escurrimientos naturales y artificiales, así como el desalojo de aguas estancadas por depresiones del terreno. Para la realización del diseño del drenaje pluvial, típicamente se emplean cunetas tipo camino o bien una red de zanjas de concreto con rejilla para captar el agua de lluvia y dirigirla hacia el punto determinado de desfogue. El sistema de drenaje pluvial debe considerar toda el área de la subestación.

Evacuación de aguas negras, la SEE contará con una fosa séptica comercial, por tanto, el drenaje correspondiente será dirigido a la misma mediante tubería de polietileno de alta densidad (PEAD); esta fosa, comúnmente utilizada, estará constituida por un biodigestor autolimpiable el cual constituye un verdadero sistema de saneamiento que recibirá las aguas residuales y realizará un tratamiento primario del agua, favoreciendo el cuidado del medio ambiente y evitando la contaminación de mantos freáticos ya que se almacena el agua tratada en otro tanque aislado. Su vaciado y mantenimiento se realizará de forma periódica para lo cual se contratará una empresa especializada que deberá contar con todos los permisos y autorizaciones necesarias para el manejo y disposición de dichas aguas. Dependiendo del tamaño de este elemento, su capacidad (litros) varia de 600 a 7,000 l), el primero brinda un servicio hasta de 5 personas/día en zonas rurales y, el mayor hasta 60 personas/día, también en zonas rurales. Sus características complementarias son, en cuanto a: Eficiencia, su desempeño es superior al de una fosa séptica debido a que utiliza un proceso anaerobio para realizar un tratamiento primario del agua. Puede ser instalado en viviendas que no cuentan con servicio de drenaje con el fin de recibir las aguas residuales domesticas (negras y grises); autolimpiable y de fácil mantenimiento en el cual no es necesario equipo especializado o maquinaria de limpieza; lo anterior implica un bajo costo de mantenimiento ya que no requiere equipo electromecánico como bomba o camión de desazolve para su mantenimiento, eliminando costos adicionales para el usuario; Hermético, construido de una sola pieza en polietileno de alta densidad, evitando fugas, olores y agrietamientos. Es ligero y fuerte, ofreciendo una alta resistencia a impactos y corrosión; Higiénico, previene la existencia de focos de infección; sustentable, cuida el medio ambiente al prevenir la contaminación del suelo

y agua y cumplimiento normativo de las especificaciones de la norma oficial mexicana aplicable (DOF, 1997)[XI].

El biodigestor que se pretende instalar en el parque fotovoltaico tendrá una capacidad de servicio para 25 personas máximo (3,000 l de capacidad) y sus dimensiones aproximadas son: una altura (A) de 2.10 m y n diámetro (B) de 2.0 m (Figura II.12).

Figura II. 12 Ejemplo de biodigestor



1. Primera Etapa: el agua residual ingresa hasta el fondo donde el diseño del biodigestor facilita la separación de lodos y agua.

2. Segunda Etapa**.** Las bacterias comienzan la descomposición y el agua pasa a través de esta cama de lodos.

3. Tercera Etapa**.** El agua atraviesa el filtro anaerobio para retener otra parte de la contaminación. Finalmente, el agua tratada proveniente del biodigestor se direcciona hacia una zanja de infiltración o un pozo de absorción. Los lodos se decantan en el fondo del biodigestor para posteriormente ser purgados durante su mantenimiento.

Las partes de que se compone el biodigestor aseguran una maniobrabilidad que hace extremadamente fácil el mantenimiento. Para realizarlos, se abre la válvula de extracción para

[XI] DOF, 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997, Fosas sépticas prefabricadas-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, 29/Enero/1999.

que el lodo acumulado y digerido, fluya al registro de lodos. Una vez hecha la purga, se cierra la válvula y mantiene así hasta el siguiente mantenimiento; posteriormente se agrega cal a los lodos, y se deja reposar para su retiro posterior. Para la disposición de los lodos, estos se envían al relleno sanitario.

Este componente estará ubicado debajo del piso del baño del edificio de control, se anexan las especificaciones técnicas del modelo a utilizar.

La caseta de control tendrá características variables en lo referente a sus acabados y tipo de construcción, ya sea que se trate de una caseta de paneles prefabricados o bien construida en el sitio, en todo momento se evitará el uso de ventanas, en su lugar se colocaran bloques de vitroblock, las puertas siempre serán metálicas y de preferencia con aislante térmico. Las losas de la caseta principal de control se impermeabilizarán, adicionalmente se deberá cuidar que la caseta quede por encima del nivel freático. La caseta de control contendrá todos los servicios para la buena estancia de los operadores.

Finalmente se dispondrá de **instalaciones hidrosanitarias**, este concepto se refiere a las instalaciones asociadas a los servicios de agua potable y sanitarios de la caseta de control y caseta de vigilancia

Los servicios de suministro de agua se realizarán mediante pipas con un servicio de abastecimiento de agua mensual depositada en una cisterna prefabricada con capacidad de 5,000 litros y un tinaco con capacidad de 1,000 litros.

Para el funcionamiento de los sistemas hidrosanitarios se considera una bomba para distribución de agua, tuberías de agua, drenajes (incluidos en el sistema de drenajes general de la SE), además de una fosa séptica tipo ecológico, así como otros equipos y materiales requeridos para la operación segura y confiable de estos sistemas de distribución y uso de agua.

G. Línea de Transmisión

Este componente se refiere a la línea de interconexión, la cual tiene como propósito transmitir la energía generada por el Ocote Solar desde la SE elevadora hasta la Subestación de Maniobras que apertura las líneas de alta tensión de la CFE (punto de interconexión). La evacuación de la energía producida por el proyecto se realizará por medio de una LT aérea de un circuito en el nivel de tensión de 230 kV y con una longitud de 1,776.69 metros aproximadamente, y de aproximadamente 26 metros de ancho. Para el soporte de los conductores que componen esta LT, se instalarán aproximadamente 7 estructuras de celosía auto soportadas (torres de transmisión), de acero galvanizado. La distancia entre torres oscila entre 190 y 370 metros aproximadamente, dependiendo de las condiciones particulares del terreno que se encuentra en la trayectoria. Las torres de tipo autosoportadas están diseñadas para soportar los 3 cables necesarios para el sistema trifásico de transmisión para el enlace con la subestación de Maniobras la cual se encuentra cercana a la Línea de Transmisión propiedad de la CFE que forma parte del SIN.

Respecto a las dimensiones de las estructuras (torres de acero galvanizado) que se pretende instalar, estas serán diseñadas conforme a las especificaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para líneas de transmisión de 230 kV. De manera general, se estima lo siguiente:

- **Altura de las torres:**
  - Torres de suspensión: entre 24 y 40 m
  - Torres de retención o anclaje: entre 28 y 45 m
- **Separación entre fases:** de 2.5 a 3.5 m, dependiendo de la configuración y cargas.

- **Altura mínima del conductor al suelo:** ≥ 8.0 m, en condiciones normales, de acuerdo con las normas aplicables.

Estas dimensiones están sujetas a ajustes con base en estudios de carga, esfuerzos mecánicos y condiciones específicas del terreno. Asimismo, el diseño final de las estructuras se realizará conforme al Manual de Diseño de Líneas de Transmisión y demás normativas técnicas aplicables de CFE.

En cuanto a la ingeniería civil para la LT, se construirán cimentaciones para las torres. Estas cimentaciones consistirán en un dado de concreto en cada una de las cuatro patas de la torre. Cada bloque de cimentación tendrá una base circular con un diámetro aproximado de 1.2 metros y una altura de 2.8 metros. Además, sobresaldrá del nivel del terreno natural al menos 20 cm, formando zócalos para proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Tanto la excavación del terreno como las cimentaciones se llevarán a cabo considerando un grado de comprensibilidad del terreno de 10 kg/cm^3. Se asegurará que, durante la fase de ejecución de las obras, estas cimentaciones recaigan sobre terreno con suficiente dureza o roca sana.

H. Espacio para el Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE):

En un área de 2.3316 ha, se instalará un SAE como parte del proyecto de energía solar. Este espacio está diseñado para albergar el SAE, que es un componente requerido por la Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)en los estudios de interconexión para la interconexión segura y confiable del proyecto al Sistema Interconectado Nacional. Este sistema integrará los siguientes componente:

Zonas de Baterías. La mayor parte del área estará dedicada a las zonas de baterías, donde se instalarán contenedores modulares que alojan las baterías de ion-litio. Estos contenedores, cada uno ocupando aproximadamente 15 metros cuadrados, estarán dispuestos en dos filas principales. Con una densidad alta, se espera alojar entre 54 a 57 contenedores. Estos contenedores son esenciales para almacenar la energía producida durante las horas de sol y liberarla cuando sea necesario, estabilizando la oferta y la demanda de electricidad (figura II.13).

La selección del tipo de baterías estará en función de las características de eficiencia, costos operativos y disponibilidad de este tipo de accesorios, los cuales, en su oportunidad serán sometidos a la aprobación del CENACE; a la fecha se reconocen los siguientes tipos de baterías:

Baterías de Ion-Litio (Li-ion): Las más utilizadas actualmente por su alta eficiencia y densidad energética; sus característica son (IEC, 2021)[11]:

- Subtipos comunes**:**
  - NMC (níquel-manganeso-cobalto)
  - LFP (litio-hierro-fosfato)
- Dimensiones (modular):
  - Celdas tipo prismáticas: 150–300 mm de largo, 100–200 mm de ancho
  - Módulos: 400–1000 mm de largo (depende del fabricante)
- Peso**:**
  - 25 a 500 kg por módulo
  - 1 tonelada por rack o contenedor
- Componentes principales:
  - Cátodo: óxidos de litio con metales como cobalto, manganeso o hierro
  - Ánodo: grafito
  - Electrolito: sales de litio en solventes orgánicos

- Circuitos de gestión térmica y eléctrica (BMS)
- Ventajas:
  - Alta eficiencia (>90%)
  - Larga vida útil (hasta 6000 ciclos)
  - Baja autodescarga
  - Compactas
- **Desventajas:**
  - Riesgo térmico (sobrecalentamiento)
  - Alto costo inicial
  - Requiere sistemas de seguridad complejos

Baterías de Plomo-Ácido (incluyendo OPzS y OPzV): Más económicas, aún se usan en proyectos pequeños o híbridos. Sus características son:

- **Dimensiones:**
  - 200–700 mm de alto
  - 150–250 mm de ancho (por celda de 2 V)
- **Peso:**
  - 25 a 80 kg por celda
  - Sistema completo: puede superar 1 tonelada
- **Componentes principales:**
  - Placas de plomo (positiva y negativa)
  - Electrolito: ácido sulfúrico
  - Carcasa de polipropileno o PVC
- **Tipos específicos:**
  - **OPzS:** Electrolito líquido, ventiladas
  - **OPzV:** Electrolito gelificado, selladas (sin mantenimiento)
- **Ventajas:**
  - Bajos costos de adquisición
  - Madurez tecnológica
  - Fácil reciclaje
- **Desventajas:**
  - Eficiencia baja (65–80%)
  - Menor vida útil (~2000 ciclos)
  - Voluminosas y pesadas
  - Emisión de gases (en modelos ventilados)

Baterías de Flujo Redox (Vanadio, Zinc-Bromo): Para almacenamiento de gran escala y larga duración (MWh). Sus características son:

- **Dimensiones:**
  - Requieren tanques de electrolitos (decenas a cientos de litros)
  - Ocupan espacio equivalente a contenedores de 20–40 pies
- **Peso:**
  - Toneladas (por sistema completo)
- **Componentes principales:**

- Dos tanques de electrolitos (vanadio en distintos estados de oxidación o zinc-bromo)
- Celdas electroquímicas
- Bombas y tuberías

- **Ventajas:**
  - Independencia entre energía (tanques) y potencia (celdas)
  - Larga vida útil (>10,000 ciclos)
  - Seguridad (no se incendian)
  - Fácil escalabilidad
- **Desventajas:**
  - Costos iniciales altos
  - Baja densidad energética
  - Necesidad de espacio y sistemas hidráulicos

La comparación entre los tres tipos de baterías se resume en función de los ciclos de vida, su eficiencia, su seguridad, el costo inicial y la escalabilidad (tabla II.9).

Tabla II. 9 Comparación de los tipos de baterías disponibles en el mercado (2020)

[US Dpt.E., 2020][12]

Tipo de Batería	Ciclos Vida	Eficiencia	Seguridad	Costo Inicial	Escalabilidad
Li-ion	4000–6000	>90%	Media	Alto	Alta
Plomo-Ácido	1000–2000	65–80%	Baja	Bajo	Media
Flujo Redox	10,000+	~75%	Alta	Alto	Muy alta

Inversores y Convertidores. Junto a las filas de contenedores de baterías, se instalarán los inversores y convertidores, ocupando aproximadamente 250 metros cuadrados. Estos equipos son cruciales para convertir la corriente continua (DC) almacenada en las baterías a corriente alterna (AC), que es la forma de electricidad que puede ser utilizada por la red eléctrica y los consumidores finales. Los inversores estarán estratégicamente ubicados para facilitar la conexión eficiente entre las baterías y la red.

Transformadores. En una esquina del área, cercana a los inversores, se establecerán los transformadores Los transformadores elevarán la tensión de la electricidad generada a los niveles requeridos por la red de transmisión. Esta sección del SAE es vital para asegurar que la energía almacenada pueda ser integrada eficazmente en la red eléctrica más amplia.

Vías de Acceso y Seguridad. Para permitir un fácil acceso y mantenimiento, se habilitarán caminos alrededor del perímetro y entre las filas de contenedores. Además, el área estará equipada con sistemas de seguridad, incluyendo cercas, cámaras de vigilancia y otros dispositivos de seguridad.. Estas medidas asegurarán que el SAE esté protegido contra intrusiones y que se pueda acceder fácilmente para las tareas de mantenimiento.

Áreas Auxiliares. Además, se reservarán aproximadamente 200 metros cuadrados para almacenamiento de piezas de repuesto y herramientas necesarias para el mantenimiento del sistema. También se destinarán unos 300 metros cuadrados para oficinas y facilidades para el personal operativo, asegurando que los técnicos y operadores tengan un espacio adecuado para trabajar y descansar.

Consideraciones Adicionales. El diseño del área incluirá sistemas de climatización para mantener la temperatura óptima de las baterías y equipos electrónicos, y sistemas de protección contra incendios para garantizar la seguridad. Además, se implementarán medidas de gestión ambiental para manejar residuos y minimizar el impacto ambiental del SAE.

En resumen, esta área de 2.3316 ha será un espacio altamente eficiente y seguro para el almacenamiento de energía en baterías, asegurando que la energía solar generada se pueda utilizar de manera efectiva y continua, contribuyendo significativamente a la estabilidad y sostenibilidad de la red eléctrica.

Figura II. 13 Espacio ejemplo de una instalación de un Sistema de Almacenamiento con baterías.



II.1.5 Componentes secundarios

Los componentes secundarios son aquellos que, si bien no son considerados de manera particular para ese tipo de proyectos, fungen como auxiliares para poder permitir la operación optima del proyecto.

A. Caminos y acceso principal

Caminos internos. Los caminos internos garantizan el adecuado y seguro tránsito dentro del proyecto, por lo cual es necesaria la construcción de una red vial de caminos internos adecuada para tal fin (figura II.14). En total, se construirá una red de caminos internos cuya superficie de ocupación será aproximadamente de 7.8436 **ha**.

La estructura de los caminos internos considera niveles de terracería (subrasante con material del sitio, subbase con material tipo B y base con material tipo A), 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 (Figura II.14).

Figura II. 14 Ejemplo de sección de camino de acceso

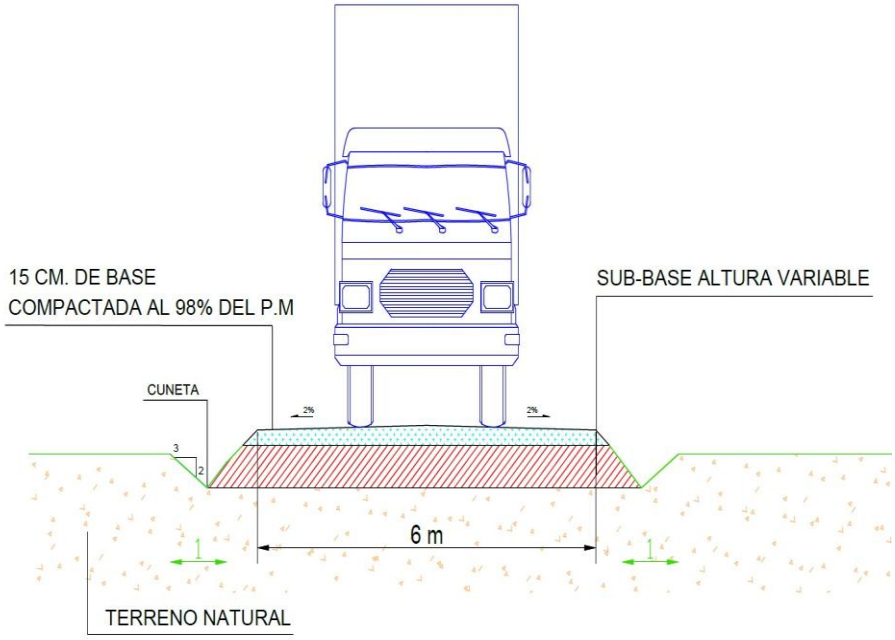
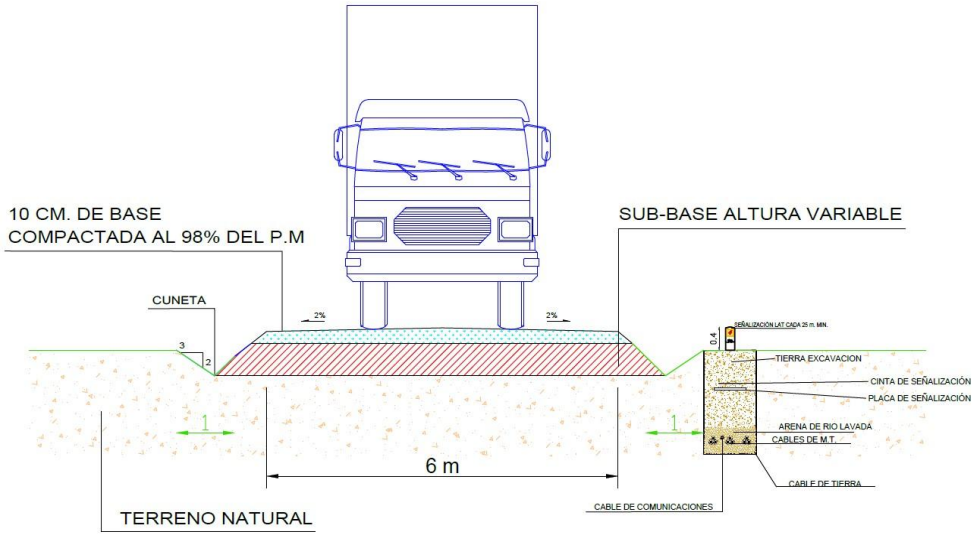


Figura II. 15 Estructura caminos internos



Para la construcción de la red vial, se realizarán las siguientes acciones:

- Nivelación, con base en la topografía y el nivel definido por la ingeniería de detalle, se realizará una nivelación que puede implicar cortes o rellenos.
- Construcción de subrasante compactada tratando de aprovechar el material del sitio y de ser necesario se mezclará con cal para darle cierto mejoramiento para este uso.
- Tendido de subbase con material tipo B.

- Construcción de cunetas (con la realización de las evaluaciones preliminares el Proyecto potencialmente no necesitaría la construcción de cunetas ya que la topografía del terreno es muy plana, pero con una pendiente suficiente para evacuar el agua de lluvias fuera del predio sin afectar los equipos instalados), en los posibles viales donde sean necesarias cunetas, se realizarán con maquinaria adecuada antes del acabado final (base) de la terracería.
- Barrido: previo a la realización de la capa de rodadura se realizará un barrido del camino.
- Capa de rodadura (base), se realizará con material tipo A compactado, en caso de ser necesario por temas hidráulicos, control de polvo u otros, se evaluará la posibilidad de integrar un acabado superficial con material granular (grava).

El diseño de los caminos internos del proyecto permitirá la seguridad del tránsito y fluidez durante las diferentes etapas del proyecto, además, se busca minimizar el impacto ambiental considerando que transitarán diversos tipos de vehículos, tales como:

- Camiones para el transporte de equipos y materiales necesarios durante la etapa de construcción
- Maquinaria utilizada en las diferentes fases del proyecto
- Vehículos de suministro para el abastecimiento de insumos
- Vehículos de transporte de personal
- Otros vehículos necesarios para diversas actividades asociadas al proyecto

Camino de acceso. El Proyecto Ocote Solar cuenta con un punto de acceso principal en el kilómetro 22 + 200 de la carretera 130 Pachuca - Tulancingo. Se realizarán los acercamientos pertinentes con la autoridad estatal, que coordina el mantenimiento de la carretera, para entregar los requisitos necesarios de activación del punto de acceso y cumplir con la normativa para la construcción de este, incluidas, de ser el caso, las autorizaciones de las autoridades locales en materia ambiental. Las actividades de construcción se realizarán sobre el derecho de vía de la carretera ya existente y se declaran para fines descriptivos de las obras a realizar y necesarias para la construcción del proyecto completo.

Para la construcción de los puntos de acceso, se acatarán los resultados de los requisitos, estudios y permisos de las autoridades del sector comunicaciones e infraestructura, incluyendo los detalles de los entronques de acceso con la carretera, como la implementación de carriles de desaceleración y aceleración de acuerdo con las dimensiones que sean necesarias y señaladas por las autoridades. Estos carriles comenzarán unos metros antes del punto de acceso, expandiéndose gradualmente desde la propia carretera. El diseño de los accesos al Proyecto permite la seguridad del tránsito y fluidez durante las diferentes etapas del proyecto.

B. Obras de drenaje

Las obras de drenaje serán diseñadas para asegurar no interrumpir los escurrimientos pluviales superficiales, así como el eventual desalojo de aguas estancadas por depresiones en el terreno (con la realización de las evaluaciones preliminares el Proyecto potencialmente no necesitaría la construcción de cunetas ya que la topografía del terreno es muy plana, pero con una pendiente suficiente para evacuar el agua de lluvias fuera del predio sin afectar los equipos instalados). En todo caso, estas obras consistirán en cunetas a los lados de los caminos internos, para llevar el agua de lluvia desde los puntos altos del terreno hasta los puntos más bajos de manera ordenada sin que afecte a ninguna instalación del parque, en caso de existir flujo transversal de agua a los caminos, se utilizarán vados para dejar que lleve su cauce natural o bien si el flujo de agua el alto

o si se trata de algún arroyo de profundidad importante se podrá colocar tubería para dejar en el mismo cauce el flujo de agua.

Se procurará alterar lo menos posible la red de drenaje natural, así como el régimen hidráulico de las corrientes, de tal manera de no poner en peligro la vida de las personas y la seguridad de sus bienes y aprovechar en la medida de lo posible, la capacidad de regulación del vaso de la presa como apoyo para el uso en riego que ya tiene.

C. Estación meteorológica

Se instalará una estación meteorológica, misma que servirá para realizar el monitoreo de la radiación solar en el área del proyecto. La estación estará configurada para adquirir datos de radiación y meteorológicos. La radiación solar se registra junto con otras medidas meteoclimáticas para obtener datos sobre el rendimiento del proyecto pudiendo estimar y evaluar los efectos de los factores ambientales.

D. Obras adicionales

El proyecto contará con obras adicionales permanentes que permitirán brindar los servicios necesarios durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y que permanecen para la etapa de operaciones.

Dentro de las obras antes citadas se consideran las siguiente:

Sanitarios portátiles: Se colocarán sanitarios portátiles, contemplando uno (1) por cada 20 trabajadores, suministrados por una empresa especializada para esta actividad y debidamente registrada, con relación a la fuerza de trabajo que se presente a lo largo de las etapas de preparación y construcción, mismos que se anclarán para evitar que sean derribados por el viento. La empresa contratada también llevará a cabo la limpieza periódica de los mismos, así como la extracción y gestión de residuos.

Almacenes de residuos: Se tendrá un control estricto sobre los residuos generados durante las diferentes etapas de construcción del proyecto, los cuales se almacenarán en un espacio habilitado de conformidad con los lineamientos que al efecto establecen la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.

Durante la vida útil del proyecto se prevé la generación de toda clase de residuos, antes de iniciar la operación se construirá el almacén definitivo (figura II.16).

Figura II. 16 ejemplo de un almacén de confinamiento temporal de residuos



En el programa de residuos generado en el Capítulo VI de esta MIA-R se lleva a cabo la descripción de los almacenes temporales de residuos, particularmente de aquellos de carácter peligroso (RP's).

Ahora bien, respecto al sitio donde se ubicarán los almacenes temporales de RP's, se informa que estos se sujetarán a lo dispuesto en los artículos 82, 83 y 84 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Aparte de los almacenes temporales de RP's se dispondrá de áreas de almacenamiento para los residuos de manejo especial (RME's) los cuales consistirán en espacios despalmados y acondicionados para acopio de los materiales respectivos como pueden ser registros de media tensión, bobinas para cables de media tensión, estructuras o soportes, paneles fotovoltaicos, equipos eléctricos y rocas, tierra inorgánica y demás productos derivados de los procesos constructivos.

Dicha zona de acopio de materiales no tendrá ningún tipo de cubierta, estarán conformadas, en su piso por el terreno natural, en el cual solo se llevará a cabo el deshierbe del terreno (sin retiro de la capa de suelo orgánico y, en el caso de arbustos sin la extracción de raíces); es de importancia informar que en estas áreas se almacenarán los componentes de la infraestructura del parque fotovoltaico previo a los trabajos de construcción del mismo (paneles, torres, estructuras metálicas, cajas con tornillería, etc.), y dado que no se usan materiales líquidos o similares, estos estarán ausentes en esas zonas, porque no existe ninguna posibilidad de generar lixiviados que pudieran contaminar el suelo e infiltrarse y afectar el manto freático.

Área de oficinas y edificaciones: algunas de las actividades que se llevaran a cabo en estos espacios incluyen trabajos administrativos y técnicos en oficinas para garantizar condiciones satisfactorias para el personal durante los periodos de construcción y operaciones, adecuación de espacios para comedor, vestidores, sanitarios, regaderas y estacionamiento. La empresa contratada se encargará de la limpieza periódica y la gestión de residuos de los sanitarios. Para este punto y en su momento se contratará a una empresa que cuente con las certificaciones necesarias para realizar esta actividad.

El proyecto contempla casetas de vigilancia para el control de acceso a las instalaciones del parque la cual será una construcción sencilla con dimensiones no mayores a 3.65 x 2.65 m, básicamente contendrá un sanitario, un espacio para guardar objetos, aire acondicionado y el área de vigilancia. El proyecto considera además una caseta de control Subestación Elevadora.

II.1.6 Inversión requerida

La construcción del proyecto significará para la empresa promovente una inversión aproximadamente de $ 5,046,298,876.00 MXN, con recursos propios. Del importe total se estima una inversión equivalente el 3% para trabajos relacionados al cumplimiento de obligaciones ambientales.

Se estima que la inversión anual relacionada a la operación y mantenimiento del Proyecto, donde se incluyen todos los rubros para dar cumplimiento a tramites, permisos ambientales, permisos de generación, costos de refacciones, servicios de terceros, rentas, costos de seguridad, garantías y otros, seria de alrededor de MXN $80,000,000.00 anuales durante el periodo comprendido del año 3 al 30 del Proyecto (tabla II.10).

Tabla II. 10 Inversión y gastos operativos estimados

Inversión estimada para el proyecto Ocote Solar		
Etapas del proyecto	Año 1 y 2	Año 3 al 35
Desarrollo y construcción	$5,046,298,876.00	
Operaciones y mantenimiento		$ 80,000,000.00
Total		$5,126,298,876.00

II.1.7 Programa de trabajo

El programa de trabajo comprenderá 24 meses para la ejecución de las etapas de preparación del sitio y construcción (tabla II.11); 30 años para operación y mantenimiento; y 24 meses para la etapa de abandono.

Tabla II. 11 Programa general de trabajo

Concepto (Principales actividades)	Presentación del sitio y construcción (meses)																								Operación y mantenimiento
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Año 1 a 35
Movilización y preparación del sitio																									
Preparación de caminos																									
Instalación cerca perimetral																									
Preparación para la obra civil																									
Obras civiles																									
Excavación de zanjas																									
Relleno de zanjas																									
Base de concreto																									
Instalación estructuras																									
Instalación módulos																									
Instalación inversores																									
Trabajos de circuitos CC																									
Trabajos de circuitos AC																									
Trabajos de circuios MT																									
Obras de interconexión																									
Puesta en marcha y pruebas																									
SCADA																									
Puesta en marcha de la planta																									
Conexión a la red																									
Puesta en marcha en caliente																									
Puesta en servicio																									
Termino para entrega de O&M																									
O&M del PFv Ocote Solar																									

A. Preparación del sitio y construcción

Previamente en este capítulo se describieron los componentes del proyecto, tanto los primarios como los secundarios, de igual forma fueron consideradas las obras de carácter permanente. Ahora se describe el proceso de preparación del sitio y construcción de estos.

El proyecto contempla la construcción de todas las obras que lo integran, esta construcción se realizará por el o los contratistas necesarios, cada uno especializado en su área y con amplia experiencia en este tipo de Proyectos.

La etapa constructiva del proyecto contempla dos principales rubros, el primero será la preparación del sitio donde se realizarán las obras necesarias que sean requeridas antes de la instalación de los componentes principales y equipos del Proyecto que serán parte del segundo rubro o la segunda fase de la construcción del Proyecto.

Para realizar la construcción del Proyecto general es necesario contar con una planificación adecuada y así poder cumplir con los plazos estipulados en todos los procesos a realizar (como obtención de licencias, permisos, diseños, construcción, entre otras)

B. Etapa de preparación del sitio

En esta etapa, el objetivo a alcanzar es adecuar el terreno para que las actividades constructivas relacionadas a la instalación de los componentes principales del proyecto se lleven a cabo de

manera ordenada, eficiente, conforme a los mejores estándares de calidad, buenas prácticas y con los menores impactos posibles.

Las actividades fundamentales involucradas en la preparación del terreno para llevar a cabo el proyecto son las siguientes:

Trazo y marcaje: en esta fase de los trabajos se realizará el trazo y la verificación de las áreas de desplante como vialidades internas, áreas para infraestructura y servicios.

Se establecerán varios puntos de referencia, con base en el trazado topográfico; estos puntos estarán concretados por postes en una ubicación y nivel previamente determinado. Se marcarán las nivelaciones del terreno, se ubicarán las zonas de desplante en donde irá la infraestructura del proyecto y se delimitará el área impactada por el mismo. Se requerirán trabajos de limpieza en caso de que las áreas sean de difícil acceso, estos se realizarán con maquinaria y en caso de ser necesario manualmente para la remoción de vegetación sensible.

Para esta actividad será necesario el uso de equipo topográfico y postes que servirán como señalización para el marcaje y deberá ser realizado con base en los estudios de topografía y de ingeniería detallada.

Desmonte y Despalme: estos trabajos incluyen la remoción de la vegetación en las zonas donde se instalará la infraestructura del proyecto y donde se considere que dicha vegetación influirá o complicará los trabajos constructivos en cuanto a la seguridad del personal operativo y seguridad de las instalaciones. Asimismo, se realizará el movimiento de tierra vegetal (en los primeros 30 cm de suelo) o los que resulten adecuados y aplicables conforme a la ingeniería del Proyecto; los movimientos de tierra se realizarán con base en los estudios y levantamientos técnicos (Topografía, Hidrología, Geotecnia, etc.) realizados previamente en las etapas de prospección del Proyecto.

El suelo vegetal será almacenado en un sitio adecuado para ello para su ulterior utilización en trabajos de restauración o rehabilitación edáfica y, este material será protegido de la intemperie con una cubierta y se evitará mezclar tierra vegetal con aquella que será producto de la excavación (suelo inorgánico). Los tocones mayores a un diámetro de 10 cm podrán ser retirados con retroexcavadora, arrancados por tracción o por medios manuales según la factibilidad de ello. En este último caso se contará con vigilancia y aprobación ambiental y el material producto de esta actividad deberá ser manejado de acuerdo con las resoluciones ambientales aplicables. Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material de suelo, y se compactarán conforme a lo indicado en la presente instrucción hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.

Como ya se mencionó en los párrafos anteriores, los residuos generados por el desmonte y despalme se trozarán y se acumularán por un lapso corto hasta su dispersión en los espacios no intervenidos por las obras del proyecto; el área de almacenamiento estará en un extremo adyacente al área de trabajos en el interior del predio. Todos estos residuos deberán ser trozados con herramienta manual o maquinaria y se dispondrán en la parte del predio destinada al área verde, dentro del perímetro del polígono del área del proyecto.

En ningún caso se utilizarán sustancias químicas, explosivos, fuego o algún otro método que pueda causar un impacto negativo sobre medio ambiente durante dichas actividades.

Señalización: Se llevará a cabo la señalización dentro del área del proyecto siguiendo lo establecido por la *NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías*, utilizando, por ejemplo, letreros grandes, visibles y llamativos que serán colocados en las áreas de trabajo según sea su fin, con el objetivo de instruir a los trabajadores y personas ajenas al proyecto y salvaguardar su integridad y bienestar.

Estas señales se colocarán en el acceso al proyecto y en los viales para indicar la delimitación de la zona donde se esté laborando y en qué parte se encuentran. Además, deberán ser colocados por medio de estacas y deberán de cumplir con los requerimientos físicos necesarios para ser capaces de resistir el tránsito de la obra y las condiciones climáticas.

Limpieza: Consiste en eliminar y transportar todos los residuos generados durante la fase de desmonte y despalme, como son el pasto grueso, arbustos, árboles y herbáceas; en general, todo aquel material vegetal del lugar del proyecto deberá ser almacenado junto con el material producto del desmonte, y ambos se tendrán que revolver para ser dispuestos a organismos autorizados o incorporados al suelo en las áreas destinadas a la mitigación o reforestación, según aplique.

También se recolectará y clasificará toda la basura diferente a los residuos vegetales, que pudiese encontrarse o generarse en el lugar, depositándola en sus correspondientes recipientes con tapa, debidamente marcados siguiendo la clasificación de los tipos de residuos sólidos.

C. Etapa de Construcción

La infraestructura por instalar durante las diversas fases del proceso de la construcción del proyecto será:

- Vallado para delimitación del área del proyecto y circuito cerrado de televisión.
- Camino de acceso y vialidades internas.
- Estructura de montaje de los paneles solares.
- Paneles solares.
- Red subterránea de media tensión.
- Estaciones de media tensión.
- Línea de trasmisión de interconexión.
- Espacio para baterías.

La construcción de cada una de estas instalaciones se describe a continuación:

Colocación de vallado y circuito cerrado de televisión (CCTV): Se colocará un vallado metálico que delimite las instalaciones del proyecto para evitar el acceso no controlado de personas ajenas al proyecto, ello para salvaguardar tanto su seguridad como el de las instalaciones. Este vallado será de alambre galvanizado o de un material similar, tendrá una altura aproximada de 2.4 m y cada 3 m tendrá postes tubulares con tapón metálico para sostener la malla, protección de aguas, orejas y ganchos soldados a postes que sujetarán la malla de acero. Los postes y la malla de acero son galvanizadas en inmersión en caliente para alargar su durabilidad y aumentar su resistencia en condiciones atmosféricas a las que puedan estar expuestos. Se prevé un acceso para la entrada y salida de personas y materiales al Proyecto.

Para la construcción del cercado, se realizarán pequeñas excavaciones cuadradas separadas cada 3 metros y con dimensiones de alrededor de 20 cm x 20 cm (de base cuadrada) por la profundidad que se determine en la ingeniería (típicamente 40 cm) en esta excavación se colocarán los postes, mismos que serán embebidos en concreto para garantizar la estabilidad de estos.

Los postes serán el soporte principal de la malla de acero, la cual se sujetará a los ganchos y se colocarán los refuerzos de alambre que sean necesarios para la sujeción.

Para la instalación del CCTV se plantea que será cercano a la valla perimetral con el fin de vigilar posibles intromisiones al Proyecto y evitar vandalismo, las cámaras se colocarán sobre postes de 10 m de alto, los postes contendrán todos los aditamentos para montar las cámaras solamente

empleando medios mecánicos (tornillería), para la instalación de los postes, será necesario realizar una cimentación de concreto de base circular de 50 cm de diámetro por 80 cm de profundidad.

El proceso constructivo de dicha cimentación es el habitual, pues se deberá abrir el terreno utilizando medios mecánicos colocando una cimbra a base de secciones semicirculares; el armado puede no ser necesario según las características del terreno, en caso de ser necesario se colocará un armado con malla electrosoldada muy ligera. La cimentación debe contener una placa de acero embebida en la parte superior, esta placa contiene la tornillería de sujeción para la base del poste.

Una vez fraguada adecuadamente la cimentación, se coloca el poste atornillándolo en la preparación previa y finalmente se coloca pintura a la base del poste como protección a la corrosión.

El cableado para las cámaras se colocará en pequeñas zanjas de 30 cm de profundidad por 20 cm de ancho de poste a poste donde el poste más cercano a la SEE será el que esté conectado al tablero destinado para este circuito dentro de la Caseta de Control.

Camino de acceso y vialidades internas: El punto de acceso principal al proyecto estará ubicado a la altura del kilómetro 22+200 de la carretera No 130 Pachuca – Tulancingo, dentro del municipio de Singuilucan, en el estado de Hidalgo, México. En ese sitio actualmente ingresa un camino de terracería que conduce a la comunidad de Jalapilla y, para el acceso a los terrenos del parque fotovoltaico, se utilizarán aproximadamente 1,600 m de dicha terracería; consecuentemente no se tendrá que construir ninguna nueva vialidad de acceso y, se habilitará la interconexión carretera actual con las obras que indique la autorial que administra dicha carretera (bahías de aceleración y de desaceleración); de igual forma se obtendrá la anuencia del municipio para utilizar la terracería y se realizarán los trabajos de mejoramiento de la misma (engravado, compactación, etc.), según lo requiera la autoridad del Ayuntamiento y según se convenga con la comunidad de Jalapilla. Se considera que no se requerirá ninguna rectificación, ni ampliación del trazo actual porque este reúne las dimensiones necesarias para facilitar el tránsito de acceso a los predios del proyecto.

En los espacios en los cuales se habilitarán caminos internos, una vez preparado el sitio, se realizarán los cortes y rellenos necesarios para alcanzar los niveles de proyecto establecidos para los caminos de acuerdo con los perfiles verticales.

La superficie de instalación (subrasante), que será básicamente el terreno natural, será debidamente compactada para alcanzar la capacidad de carga señalada por la ingeniería, para verificarlo ser realizarán ensayos. Al ser esta la capa que recibe menos esfuerzos (estos serán dispersos en las capas más superficiales) es posible que con la capacidad encontrada después del corte sea suficiente para recibir la subbase.

Una vez validada la subrasante, se procederá al tendido del terraplén, solo si es necesario por cuestiones de nivel, o bien, de la subbase, en el caso de requerir terraplén este será tendido en capas de hasta 20 cm y deberá compactarse hasta alcanzar la capacidad y compactación definidas en el proyecto.

Posteriormente se tenderán la subbase y base, las cuales serán tendidas de manera similar, los materiales empleados en este par de capas se ingresarán al proyecto y serán provenientes de bancos de material cercanos o bien, según las características propias del terreno natural, puede ser posible aprovecharlo, realizando una mejora (combinándolo con cal) para poder utilizarlo como material de subbase, de igual modo se respetarán las compactaciones y capacidad de carga. El material que se coloque deberá ser compactado adecuadamente con un compactador de rodillo liso y revisado con regularidad para corroborar que la ejecución se realiza correctamente.

Es importante señalar que en todo momento se seguirán estas operaciones:

- Humedecer los caminos, con la finalidad de evitar liberación de polvo y tierra excesivos, debido al tránsito de vehículos.
- Colocación de base y sub base tan pronto como sea posible.

Una parte importante para el correcto funcionamiento y la continuidad de la vida útil de los caminos es la construcción del drenaje. Durante los cortes y rellenos se excavarán las cunetas y durante el tendido del material de subbase y base se perfilarán definitivamente para generar la sección definida del proyecto.

Para el caso en el que se tenga que construir drenaje transversal, y por las características del proyecto, este podrá ser a través de vados, estos deberán ser ubicados topográficamente de acuerdo con la ingeniería y deberán respetarse los niveles de la terracería.

Estructura de soporte de los paneles solares: Tal como se definió en la descripción general del proyecto, los paneles se colocarán en una estructura tipo seguidor solar (*tracker*), el cual se apoyará al suelo mediante perfiles metálicos (hincas). Para realizar el proceso de hincado, y una vez que se realizaron las actividades de preparación del sitio, en caso de ser necesario se realizará la nivelación requerida por medios mecánicos para alcanzar la pendiente del diseño, es decir, por medio de una motoniveladora o la maquinaria que el contratista considere útil y se nivelará la extensión total de la zona en la que se colocarán las hincas logrando una superficie plana y libre de obstáculos capaz de dejar transitar libremente a la hincadora para que esta se desplace correctamente. Esta misma actividad se llevará a cabo en las zonas de campos destinadas para el acopio y establecimiento del campamento de obra.

Para la colocación de perfiles de acero galvanizado (hincas) de sección tipo H o sección tipo C, este perfil se implantará directamente en el terreno mediante una hincadora hidráulica, esta máquina utiliza un molde especial con la forma del perfil de la hinca y golpea repetidas veces la parte superior de la misma, introduciéndola progresivamente en el terreno hasta llegar a la profundidad requerida según los cálculos y pruebas de hincado, generalmente la profundidad de hincado directo ronda los 2.5 m y se desplaza a lo largo y ancho de la zona de paneles colocando las hincas necesarias para soportar cada tramo del seguidor (*tracker*) (aproximadamente 7 hincas por tramo). En ningún momento se plantea la instalación de hincas mediante cimentaciones de concreto.

El establecimiento de la infraestructura seguirá el trazo y marcaje realizado en la etapa de preparación para cumplir con los esfuerzos calculados para la ubicación de los componentes del proyecto y que estas no registren deformaciones con el paso del tiempo.

Los *trackers* se colocarán una vez realizada todas las hincas, en las áreas destinadas para ello en el terreno; se procede al armado del *tracke*r; según cada fabricante, este armado se realiza de manera distinta, sin embargo, básicamente consiste en la colocación de los tubos de torque que corren a todo lo largo de cada tramo del tracker, más los accesorios y cableado para que pueda ejecutar la función de rotar siguiendo la ruta del sol. Este trabajo se realiza de forma manual por técnicos especializados.

Paneles solares: Posterior a la colocación y armado del tracker, la instalación de los paneles solares es un proceso sencillo, pues este procedimiento lo realizan técnicos instaladores de paneles FV donde básicamente el proceso es colocar los herrajes de soporte necesarios en la estructura para que dos técnicos se apoyen durante la instalación de un tracker a la vez, elevando por encima de la estructura los módulos mientras que un instalador coloca la tornillería necesaria mientras el otro lo sostiene. Al momento en el que se colocan todos los módulos correspondientes a un Centro de transformación, se puede proceder a la conexión de panel a panel, sin embargo, está actividad generalmente se realiza una vez que la totalidad de módulos queda instalada.

Red de media tensión: Como se ha dicho en la descripción general del proyecto, los distintos circuitos de media tensión del proyecto, la fibra óptica y el conductor de puesta a tierra, correrán desde cada uno de los centros de transformación a lo largo del proyecto a través de las zanjas dedicadas para este fin. Estas zanjas serán paralelas a los viales (caminos internos), respetando una separación de 1 m respecto al borde de la cuneta de desagüe. Cabe aclarar que no necesariamente se construirán zanjas para cableado de MT al lado de todos los viales, estas zanjas solamente serán consideradas donde aplique según la ingeniería.

Para la construcción de la zanja, dependiendo de las condiciones del terreno y disponibilidad de la maquinaria, es posible realizar la excavación con retroexcavadora, para lo cual el material producto de la excavación se colocará a un costado de esta para que posteriormente este material sea reutilizado para el relleno de la misma zanja. En ocasiones, dependiendo de la rapidez con la que se requiera realizar el trabajo, se puede utilizar una máquina zanjadora automática para abrir la zanja, esta máquina no tiene impactos mayores, solamente optimiza el tiempo de zanjado.

Los conductores de media tensión se colocarán directamente enterrados en el interior de la zanja en una configuración tipo “trébol”, además, los cables se deberán colocar sobre una capa de arena fina junto a la fibra óptica y se cubrirán con otra capa del mismo material.

El proceso de tendido de cable es muy básico pues, un vehículo donde se monta el carrete de cable de manera previa se coloca a un lado de la zanja abierta mientras que manualmente los operadores depositan el cable en las zanjas hasta que este esté totalmente tendido, posteriormente se instalarán los empalmes o terminales mientras que otra parte del personal se encargará de unir con un fleje los 3 conductores en la mencionada forma de trébol para formar un circuito.

Siguiendo este mismo proceso, se instalarán todos los cables, solo en las terminales y conexiones, con personal capacitado para realiza este trabajo.

En el fondo de la zanja se colocará el conductor de puesta a tierra, en uno de sus laterales y será recubierto por una capa de tierra vegetal procedente de la excavación de la zanja, libre de rocas y materiales que puedan dañar esa instalación. Sobre la capa de arena, se colocarán cintas de señalización, cubriendo el resto de la zanja con 80 cm de relleno de tierra de excavación libre de grava y rocas.

El trazado de las zanjas de media tensión se señalizará mediante postes de señalización de concreto, los cuales serán abastecidos por proveedores que operan fuera de las instalaciones del proyecto; serán prefabricados y colocados a lo largo de las trayectorias de las zanjas, así como en cambios de dirección y derivaciones. Estos postes irán hincados a una profundidad de 25 cm, de tal modo que no interfieran con la profundidad a la que se encuentra el cable. Cuando sea necesario cruzar un vial, se introducirán los conductores, fibra óptica y cables de tierras por un tubo PAD embebido en concreto a fin de protegerlos de esfuerzos mecánicos provocados por el tráfico de vehículos. La capa superior se ajustará al diseño de los viales.

Estaciones de media tensión: los centros de transformación o estaciones de media tensión estarán integrados en un contenedor tipo marino por lo que solo requieren la preparación de las cimentaciones que les soportaran. La cimentación será a base de una losa de concreto reforzado, la cual contará con un sistema de contratrabes en los ejes donde la ingeniería de detalle determine.

El concreto deberá ser producido en plantas ubicadas fuera del sitio de proyecto, teniendo un proceso de producción certificado. La dosificación de la mezcla agua, cemento y materiales pétreos deberá ser capaz de lograr la durabilidad y resistencia requerida según el diseño. Este concreto deberá probarse y dichas pruebas deberán obtener la resistencia a la compresión a los 28 días, resistencia del concreto (F’c) y la clase de exposición según el diseño.

Se comenzará con la excavación de las zanjas y niveles para la construcción de la losa para luego colocar una plantilla de concreto pobre de 3 a 5 cm, o bien, una hoja de polietileno que servirá de protección para el concreto estructural. Posteriormente se colocará el acero de refuerzo con la disposición definida por la ingeniería, este deberá ser laminado en frio y deberá cuidarse el cumplimiento de los radios de doblez permitidos y las longitudes de empalme.

Dentro de los trabajos de habilitado de acero se cumplirá con la colocación de todos los ductos requeridos para la conexión a la red de media tensión y con el sistema de tierras.

Posteriormente se colocará la cimbra para el vertido del concreto, donde el curado juega un papel crítico en el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del concreto, pues el curado se debe realizar inmediatamente después de la colocación del concreto; este proceso debe garantizar las condiciones de humedad y temperatura deseadas. El curado del concreto debe tener una cantidad adecuada de humedad para la hidratación continua y el desarrollo de la resistencia, estabilidad de volumen, abrasión, etc.

La protección consiste en la prevención de:

- Erosión por la lluvia.
- Pérdida repentina de agua desde la superficie exterior de la mezcla.
- Enfriamiento rápido.
- Diferencia de temperatura entre la superficie y el núcleo del concreto.
- Vibraciones o golpes que puedan dañar el concreto o interferir con la adhesión al refuerzo.

La cimbra se retira cuando el concreto ha desarrollado el 70% de la resistencia o 7 días después de verter el concreto o cuando el proceso de curado está finalizado.

Una vez que se cuenta con la resistencia requerida por el proyecto, se procederá a la instalación del contenedor. Este estará preparado con los disparos necesarios para conectarse a la media tensión y se habilitará el sistema de tierras.

Plataforma de la subestación: para la obra civil se realizará la nivelación del área completa de la subestación. Por cuestiones de seguridad ante cualquier riesgo de inundación, estos trabajos son de suma importancia, por lo que deberá cuidarse que durante las operaciones de nivelación se respeten las alturas que el proyecto determine.

Los trabajos de corte y relleno podrán realizarse con retroexcavadora y motoniveladora. En esta fase también se puede aprovechar la maquinaria para la creación de la fosa, cimentación del transformador, zanjas de media tensión y conformación del drenaje perimetral. Asimismo, durante la fase de conformación de la plataforma, y en caso de que el proyecto así lo determine, se colocará la malla de tierras de la subestación, la cual deberá señalizarse perfectamente, para que en las siguientes fases constructivas se realicen las conexiones.

El material sobrante, producto de los cortes, deberá ser probado para saber si es posible su utilización como material de relleno. Similar a lo descrito para la conformación de caminos, en el caso de requerirse un terraplén para alcanzar las cotas de proyecto, este deberá ser colocado después de preparar el terreno natural, mediante la comprobación de su capacidad de carga o su compactación hasta lograrla. El tendido de material de terraplén se colocará en capas de hasta 20 cm y compactadas según la ingeniería.

Cimentaciones de la subestación: dentro de la subestación se requerirán diferentes tipologías de cimentación y dependiendo del elemento en todas ellas se deberá cumplir con los requerimientos de resistencia del concreto y disposición del acero definida para cada una.

El procedimiento constructivo es similar al descrito para las cabinas de transformación, pues el concreto deberá ser producido en plantas fuera del sitio de proyecto, teniendo un proceso de

producción certificado. La dosificación de la mezcla (agua, cemento y materiales pétreos) deberá ser capaz de lograr la durabilidad y resistencia requerida según el diseño. Este concreto deberá probarse y dichas pruebas deberán obtener la resistencia a la compresión a los 28 días, resistencia del concreto (F´c) y la clase de exposición según el diseño.

Para el caso específico de la cimentación del transformador, por tratarse de una cimentación de gran importancia y volumen, deberá garantizarse la continuidad de la operación de la planta de concreto para evitar cualquier junta fría o discontinuidades del concreto.

Se comenzará con la excavación de las zanjas y niveles para la construcción de la losa, posteriormente se colocará una plantilla de concreto pobre de 3 a 5 cm, o bien, una hoja de polietileno que servirá de protección para el concreto estructural. Posteriormente se colocará el acero de refuerzo (el cual deberá ser laminado en frio) con la disposición definida por la ingeniería cuidando el cumplimiento de los radios de doblez permitidos y las longitudes de empalme.

Posteriormente se colocará la cimbra para el vertido del concreto, para inmediatamente después realizar el curado, el cual juega un papel crítico en el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del concreto. El proceso de curado debe garantizar una cantidad adecuada de humedad para la hidratación continua y el desarrollo de la resistencia, estabilidad de volumen, abrasión, etc.

La protección consiste en la prevención de erosión por la lluvia, pérdida repentina de agua desde la superficie exterior de la mezcla, enfriamiento rápido, diferencia de temperatura entre la superficie y el núcleo del concreto y vibraciones o golpes que puedan dañar el concreto o interferir con la adhesión al refuerzo.

La cimbra se retira cuando el concreto ha desarrollado el 70% de la resistencia o 7 días después de verter el concreto o cuando el proceso de curado está finalizado.

Una vez que se cuenta con la resistencia requerida por el proyecto, se procederá a la instalación del transformador ya sea mediante grúa o rieles sobre el piso.

Este procedimiento se utilizará para el resto de las cimentaciones de equipos principales, sin embargo, estas son aún más sencillas ya que se trata solamente de un dado de concreto por equipo (TC[XII], TP[XIII], AP[XIV], etc.) con dimensiones distintas según el equipo del que se trate.

Para el soporte de las estructuras también se emplean dados de concreto con dimensiones de acuerdo con la ingeniería y el proceso constructivo es similar.

Caseta de control: esta construcción básicamente consistirá en levantar muros sobre una cimentación tipo zapata en el perímetro de esta; la arquitectura de la caseta la cual albergará todos los equipos descritos en la ingeniería de dicho componente. La obra de la construcción de la caseta es básica y no involucra obras o técnicas especiales de construcción.

Camino interno SEE: Una vez realizada la plataforma y las cimentaciones se procede a la realización de los caminos, los cuales siguen el mismo procedimiento constructivo de los caminos de acceso e internos del parque, con la diferencia de que la subrasante ya no es el terreno natural sino será la propia plataforma.

Por tanto, la estructura de los caminos internos se realizará una vez validada la plataforma, se tenderán de manera similar la subbase y base; los materiales empleados en este par de capas se ingresarán al proyecto y serán provenientes de bancos de material cercanos, respetando compactaciones y capacidad de carga.

[xii] Transformador de corriente

[xiii] Transformador de potencial

[xiv] Aparta-rayos

Los materiales utilizados en ambas capas deberán ser compactados utilizando un rodillo liso y revisado con regularidad para corroborar que la ejecución se realice correctamente.

Es importante señalar que en todo momento se debe regar agua sobre los caminos, con la finalidad de evitar liberación de polvo y tierra suelta debido al tránsito de vehículos y ventosas, así como la colocación de base y subbase tan pronto como sea posible.

Una parte importante para el correcto funcionamiento y la continuidad de la vida útil de los caminos es la construcción del drenaje, la cual deberá realizarse alrededor de la zona de equipos principales.

Finalmente, para la última capa del camino, en el caso de utilizar asfalto, se deberá aplicar a la superficie un tratamiento con material petrolizado por medio de un equipo diseñado para este trabajo, conocido como riego de impregnación, el cual no deberá ejecutarse si está lloviendo o si la temperatura ambiente está por debajo de -5° C, tampoco si hay demasiado viento pues, en cualquiera de estas situaciones la impregnación no será uniforme. El riego de impregnación debe penetrar hasta 4 mm dentro de la base para considerarse uniforme y funcional. Una vez realizada la impregnación no puede haber circulación ya que la capa de material que los vehículos puedan dejar también provocará perdida de adherencia.

El tendido de la mezcla asfáltica podrá ser directamente utilizando un camión, nivelando y compactando con un rodillo liso hasta alcanzar los valores establecidos por la ingeniería. Finalmente se aplicará un nuevo riego de sello para mejores niveles de permeabilidad.

Armado de estructuras en áreas de oficinas y edificaciones: El armado de estructuras se realiza de manera modular pues una vez alcanzada la resistencia del concreto en las cimentaciones, cada uno de los módulos de las estructuras se colocará con grúa. Cada uno de los tramos deberá ser verificado con equipo topográfico con el fin de garantizar la verticalidad del elemento y evitar sobre esfuerzos.

Una vez teniendo armadas las partes verticales de las estructuras, se procederá a la instalación de los travesaños horizontales los cuales se armarán en el suelo y se elevarán con grúa para ser montadas sobre las partes verticales que servirán de apoyo; además, personal capacitado deberá instalar la tornillería de fijación adecuada.

Tendidos de cableado y conexionado: En el caso del cableado del patio al cuarto eléctrico, primero se verificará que todas las canalizaciones estén correctamente soportadas y limpias, el cable no puede arrastrarse para evitar dañarlo por lo que deberá ser cargado o se colocará algún elemento de lona o cartón que brinde protección.

Los cables serán guiados por las canalizaciones por lo que deberá verificarse que los ductos no tengan ningún borde que pueda dañar el cable; una vez que estos salen en el extremo al interior del cuarto eléctrico este se sujetará a las charolas con cinchos y abrazaderas estos deberán ordenarse de tal modo que los de mayor calibre queden en la parte inferior y los dos de menor calibre en la parte superior.

Para la conexión, los elementos como zapatas no deberán ser forzados ni modificados y el personal deberá estar capacitado para realizar las maniobras de estos aditamentos. Todos los cables deberán ser etiquetados para su identificación.

En el caso del tendido del cableado correspondiente bus (transformador-marco de la LT), deberá verificarse que las estructuras estén correctamente montadas. Los aisladores y el cable serán subidos a través de un sistema de poleas y en ningún momento se dejará arrastrar, o bien, se protegerán las superficies con las que este tenga contacto. El cable se tensará y fijará una vez que se ha alcanzado la tensión y flecha[XV] de diseño.

[xv] Distancia del punto más bajo de la catenaria del cable al nivel de piso.

Línea de transmisión: Se localizará el área destinada para la construcción y los puntos de partida y bancos de nivel utilizados para el diseño de la ingeniería. Dicha área y puntos se marcarán con mojoneras de concreto que servirán como punto de control y referencia durante la ejecución de todo el proyecto.

Se realizarán todos los trazos y nivelación que se requieren, los puntos serán marcados con cal o estacas dependiendo de las condiciones del sitio. Se delimitarán terracerías, excavaciones, despalmes, etc.

Se realizarán los procedimientos de desmonte y despalme en el área de ocupación y maniobras de la torre.

La excavación por medios mecánicos se realizará extrayendo el material de la zona delimitada y en caso de requerirse la holgura de la excavación, al finalizar la excavación se verificará que esté libre de material orgánico.

Se habilitará el acero de refuerzo de las cimentaciones, durante estos trabajos deberán verificarse los requisitos de tensión, corrugación y doblado, así como las solicitaciones de la ingeniería en cuanto a empalmes, distancias y recubrimiento.

Antes de colocarse la mezcla de concreto deberá verificarse que el acero de refuerzo este colocado correctamente y que la cimbra esté preparada; es importante recordar que los agregados deberán cumplir con las especificaciones de resistencia medidas en laboratorio. La colocación puede ser directa por gravedad o bombeado según las condiciones de acceso al sitio, por lo que dependerá de cada punto cual será el medio por el cual se suministrará. En todos los casos, el concreto debe ser sacudido o “vibrar” para evitar burbujas de aire en el bloque.

Para el montaje de torres se considerará lo siguiente:

- Recorrido y reconocimiento de los sitios de montaje para ultimar detalles de los métodos a emplear.
- Limpieza de los espacios a utilizar, trazo y nivelación.
- Revisión de la documentación para el montaje.
- Montaje preliminar, evitando cualquier material que pueda contaminar las piezas que deberán conectarse de acuerdo con lo previsto en el diseño para evitar sobre esfuerzos.
- Colocación de la estructura.
- Inmovilización de las tuercas contra vibraciones.

El tendido del cable tendrá como operaciones previas la corroboración de la distribución de espacios, la revisión de planos, tablas de flechas y tensiones, planos de vestido, y cronograma y, la revisión del lote de materiales, de su estado físico, poleas y herramientas que se utilizarán para su realización.

El tendido del cable se realiza bajo tensión mecánica controlada, el equipo utilizado deberá poder jalar y frenar el cable, y mantener una comunicación vía radio entre sí. Cuando se tengan cruces con vías de comunicación (líneas de distribución y transmisión), se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar caídas del cable sobre el medio que se está cruzando para prevenir accidentes.

Personal: en las etapas de preparación del sitio y construcción se estima la contratación de más de mil empleados; la contratación se realizará de acuerdo con la dotación de personal disponible dentro del estado de Hidalgo, dándoles prioridad a los eventuales trabajadores que residen en los municipios de Epazoyucan y Singuilucan o localidades aledañas, a quienes se les transportará diariamente al sitio y a sus hogares. No se contempla la instalación de campamentos

provisionales para la pernocta de trabajadores, pero sí se les dispondrán sanitarios portátiles, considerando un sanitario por cada 20 trabajadores.

Durante la operación y el mantenimiento el flujo de personas será menor debido a la automatización de los sistemas; al respecto se estiman seis personas por turno, esto es doce personas al día.

Durante la operación y el mantenimiento, el personal encargado podrá alojarse en sitios cercanos al polígono o en un campamento de obra dentro del mismo sitio en la parte destinada a las instalaciones permanentes. Durante esta misma etapa se considerará un comedor, ya que los trabajadores fijos no estarán todo el tiempo en el proyecto y podrán tomar sus alimentos fuera del polígono; sin embargo, se contará con una cocineta para que, en su caso, puedan resguardar, preparar y tomar dichos alimentos en el sitio (tabla II.12)

Tabla II. 12 Distribución aproximada del Personal

Requerimientos de personal por etapa del Proyecto (1)				
Preparación y construcción del sitio				
Especialidad / actividad	**Empleados / bloques**	**Máximo número de empleos**	**Tipo de empleo (2)**	**Origen (3)**
Dirección de obra	4	24	Temporal	Nacional
Electricistas	98	325	Temporal	Nacional / local
Mecánicos	65	487	Temporal	Nacional / local
Encargados de obra	2	16	Temporal	Nacional / local
Albañiles	15	112	Temporal	Local
Ayudantes de construcción	6.5	130	Temporal	Local
Conductores	9	83	Temporal	Nacional / local
Operadores de equipos	29	121	Temporal	Nacional / local
Subtotal de empleos		**1,298**		
Operación y mantenimiento				
Personal de vigilancia	2	2	Fijo	Local
Supervisores de Operación	2	2	Fijo	Nacional / local
Gestor social	1	1	Fijo	Nacional / local
Mantenimiento preventivo	4	4	Fijo	Nacional / local
Empleos diversos	14	14	Temporal	Nacional / local
Subtotal de empleos		**23**		
Desmantelamiento				
Electricistas	30	30	Temporal	Nacional / local
Mecánicos	125	125	Temporal	Nacional / local
Maestro de obra	10	10	Temporal	Nacional / local
Albañiles	2	2	Temporal	Local
Ayudantes construcción de	5	5	Temporal	Local
Conductores	15	15	Temporal	Nacional / local

Requerimientos de personal por etapa del Proyecto (1)				
Subtotal de empleos		**187**		
(1) La información es preliminar ya que podrá variar en la medida de los requerimientos y necesidades del proyecto.				
(2) El empleo temporal en la etapa de preparación y construcción comprende 20 meses.				
(3) Con la finalidad de beneficiar con el empleo a personas que vivan en el área de influencia del proyecto, sobre todo aquellas que habitan la zona.				
(4) El empleo temporal en la etapa de operación y mantenimiento tiene un lapso indefinido, el empleo fijo puede durar 30 años.				
(5) El empleo temporal en la etapa de desmantelamiento podrá ser hasta por 12 meses.				

Durante la operación del proyecto, será necesario asegurar el abastecimiento de agua, tanto para su uso sanitario por parte del personal o para la generación de mezclas con materiales de construcción; para riego y para limpiar el polvo acumulado en los paneles solares.

El uso de maquinaria, vehículos y equipo durante las actividades de construcción será de aproximadamente 90 unidades (tabla II.13). La operación de la maquinaria ocupará un tiempo aproximado de 10 horas por unidad. Por lo que se refiere a vehículos (camiones de carga, camiones cisterna, etc.) a utilizare en los diferentes frentes de trabajo en la temporada de preparación del sitio y construcción será de más de 520 unidades a lo largo de los dos años de operaciones de esta etapa (tabla II.14 y tabla II.15):

Tabla II. 13 Estimación de la maquinaria a utilizar para la ejecución del proyecto

Maquinaria por utilizar durante la Preparación del sitio y la construcción			
Concepto	Total	Concepto	Total
Hincadoras hidráulicas	9	Vibradores	8
Grúas	2	Tractores sobre llantas / orugas	4
Retroexcavadoras	6	Manipuladores telescópicos	8
Traccionadoras	4	Tractores con remolque	8
Plantas soldadoras	4	Cargadoras de cuatro ruedas directrices	10
Cortadores manuales	8	Moto conformadoras	3
Compresores de aire 250 psi	8	Desbrozadora industrial	8

Tabla II. 14 Estimación de camiones de transporte a utilizar para la ejecución del proyecto

Camiones para utilizar a lo largo de la etapa de la preparación del sitio y la construcción			
Concepto	**Total**	**N.º de semanas**	**N.º de camiones**
Camiones de transporte de equipo y maquinaria	10	3	20
Camiones de carga pesada	40	12	83
Camiones de transporte desbroce	55	8	180
Camiones de carga ligera	28	28	56
Camiones de transporte de módulos	60	20	60
Camiones pipa de agua (potable, cruda y/o tratada)	72	48	6
Camiones de transporte de concreto	158	28	23
Camiones de transporte de maquinaria	49	6	25
Subestación Elevadora			

Camiones para utilizar a lo largo de la etapa de la preparación del sitio y la construcción			
Concepto	**Total**	**N.º de semanas**	**N.º de camiones**
Camiones de carga pesada	20	8	10
Camiones de transporte de estructura	6	6	4
Camiones de transporte de cableado y varios	24	12	8
Camiones de transporte de equipos generales	30	12	10
Camiones de transporte de equipos principales	12	12	4
Camiones de transporte de concreto	24	16	6
Caminos internos			
Camiones de carga pesada	20	8	10
Camiones de carga ligera	20	8	10
Camiones de material subrasante	20	8	10
Camiones de material subbase	40	10	13
Camiones de material base	48	12	16

Tabla II. 15 Estimación de combustible a utilizar por etapas del proyecto

Requerimiento de combustible, Aceite lubricante y energía por etapas del proyecto		
Preparación del sitio y construcción		
Consumo	**Origen**	**Cantidad**
Electricidad para maquinaria y equipo	La energía eléctrica requerida se contratará a proveedor local.	Un generador de 50 kW de potencia de 45 horas semanalmente; y cinco generadores de 20 kW de potencia de 45 horas semanalmente.
Aceite lubricante para camiones	Proveedores especializados en aceite lubricante para este tipo de transporte	Total, de 4, 066 para un mantenimiento cada 6 meses para camiones de carga ligera (394 unidades), camiones pipa de agua (72 unidades), camiones de transporte de concreto (58 unidades).
Operación y mantenimiento		
Consumo	**Origen**	**Cantidad**
Gasolina y diésel para vehículos y maquinaria	Se adquirirá de las gasolineras más cercanas a las áreas de trabajo, realizando la carga directa a los vehículos para evitar el almacenamiento.	Indefinida
Electricidad para maquinaria y equipo	Autoabastecimiento	Indefinida

D. Etapa de pruebas y puesta en marcha

Concluida la etapa de preparación del sitio y construcción, se desarrolla un período de pruebas y puesta en marcha e, inmediatamente después la etapa de operación después de que se realice la interconexión a la red nacional de transmisión. Para la transición de una fase a otra se considerará un periodo de transferencia de información, puesta en marcha y finalmente la cesión completa.

Después que el equipo de supervisión de construcción termine con las pruebas preoperativas de todos los equipos de forma individual, este último pasa a ser responsabilidad del personal de la fase de puesta en marcha, el cual será el encargado de realizar la integración funcional de todo el equipamiento de las obras. Este equipo realizará incluso las pruebas con el punto de

interconexión y el operador de la red, de tal modo que se prueben y simulen las condiciones de operación más críticas que se pudieran presentar. Se precisarán los lineamientos de operación del parque establecidos para que el personal de operación sea capaz de actuar responsablemente.

De igual manera que el cronograma de actividades del Proyecto, es necesario seguir la planificación previamente diseñada para poder dar el mantenimiento adecuado al parque, con el fin de preservar y mantener óptima la funcionalidad del proyecto.

Posteriormente, durante la etapa de operación del parque inicialmente se considerarán dos técnicos que laborarán físicamente durante dos turnos distintos ubicados en la Central fotovoltaica, ya que las labores de operación, monitorización y vigilancia se harán de manera automática y el monitoreo se realizará de manera remota, sin embargo, en todo momento habrá personal realizando otro tipo de trabajos y que deberá estar al pendiente ante cualquier problema que pudiera surgir.

Desde el sistema de control automatizado del parque se recibirán las señales en tiempo real de generación del parque, estado de los paneles y *trackers*, así como de las señales eléctricas de la subestación. Estas serán enviadas al control remoto que para este fin se destine, el cual contará con un monitoreo 24 horas al día y será capaz de detectar cualquier evento que se presente. Como se ha mencionado, habrá personal dedicado a otras labores el cual deberá ser capacitado en las medidas básicas de emergencias de la operación.

Adicionalmente se vigilará el transito al interior del parque a través de un sistema contra intrusos con el cual se podrá verificar si alguna persona ajena al sitio ingresa y las emergencias de seguridad que esto pudiera generar.

E. Mantenimiento

Las actividades referidas al mantenimiento del proyecto serán de importancia sustantiva ya que, el mantenimiento eficaz y eficiente asegurará una amplia vida útil del proyecto, y reducirá los costos de remediaciones o reparaciones derivadas de la desatención de los componentes.

Debido a lo anterior, la promovente ha diseñado un programa de mantenimiento que habrá de operar en siete diferentes momentos.

El mantenimiento se clasifica según el tipo de actividades que se vayan a realizar; las variantes al respecto serán:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Actividades de mantenimiento extraordinario.

A continuación, se detalla cada una de ellas.

Mantenimiento preventivo

Comprende aquellas actuaciones e inspecciones cuyo objetivo es evitar y detectar posibles fallas en los equipos que puedan traducirse en un posterior evento que implique actuaciones correctivas. Este tipo de mantenimiento debe plantearse en intervalos regulares y conforme a los requisitos estipulados por los distintos suministradores de equipos, así como por la normativa aplicable. Se dispondrá de un programa de mantenimiento plasmado en un documento base que será utilizado por parte del operador en las labores de operación y mantenimiento (tabla II.16), (tabla II.17) y (Tabla II.18).

Tabla II. 16 Programación de operaciones de mantenimiento

(Inversores, sistema CCTV, Transformadores de MT, Interruptor de MY y Servicios auxiliares)

Inversores	D	W	M	Q	SA	A	AS
Mensajes de alarmas					X		
Revisión general						X	
Componentes						X	
Limpieza de filtros de aire					X		
Fuente de alimentación					X		
Inspección termográfica						X	
Resistividad						X	
Componentes DC					X		
Sistema CCTV	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Funcionamiento	X						
Inspección visual de equipos					X		
Comprobación del sistema de seguridad						X	
Revisión del sistema de intrusión					X		
Transformadores de MT	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Transformador de potencia					X		
Inspección termográfica					X		
Inspección visual						X	
Resistividad					X		
Interruptor de MT	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Revisión de protecciones						X	
Inspecciones termográficas						X	
Inspección visual						X	
Test de aislamiento						X	
Resistividad de tierras						X	
Inspección del cableado						X	
Revisión de relés						X	
HMI System						X	
Sistema de comunicaciones		X					
Equipos de extinción de incendios			X				
Servicios auxiliares	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Cuadros eléctricos						X	
Cableado						X	

LEYENDA
- D: Diario
- W: Semanal
- M: Mensual
- Q: Trismestral
- SA: Semestral
- A: Anual
- AS: Por petición especial

Tabla II. 17 Programación de operaciones de mantenimiento

(Sistema de monitorización, Sensores, Módulos solares, Trackers, Cajas de *String*)

Mantenimiento Preventivo	P						
Sistema de Monitorización	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Sistema SCADA							X
Sensores	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Status de sensores	X						
Comprobación de medición			X				
Batería de respaldo SCADA							X
Líneas de comunicación							X
Módulos solares	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Inspección visual					X		
Limpieza de la superficie captadora					X		
Decoloración					X		
Parte trasera y caja de conexiones					X		
Sensor de temperatura						X	
Cables del módulo					X		
Cables de series					X		
Tornillería de unión al tracker					X		
Inspección termográfica						X	
Medida de degradación						X	
Medidas curvas IV en sitio						X	
Pruebas de laboratorio							X
Trackers	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Sejución de módulos						X	
Engrase					X		
Pares de apriete						X	
Trackers						X	
Sistema de tierras					X		
Cajas de String	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Integridad						X	
Componentes						X	
Aislamiento de cables string						X	
Continuidad de tierras					X		
Entrada y salida de inversores					X		
Series y paralelos					X		
Inspección termográfica						X	
Sellado de caja					X		

LEYENDA

D: Diario
W: Semanal
M: Mensual
Q: Trismestral
SA: Semestral
A: Anual
AS: Por petición especial

Tabla II. 18 Programación de operaciones de mantenimiento

(Equipos de protección a tierra, Seguridad, Salud y Medio Ambiente, Almacén y Obra civil)

Equipos de protección a tierra	D	W	M	Q	SA	A	AS
Inspección visual					X		
Resistividad a tierra					X		
Soldaduras de tierra					X		
Equipos de protección contra sobretensiones					X		
Seguridad, Salud y Medio ambiente	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Línea de atención	X						
Inspección				X			
Cursos de capacitación							X
Documentación			X				
Otros							X
Almacén	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Inventario			X				
Obra civil	**D**	**W**	**M**	**Q**	**SA**	**A**	**AS**
Eliminación de vegetación					X		
Inspección visual y limpieza del parque					X		
Inspección visual del vallado perimetral					X		
Inspección visual de caminos, drejanes y arquetas					X		

LEYENDA
D: Diario
W: Semanal
M: Mensual
Q: Trismestral

SA: Semestral
A: Anual
AS: Por petición especial

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo incluye todas las técnicas destinadas a pronosticar el fallo de un equipo mediante monitoreo de los sistemas, de tal forma que el componente afectado pueda reemplazarse o repararse de forma planificada antes de que falle, de esta manera, la disponibilidad y el tiempo de vida de los equipos se maximiza.

Los métodos de mantenimiento predictivo más habituales son:

- Inspecciones termográficas.
- Paneles.
- Conexiones de baja tensión y media tensión.
- Seguidores.
- Inversores.
- Transformadores.
- Análisis de curvas I-V de las cuerdas de gravedad (*strings*) de los paneles fotovoltaicos.
- Análisis de parámetros de producción.
- Temperatura.
- Orientaciones.
- Tensión.
- Corrientes.

Mantenimiento correctivo

En caso de que se produzca un fallo o avería, el equipo de mantenimiento realizará las acciones necesarias para corregir la avería y cambiar las piezas defectuosas, de tal modo que el proyecto vuelva a funcionar correctamente en el menor tiempo posible.

Dentro del alcance de los servicios de mantenimiento correctivo podrá incluirse.

- El análisis del fallo, mano de obra y material asociado a la acción correctiva o sustitución del equipo dañado.
- La retirada de los equipos o componentes defectuosos, así como su reacondicionamiento (exceptuando los paneles, los cuáles se reemplazarán por uno nuevo) y puesta en marcha.

- El transporte de los repuestos correspondientes desde el almacén y el montaje de estos.
- El acopio de repuestos idénticos a los utilizados.

A título de ejemplo, las tareas correctivas más usuales son:

- Reemplazo de paneles.
- Reparación o reemplazo de las estructuras de bancadas de paneles.
- Sustitución de cableado DC.
- Reparación o sustitución de elementos de las cajas de control de *string* o conexiones DC.
- Reparación o sustitución de elementos de los inversores fotovoltaicos.
- Sustitución de cables AC.
- Reparación o sustitución de contadores o elementos de medida.
- Reparación de vallado perimetral.
- Pequeñas reparaciones de caminos.

También puede considerarse la sustitución de baterías, bien sea por alcanzar su período de vida útil (ciclos de vida) o por fallas irreparables. La especificación correspondiente deberá derivar del tipo de batería que, en su oportunidad, se seleccione y se apruebe por la autoridad competente en la materia.

Es necesario destacar que la sustitución masiva derivada de un evento no cubierto por garantías o causa de fuerza mayor, no debe considerarse dentro del alcance del mantenimiento correctivo. Tales eventos serán ejecutados a través de actividades de mantenimiento extraordinario como servicios adicionales.

Un rubro importante a considerar en el mantenimiento es el relativo a la limpieza de los paneles solares; su limpieza es crucial por varias razones, especialmente si se busca mantener una alta eficiencia y un buen retorno de inversión. Los puntos más importantes al respecto son:

Eficiencia energética: **e**l polvo, la suciedad, el polen, excrementos de aves y otras partículas pueden acumularse en la superficie de los paneles y bloquear la luz solar; Incluso una ligera capa de suciedad puede reducir la eficiencia de conversión solar entre un 5% y un 30%, dependiendo del tipo de suciedad y la duración de la acumulación.

Rentabilidad del sistema: paneles solares con impurezas acumuladas en la superficies de sus cristales restringen la generación eléctrica, lo cual implica menores ingresos si se trata de un parque con venta de energía o compensación neta. Un sistema sucio puede aumentar el tiempo de retorno de inversión (ROI) del proyecto.

Durabilidad de los equipos: La acumulación prolongada de suciedad puede provocar manchas persistentes o corrosión, lo que afecta la vida útil del panel; Además, la suciedad puede provocar puntos calientes (hot spots) por sombreado parcial, dañando celdas solares de forma permanente.

Mantenimiento predictivo y monitoreo: La limpieza periódica permite detectar visualmente grietas, desconexiones, daños o decoloración en los módulos o en la estructura. También ayuda a identificar si las pérdidas de eficiencia son por suciedad o por problemas técnicos.

Condiciones ambientales específicas: en zonas áridas o semiáridas, como las que pretende ocupar el proyecto, hay más polvo en suspensión, lo que hace que los paneles se ensucien más rápido.

Además, la falta de lluvias frecuentes impide una limpieza natural, por lo que la limpieza manual o mecánica se vuelve aún más importante.

En este sentido el uso de agua para limpiar paneles solares en parques fotovoltaicos es bastante común, especialmente en instalaciones a gran escala. Sin embargo, su empleo depende mucho

de factores como el clima, la disponibilidad de agua, el tipo de suciedad y las restricciones ambientales o económicas del lugar. Se usa agua porque es efectiva, accesible y no abrasiva. Es especialmente útil para remover polvo adherido, lodo o excrementos de aves y, en combinación con cepillos suaves, puede limpiar sin dañar el vidrio de los módulos.

Es común registrar su uso en regiones húmedas o templadas, donde el agua está disponible y no hay escasez; en zonas desérticas o semiáridas el uso de agua es más cuestionado por la escasez y el costo ambiental/económico que implica.

Los problemas del uso de agua para estas faenas derivan principalmente de su origen cuando este se encuentra en zonas con estrés hídrico, lo cual resulta inviable social, ambiental y económicamente. En este sentido el costo de su uso operativo puede ser alto si se requiere transportar o tratar agua y, si se usa agua dura ello puede dejar residuos y afectar los paneles a largo plazo.

Por lo antes expuesto, el promovente ha decidido no utilizar agua en la limpieza de los paneles solares, el limpiado se realizará con algún sistema, de los genéricamente conocidos como "**limpiado en seco"** los cuales son métodos utilizados para remover polvo, arena y otras partículas sin el uso de agua, ideal en zonas áridas o con restricciones hídricas. Se puede realizar de las siguientes maneras:

Métodos de limpieza en seco

1. Cepillos rotativos automatizados

- Se montan en vehículos o robots autónomos.
- Utilizan cerdas suaves y están diseñados para no rayar el vidrio de los paneles.
- Son eficientes para cubrir grandes áreas rápidamente.

2. Robots de limpieza autónomos

- Se desplazan sobre los paneles con ruedas de goma o rieles.
- Usan cepillos o aire comprimido para remover el polvo.
- Pueden programarse para operar en horarios nocturnos o con baja radiación solar.

3. Aire comprimido o sopladores

- Expulsan aire a alta presión para eliminar el polvo.
- Son efectivos en áreas con acumulación ligera de suciedad.
- No requieren contacto con los paneles, reduciendo el riesgo de daños.

4. Paños de microfibra o rodillos electrostáticos

- Se usan en pequeñas instalaciones o para mantenimiento puntual.
- Los rodillos electrostáticos atraen el polvo sin necesidad de fricción.

Consideraciones importantes

- **Frecuencia de limpieza**: Depende del nivel de suciedad y la ubicación (zonas desérticas requieren limpiezas más frecuentes).
- **Evitar rayones**: Usar materiales adecuados para no dañar la capa protectora del vidrio.
- **Condiciones climáticas**: Evitar la limpieza durante altas temperaturas para prevenir microfracturas por choque térmico.

- **Automatización**: En parques fotovoltaicos grandes, los robots y cepillos mecanizados son la opción más eficiente.

La frecuencia ideal de la limpieza depende de varios factores: el clima, los tipos de suciedad, la inclinación de los paneles, la presencia/ausencia de lluvias, entre otros. Pero, en general: en zonas áridas/semiáridas, como la que se pretende ocupar para la instalación del proyecto: cada 2 a 4 semanas, especialmente en temporadas secas o con mucho viento.

F. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

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

Por tal motivo, hoy en día el desmantelamiento completo no se considera como parte de los planes del proyecto lo que también significa que la etapa de abandono de las instalaciones es considerada como una decisión de muy baja probabilidad que sin embargo, su eventual ocurrencia se asume para prevenir sus consecuencias. En caso de abandono, la disposición de los componentes y materiales será conforme a la normativa nacional aplicable vigente. Sin embargo, en caso de que ocurriera el abandono, básicamente las instalaciones serían desmanteladas en su totalidad implementando un plan a gran escala en cuanto a componentes para reciclaje y componentes no aprovechables; al respecto en esta MIA-R se presentan los lineamientos de un “Programa de abandono y desmantelamiento” cuyo escenario de ocurrencia podría ser posterior transcurridos los 30 años previstos para la operación.

El desmantelamiento será principalmente manual, iniciando con los módulos, que serán transportados a zonas de desechos industriales o bien, en caso de que la tecnología lo permita, se enviarán a centros de reciclaje. Todos los otros componentes metálicos se desensamblarán y serán dispuestos con base en el plan de residuos. Los componentes de electrónica se enviarán a tiraderos autorizados y destinados para este tipo de desechos o bien, serán reciclados si la tecnología lo permite.

La degradación que se registrará en el espacio ocupado por la infraestructura del parque fotovoltaico será prevenida desde las etapas de construcción y operación del proyecto, asumiendo medidas de adecuada utilización del espacio y óptimo desarrollo de actividades, evitando la compactación innecesaria del suelo, el desmonte excesivo y la penetración de jornaleros y trabajadores con vehículos a espacios que no serán ocupados por infraestructura.

Si bien el espacio que ocupará el desarrollo del parque fotovoltaico se encuentra sumamente alterado por el trabajo sostenido de faenas agrícolas de temporal, con la remoción de la mayor parte de vegetación natural y la escarificación cíclica de los suelos, alternado con periodos de abandono de los cultivos, lo cual es un modelo caracterizado por la adaptación a las condiciones de escasez e irregularidad de las lluvias, a la mala calidad agrológica de los suelos y de las temperaturas extremas, particularmente en las estaciones frías y, a los fuertes y frecuentes vientos; pero al mismo tiempo de una insolación que aporta gran cantidad de energía que inciden en el desarrollo de los cultivos agrícolas.

El tratamiento de estos espacios deberá combinar acciones preventivas y curativas: las primeras se sustentarán en un enfoque, principalmente de ordenación territorial derivada de las orientaciones que al respecto define el programa de ordenamiento ecológico para la UGA en la cual pretende establecerse el proyecto, cuya aplicación evidente incidirá en las áreas en las cuales el trabajo agrícola no las ha alterado o apenas está en proceso de expansión y mantienen una cobertura propia de un proceso de sucesión de vegetación natural (matorral o bosque de

táscate), pero también en aquellas zonas ya alteradas y ocupadas por la infraestructura del proyecto, las cuales, al ser desmontada será sometida a procesos sistemáticos de descompactación del terreno, mejoramiento de suelos mediante el uso de material de composteo o de excretas de ganado que puedan ser adquiridas en el Estado de Hidalgo; el objetivo será el de revertir el proceso de deterioro hacia un estado de desarrollo y revegetación natural que aproveche la capacidad de dispersión de las semillas de herbáceas, arbustos y árboles que permanezcan en las inmediaciones de estos espacios.

En relación a lo anterior, es importante considerar en este escenario de restauración, la agricultura que se desarrolla en la zona, ha creado agro ecosistemas importantes para las comunidades que habitan estos espacios del estado de Hidalgo, particularmente por lo que se refiere a los agaves y a las opuntias. El agricultor de las comunidades vecinas, domina las técnicas de aprovechamiento de recursos y condiciones ambientales que la capacitan para las operaciones futuras de restauración y preservación; los cultivos tradicionales desarrollados en estos terrenos, adaptados desde hace décadas a las circunstancias ambientales que prevalecen en la zona, a su diversidad y variación a lo largo del año, permiten el establecimiento de paisajes dinámicos, de valor estético y coincidentes con el entorno circundante, todo ello con labores de mantenimiento muy simples. Esa tendencia, en su momento, será explorada para considerarlo dentro de las estrategias a desarrollar para lograr una restauración integral.

Dado que en un lapso mínimo de treinta años, que, en esta MIA-R es considerado como el tiempo de la vida útil del proyecto, la fase curativa podrá ser definida a partir de la valoración previa de ecosistemas aledaños, de los procesos agro ecológicos que se estén desarrollando en las inmediaciones de los terrenos liberados por el desmantelamiento de la infraestructura del proyecto, todo lo cual habrá de realizarse con una anticipación mínima de dos o tres años de manera que los resultados que se obtengan permitan diseñar estrategias de restauración ambiental y económicamente viables.

II.1.8 Residuos

Durante las actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento del proyecto se generarán residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y posiblemente residuos peligrosos; estos se manejarán de acuerdo con las resoluciones ambientales que se emitan y de acuerdo con la legislación correspondiente, siguiendo siempre las buenas prácticas en protección del medio ambiente, todo lo cual se integrará en un Programa de Manejo Integral de Residuos, mismos que a su vez será parte del PVA el cual se presenta como anexo del Capítulo VI de esta MIAR.

Gestión de residuos: Este es el proceso en el que intervienen diferentes actividades, todas necesarias, para poner a disposición los residuos generados.

Las principales fases de la gestión de residuos son:

- **Recuperar y recoger los residuos:** para ello, se utilizarán depósitos en los que se deben clasificar los residuos siguiendo el sistema de gestión integral de residuos en México, respetando la diferente iconografía y los colores utilizados para su catalogación.
- **Trasporte de residuos:** en esta fase se transportarán los residuos utilizando camiones, llevándolos a plantas de clasificación, tratamiento o incluso de reciclaje, dependiendo del tipo material que se está desechando.
- **Tratamiento de residuos:** en esta última fase de la gestión, los residuos sufren diferentes tratamientos dependiendo de su origen usando diferentes técnicas.

Tipo de residuos y su gestión: La clasificación de los residuos la define la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) que se basa, principalmente, en el

origen de estos. Así, dependiendo del origen de los residuos, de manera general se pueden clasificar en:

Residuos Sólidos Urbanos (RSU): son aquellos que se generan en habitaciones (cocinas, recamaras, sanitarios, comedores, etc.), como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en actividades domésticas, de los productos que se consumen y de sus envases, embalajes o empaques. También serán considerados como RSU aquellos que pudieran provenir de cualquier otra actividad dentro del parque fotovoltaico y que pudieran ser considerados como residuos domiciliarios, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como residuos de otra índole.

La política de la empresa promovente, en materia de la generación de residuos implica adoptar estrategias de minimización sostenida y reúso y/o reciclaje de los mismos.

La gestión de estos residuos se hace ante las autoridades municipales para utilizar como sitios de disposición final a los confinamientos o rellenos sanitarios administrados por dichas autoridades; el cumplimiento de la normatividad correspondiente se detalla en el capítulo III de esta MIAR.

Residuos de Manejo Especial (RME): son aquellos que se podrán generar en los procesos productivos, que no tienen características para ser considerados como residuos peligrosos o como residuos sólidos urbanos. Por ejemplo: escombro limpio, (ladrillos, hormigón endurecido, restos de hormigón, vidrio, cualquier tipo de tierra o canto (tierra producto de excavaciones en grandes cantidades), escombros de demolición, metales, como armaduras de acero y restos de estructuras metálicas, perfiles para montar el cartón – yeso; madera, restos de corte, restos de encofrado, pallets, etc.). Papel y cartón (sacos de cemento, de yeso, de arena y de cal, cajas de cartón, etc.). Plástico (lonas o cintas de protección no reutilizables, conductos y canalizaciones, marcos de ventanas, etc.). Otros, como cartón-yeso y vidrio.

La política de la empresa promovente, en materia de la generación de RME considera adoptar una estrategia de reúso y/o reciclaje de los mismos y su gestión se realizará con las autoridades municipales, quienes son los entes que tienen atribuciones respecto al manejo de este tipo de materiales. el cumplimiento de la normatividad correspondiente se detalla en el capítulo III de esta MIAR.

Residuos peligrosos (RP): son aquellos que poseen algunas de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad (características CRETIB), o que contengan agentes infecciosos que les confiera peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que dispone la LGPGIR. Por ejemplo: aceites gastados usados en la lubricación de motores, gasas y recipientes impregnados de aceites; hidrocarburos de cualquier tipo, pinturas, solventes, insecticidas o envases que contuvieron insecticidas, etc.

La política de la empresa promovente, en materia de la generación de RP considera ajustar todas las operaciones referentes a su recolección, almacenamiento temporal, manejo y control, transporte y confinamiento final (disposición final), a lo que dispone al respecto la LGPGIR, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Un rubro que hará de requerir atención especial ser el del reemplazo de baterías usadas ya que os diversos tipos disponibles actualmente generan, al desecharse, algunos de sus componentes constituyen materiales peligrosos, debido a su composición química, en cuyo caso deberán ser tratados como residuos peligrosos. Los tipos específicos de residuos dependen del tipo de batería empleada, aunque los más comunes en instalaciones solares son las siguientes:

Baterías de plomo-ácido

- Residuos generados:
  - Plomo metálico (altamente tóxico).
  - Ácido sulfúrico (corrosivo y peligroso para la salud).
  - Plásticos (de la carcasa, pueden contener aditivos tóxicos).
- Clasificación**:** Residuos peligrosos (por toxicidad, corrosividad y reactividad).

Baterías de ion-litio (Li-ion)

- **Residuos generados:**
  - Litio, cobalto, níquel y manganeso (metales que pueden ser tóxicos o inflamables).
  - Electrolitos inflamables.
  - Materiales plásticos y compuestos orgánicos volátiles (COVs).
- **Clasificación:** Residuos peligrosos (por inflamabilidad, toxicidad y posibilidad de reacciones exotérmicas).

Baterías de flujo redox (menos comunes, pero usadas en almacenamiento a gran escala)

- **Residuos generados:**
  - Electrolitos líquidos (vanadio o zinc-bromo).
  - Componentes plásticos y electrónicos.
- **Clasificación:** Peligrosos si hay fugas de electrolitos; algunos componentes pueden ser reciclables.

La gestión de estos residuos se desarrollará tomando como base las disposiciones legales y normativas aplicables a nivel federal y estatal (Capítulo III y Capítulo VI de esta MIAR) y, dentro de los rubros sustantivos se deberá considerar su almacenamiento temporal, el traslado y transporte y el destino final (reciclaje y/o la disposición final controlada).

Los residuos que podrían generarse durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, así como la metodología de manejo propuesta se relacionan en la tabla II.19.

Tabla II. 19 Estimación de residuos generados por actividad a realizar en cada etapa del proyecto

Etapa	Actividades	Residuos que potencialmente pueden ser generados
Preparación del sitio	・Remoción de vegetación (desmonte y despalme). ・Trazo y nivelación para el desplante del proyecto, corte y relleno de terreno. ・Apertura de zanjas para canalización de cableado.	- Residuos provenientes del desmonte y despalme. - Productos de excavación. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales.
Construcción	・Colocación de los fustes que soportarán los paneles fotovoltaicos o solares. ・Habilitación de los viales principales e internos. ・Cimentación y montaje de los cuadros eléctricos y los inversores centralizados. ・Construcción de las zanjas y arquetas, la subestación Elevadora . ・Colocación del vallado perimetral y el sistema de alumbrado y seguridad del parque. ・Cimentación y montaje de las torres de auto soporte que conformarán la línea de transmisión y habilitación de su derecho de vía.	- Residuos de cemento. - Restos de acero de refuerzo. - Alambre recocido. - Madera para cimbra. - Empaques de cartón. - Empaques de madera. - Cemento. - Recipientes de plástico. - Restos de cables eléctricos. - Envases de pintura. - Estopas impregnadas de aceite. - Colillas de soldadura. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales. - Aceites usados.

Etapa	Actividades	Residuos que potencialmente pueden ser generados
		- Aceite quemado. - Aerosoles vacíos. - Envases con restos de solventes y pinturas. - Baterías usadas. - Paneles solares dañados. - Sólidos contaminados con hidrocarburos. - Tierra contaminada con hidrocarburos.
Operación y mantenimiento	· Mantenimiento de los centros de transformación. · Reemplazo de paneles solares dañados. · Reemplazo de baterías. · Limpieza de los paneles solares. · Desbroce de vegetación.	- Paneles solares dañados. - Equipos descompuestos en cuyo contenido hay materiales peligrosos (residuos peligrosos). - Agua con tierra. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales.
Desmantelamiento	· Desmantelamiento de módulos: retiro de cableado subterráneo, desmontaje de subestación Elevadora, línea de transmisión, desinstalación del transformador principal, de inversores, equipos de medición, equipo de control y comunicaciones entre otros. · Retiro de baterías. · Retiro de equipo y materiales en su totalidad como soportes y estructuras (bastidores). · Demolición de cimentaciones y edificaciones (área de operación, almacenes, oficinas administrativas etc.). · Limpieza y retiro del material de demolición. · Limpieza y retiro de residuos sólidos no peligrosos y de residuos peligrosos. · Acciones de rehabilitación, restauración y/o compensación de las superficies intervenidas como descompactación del terreno (suelo), establecimiento de áreas verdes y/o reforestación. · Evaluación de cambios probables en el área como resultado del abandono.	- Chatarra. - Aceites usados. - Filtros de aceite. - Envases con restos de solventes. - Baterías usadas con posibilidad de reúso. - Baterías obsoletas, descompuestos en cuyo contenido hay materiales peligrosos (residuos peligrosos). - - Producto de demolición. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales. - -Paneles solares - -Otras estructuras (postes, cables, herrajes, etc.).

Tomando en cuenta que cada proyecto es único y que, si bien se pueden considerar impactos tipo dependiendo de la naturaleza de los proyectos, en la realidad es que existen variables tan específicas como el sitio mismo y, éstas interfieren con los resultados previstos. En este sentido, si bien es posible determinar, en términos generales, los tipos de residuos que se obtendrán, las cantidades que se incluyen solo son de referencia y fueron las reportadas durante 18 meses (incluyendo la etapa crítica de construcción), en un proyecto de la misma naturaleza (tabla II.20).

Tabla II. 20 Estimación promedio mensual de la generación de residuos durante un período de 18 meses

TIPO DE RESIDUO[1/]	(kg)
RSU	500.00
RP's	180.50[2/]
RME'S:	
Cartón	2,200.00
Plástico	1,353.90
PET	40.0'0
Madera	5,000.00
Acero	2,000.00
1/ Estimación basada en datos de un proyecto similar. 2/ En esta estimación no se considera el volumen potencial de residuos que pudieran derivar del reemplazo de baterías ya que su volumen depende del	

TIPO DE RESIDUO[1/]	(kg)
tipo de sistema a emplear ya que, por ejemplo tan solo en sistemas de flujo redox de vanadio el diferencial puede ir desde cinco mil kg/año hasta arriba de los diez mil y, en sistemas de flujo redox de zinc – bromo puede ir desde 240 Kg/año (por módulo) hasta tantos módulos al año cuanto sea necesario (en el capítulo Vi se hace una proyección al respecto)..	

Con la finalidad de determinar el volumen de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos (RP) y PET que se podrían generar por el desarrollo del proyecto se requiere conocer una serie de variables, como el número real total de trabajadores, información que en este momento no es posible determinar, ya que, durante el desarrollo del proyecto, los requerimientos son variables dependiendo de las necesidades particulares del sitio. En este sentido, se consideran valores promedio mensuales determinados a partir de los reportes generados en cuatro proyectos de la misma naturaleza.

En la eventualidad que la generación de RP sea de 200 kg mensuales (± 10%) lo que representaría una generación anual potencial de al menos 2,640 kg/año, lo que obligará al promovente a la contrata correspondiente, supervisada por el promovente a gestionar su alta como generador de RP ante la SEMARNAT y, consecuentemente seguir los procedimientos que establece la LGPGIR en la materia.

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se deberán ejecutar las actividades consideradas en el **Programa de manejo integral de residuos (Capítulo VI de la MIA-R)**, **en el mismo se encuentran los lineamientos para su manejo, almacenamiento y disposición final** en las diferentes etapas del proyecto en completo apego a la normatividad ambiental aplicable y vigente.

II.1.9 Generación de gases efecto invernadero.

La construcción de un parque fotovoltaico puede generar gases de efecto invernadero (GEI) en varias etapas del proceso de producción de sus partes, de su construcción y de su operación, a pesar de que la operación del parque en sí no emite estos gases.

La producción de materiales y equipos como paneles solares, inversores, entre otros: la producción de los paneles solares y otros componentes requiere una cantidad significativa de energía, la cual generalmente proviene de fuentes no renovables, como el carbón o el gas natural. La extracción y el procesamiento de materiales como el silicio, cobre, aluminio, y vidrio, necesarios para fabricar los paneles y otros equipos, también genera emisiones debido al uso de maquinaria pesada y procesos industriales que consumen combustibles fósiles; todo esto contribuye a las emisiones de CO_2 y otros GEI, y ello es atribuible exclusivamente a los fabricantes de dichos materiales, impidiendo a la promovente del proyecto intervenir en la prevención o minimización de tales efectos, por lo que en último caso, podrían considerarse como impactos residuales.

En el transporte de materiales y equipos: mover los materiales y equipos desde las fábricas hasta el sitio de construcción del parque fotovoltaico genera emisiones, especialmente si se utilizan camiones, barcos o aviones que funcionan con combustibles fósiles y ello también es atribuible exclusivamente a los fabricantes y transportistas de dichos materiales, impidiendo a la promovente del proyecto intervenir en la prevención o minimización de tales efectos, por lo que en último caso, podrían considerarse como impactos residuales.

Construcción: la construcción del parque, que incluye la preparación del terreno, la instalación de los paneles, y la construcción de infraestructuras auxiliares (como caminos internos y sistemas eléctricos), generalmente involucra el uso de maquinaria pesada (excavadoras, grúas, etc.) que funcionan con diésel o gasolina; en adición pueden registrarse emisiones indirectas: los

trabajadores en el sitio de construcción también generan GEI a través del uso de vehículos, uso de equipos eléctricos (si no proviene de fuentes limpias), y la operación de equipos auxiliares.

Mantenimiento y operación: aunque las emisiones durante la operación de un parque fotovoltaico son mínimas, el mantenimiento regular puede requerir el uso de vehículos y equipos que emiten GEI. Además, si hay reparaciones que implican el reemplazo de componentes, el transporte y fabricación de estos nuevos componentes también genera emisiones.

Como se cita en los párrafos precedentes, a lo largo de todo el ciclo de vida de un parque fotovoltaico, desde la extracción de materias primas hasta su desmantelamiento, hay emisiones asociadas, aunque en comparación con las fuentes de energía fósil, estas son significativamente menores.

A. Generación gases efecto invernadero (H_20, CO_2, CH_4, N_2O, CFC, O_3, entre otros): a lo largo de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán emisiones a la atmosfera, principalmente emisiones de ruido y gases de combustión, esto debido al uso de maquinaria, equipos y circulación de vehículos dentro del proyecto. Se tiene calculado un estimado de 235,940 litros de consumo de combustible y 8,520 litros de consumo de aceite.

Se ha estimado que las principales contaminantes provenientes de gases de combustión a generar en el proyecto serán CO_2, COV, NO_X y SO_X, provenientes del uso de vehículos, es por eso que se considera llevar a cabo mantenimiento preventivo con el fin de que cumplan con lo establecido den las normas NOM-045-SEMARNAT-2017[XVI], NOM-041-SEMARNAT-2015[XVII] y NOM-167-SEMARNAT-2017[XVIII] donde se establecen los límites máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, óxidos de nitrógeno, partículas, opacidad de humo provenientes del escape de motores diésel y monóxido de carbono.

Se llevará a cabo el mantenimiento a maquinaria y equipo a utilizar, esto con el fin de minimizar las emisiones de ruido y evitar que rebasen los límites máximos permisibles establecidos en la norma oficial NOM-081-SEMARNAT-1994[XIX] y NOM-004-STPS-2020[XX] y para evitar posibles contaminaciones al suelo, este mantenimiento se realizará en talleres externos al predio.

Se solicitará a las compañías subcontratistas que manejen vehículos y maquinaria de construcción, contar con un programa de mantenimiento preventivo y de verificación de éstos, cumpliendo con la normatividad pertinente a fin de reducir las emisiones.

XVI Norma Oficial Mexicana **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, D.O.F. 8 de marzo de 2018.

XVII Norma Oficial Mexicana **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, D.O.F. 10 de junio de 2015..

XVIII 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, Estado de México, Puebla, Tlaxcala; los métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas. D.O.F. 5 de septiembre de 2017.

XIX Norma Oficial Mexicana **NOM-081-SEMARNAT-1994,** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. D.O.F. 23 de abril de 2003.

XX Norma Oficial Mexicana **NOM-004-STPS-1999,**Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. D.O.F. 31 de mayo de 1999.

B. Determinación de los gases de efecto invernadero: en este apartado se presenta un reporte en el cual se identifican, en primera instancia lo que son los GEI y posteriormente se identifican y describen cada uno de ellos, incluyendo el respectivo cálculo de emisiones por fuente y componente químico.

Se destaca que, como se pondrá en evidencia en los textos subsecuentes, el GEI que podrá ser generado durante las diferentes etapas del proyecto es, principalmente el CO_2 y, conforme es la constante en la generación de GEI proveniente de la combustión de hidrocarburos en automotores, en mucho menor proporción el óxido nitroso (N_2O) y, aún en menor cantidad el CH_4 y ello por las razones que se exponen a continuación.

Antes de avanzar con el desarrollo precitado, se destaca y se confirma que en el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto del parque fotovoltaico las principales fuentes de emisión serán los motores de combustión interna (a gasolina y a diésel) de las maquinas, equipos y de los vehículos que se utilizarán.

Reporte de identificación de los diferentes tipos de GEI

Los gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero[XXI]. En la atmósfera de la tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal[XXII] (PNUMA, 2000)[13], como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Los GEI se clasifican en GEI directos e indirectos.

GEI directos: son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el CO_2, el CH_4, el N_2O y los compuestos halogenados.

GEI indirectos: son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire y en la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono (Benavides Ballesteros, y León A. 2007)[14].

GEI DIRECTOS

Dióxido de carbono (CO_2): el dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes de origen antropogénicas y naturales. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO_2 juega una función principal en un gran número de procesos biológicos. En relación a las actividades humanas el CO_2 se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques; la variación espacial y temporal de la concentración de CO_2 a escala global tiene un comportamiento cíclico (monomodal) durante el año (este comportamiento

[XXI] **Efecto invernadero**: los gases en la atmósfera que absorben la radiación infrarroja procedente de la tierra o radiación saliente, son conocidos como "**gases de efecto invernadero** (GEI)", entre ellos se encuentran el dióxido de carbono, el vapor de agua, el óxido nitroso, el metano y el ozono. Estos gases tienen moléculas cuya frecuencia vibración se localiza en la parte infrarroja del espectro.

[XXII] **Protocolo de Montreal**: El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan el ozono es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que se ha estudiado que reaccionan con el ozono y se cree que son responsables del agotamiento de la capa de ozono. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1º de enero de 1989.

se presenta principalmente en el hemisferio norte, debido a que hay mayor área continental, mientras que, en el hemisferio sur su comportamiento es más suavizado debido a que hay mayor superficie oceánica), presentándose las menores concentraciones hacia la mitad del año (periodo de mayo a agosto) en el hemisferio norte, periodo en el cual, dicha zona se encuentra en la estación de verano, intensificándose el proceso de la fotosíntesis por la vegetación e incrementándose la cantidad de CO_2 absorbido por las plantas. Espacialmente, las mayores concentraciones de CO_2 se presentan en el hemisferio norte, donde se encuentra la totalidad de los países industrializados responsables exclusivos del aumento de la concentración de la mayoría de los gases de GEI que se han ido acumulando en la atmósfera desde la revolución industrial a mediados del siglo XIX.

Los vehículos cuyo movimiento es resultado de la operación de motores de combustión interna (a diésel o a gasolina), para su funcionamiento requieren de una fuente de energía. La energía es procedente de la oxidación del combustible a través del proceso químico de su deflagración, esta es la que utiliza la gran mayoría de vehículos hoy en día y desde su creación, aunque en los últimos años se han desarrollado vehículos impulsados por energía eléctrica. Sin embargo, el mercado de estos apenas está en sus inicios. En la Unión Europea el 25% de las emisiones de CO_2, 87% del monóxido de carbono (CO) y 66% de los óxidos de nitrógeno (NOx), son consecuencia de la combustión de gasolina o diésel (Rey, R.S.C., 2018)[15]l.

Fuente generadora: los vehículos con motor de combustión interna, es decir más del 99% de los que circulan en la actualidad y el 100% de los que circularán en las diversas áreas del proyecto en cualquiera de sus etapas de desarrollo, funcionan básicamente en cuatro tiempos, los cuales son:

1. Admisión: Se da la entrada de aire y la gasolina proveniente de los inyectores produciéndose la mezcla de estos, al bajar el pistón.

2. Compresión: El pistón vuelve a ascender, cerrándose la válvula de admisión y escape, comprimiendo la mezcla de aire y gasolina.

3. Explosión: Una vez el pistón llega al final del ascenso, las bujías producen una chispa que provoca la explosión de la mezcla, causando el aumento de temperatura y presión que empujan el pistón hacia abajo.

4. Escape: En esta última fase la válvula de escape permanece abierta, permitiendo la expulsión de los gases producidos por la combustión de la gasolina y el aire. En esta fase es donde se expulsan los gases residuales del proceso de combustión. El proceso anterior ocurre en muy poco tiempo y se repite cíclicamente. A este ciclo se le conoce como ciclo de Otto que fue el desarrollador del motor de cuatro tiempos en el año

El aire en la atmosfera está compuesto por oxígeno y nitrógeno, este último en mayor porcentaje. Durante el proceso de combustión el oxígeno es consumido, dado que es esencial para que ocurra, mientras que el nitrógeno (N_2) en su mayoría no reacciona durante el proceso, pero existe una pequeña parte que si pasa a transformarse en óxidos de nitrógeno (NO_x). Cabe resaltar que muchos de esos residuos, que pueden a niveles perjudiciales para el humano, se producen cuando la combustión no es completa.

Dentro de los GEI provenientes de la combustión de diésel o de gasolina en automotores, Las estimaciones del cálculo de emisiones por el tipo de combustible en la fuente generadora (motor de combustión interna) determinan que el CO_2 registra la proporción relativa más alta (Herrera, 2019)[16]. (Tabla II.21)

Tabla II. 21 Proporción relativa de cálculo de emisiones GEI en motores de combustión interna

GEI	MOTOR A GASOLINA	MOTOR A DIÉSEL
CO_2	14 %	12 %
H_2O	13 %	11 %
NO_X	1 a 2 %	0.3 %
HC		
CO		
SO_2		
PM		
0_2		10 %
N_2	71 %	67 %

Comparativamente con el CO_2, los NO_X provenientes de la combustión de diésel se generan en proporciones de 13 a 14 veces menos y en motores a gasolina, casi de 12 veces menos.

El dióxido de carbono en los vehículos es generado por la combustión de la gasolina. La combustión es una reacción química que se da entre el combustible y el oxígeno, más la presencia de calor, este es el encargado de mover el motor del automóvil. Esta puede ser completa cuyos productos son dióxido de carbono, oxígeno y vapor de agua; y, en la combustión incompleta, además de producirse dióxido de carbono, vapor de agua y oxígeno, se producen otras sustancias que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente. La reacción de oxidación de la gasolina que tiene lugar durante la combustión completa e incompleta se muestran a continuación en la ecuación 1 y 2, respectivamente:

Combustión completa	Gasolina + O_2 → CO_2 + H_2O + Calor
Combustión incompleta	Gasolina + O_2 → CO + CO_2 + H_2O + Calor

Lo enunciado anteriormente explica cómo se genera el CO_2 en los motores, pero existe otros factores importantes los cual determinara la cantidad de este gas que puede generarse, los cuales concretamente la velocidad y la aceleración del vehículo. Estos dos parámetros determinaran si habrá más o menos consumo de combustible dentro del motor.

De otra parte, los modelos de estimación de consumo de combustible y producción de emisiones por parte de vehículos se basan además de las características técnicas de diferentes tipos de vehículos, como lo es el tamaño y tipo de motor, en la velocidad instantánea y en la aceleración. Estos modelos de estimación de emisiones pueden ser aplicados a condiciones como las que habrán de registrarse en el AeP durante las etapas de su desarrollo y de operación y mantenimiento, por lo que la importancia es: la producción de ácido nítrico y adípico (nylon), tratamiento de aguas residuales y quema de residuos y biomasa.

Óxido nitroso (N_2O): el óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% al incremento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa y la agricultura. El óxido nitroso es inerte en la troposfera. Su principal sumidero es a través de las reacciones fotoquímicas en la estratosfera que afectan la abundancia de ozono estratosférico. La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas y en menor grado por el consumo de combustibles fósiles para generar energía y las emitidas por descomposición de proteínas de aguas residuales domésticas. Las emisiones de óxido nitroso generadas por los suelos agrícolas se deben principalmente al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo, las directas de óxido

nitroso del suelo debido a la producción animal (pastoreo) y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes. Así como el metano, la contribución de la combustión de combustibles a las emisiones globales de N_2O es mínima y la incertidumbre es alta. Se ha determinado que las temperaturas de combustión más bajas (particularmente, por debajo de 1200 K) causan más altas emisiones de N_2O con un máximo de producción ocurrido alrededor de los 1000 K (730°C). Para temperaturas de combustión por debajo de 800°K (530°C) o sobre los 1200 K (930°C) las emisiones son insignificantes. El óxido nitroso es producido por diferentes procesos de reducción catalítica. Las emisiones desde vehículos hasta ahora se están estudiando con detalle y son bajas respecto al total de emisiones antropogénicas y pueden ser relativamente más altas cuando se utilizan controles de emisión (especialmente catalíticos). Otras fuentes de N_2O de menor i

Compuestos halogenados (HC's): si bien, se estima que en ninguna de las etapas de desarrollo de la Central Fotovoltaica la generación de compuesto halogenados será perceptible, ni siquiera a nivel de trazas de los mismos, su consideración como uno más de lo GEI que inciden sobre el problema de calentamiento global resulta interesante.

Los compuestos derivados de los halocarbonos tienen efectos sobre el forzamiento radiativo tanto directo como indirecto. Los clorofluorocarbonos (CFCs), los cuales incluyen el CFC_{11} (CFC_3) y el CFC_12 (CF_2C_l2) son una familia de compuestos que no existen naturalmente en el ambiente. Desde que empezó su fabricación a principios de la década de los 30`s, los CFCs han sido utilizados como gases refrigerantes, como solventes en aplicaciones industriales y en la limpieza en seco y como propulsor en los recipientes de aerosoles. Otros compuestos que contienen cloro incluyen los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), el metil cloroformo y el tetracloruro de carbono, mientras que entre los compuestos que contienen bromo están los halones, el bromuro de metilo y los hidrobromofluorocarbonos ($HBFC_S$). Estos compuestos 40 halogenados son poco reactivos en la troposfera, pero en la estratosfera pierden los átomos de cloro y bromo (a través de procesos fotoquímicos) y posteriormente destruyen catalíticamente el ozono. Estos compuestos también contribuyen al forzamiento del efecto invernadero. La producción de los CFCs ha sido prohibida por el Protocolo de Montreal y sus enmiendas. A pesar de que entre los CFCs y los HCFCs se incluyen gases con altos potenciales de calentamiento global, su forzamiento radiativo neto es reducido debido a que ellos destruyen el ozono estratosférico el cual es un importante GEI. Los Hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF6) no destruyen la capa de ozono y no están cubiertos dentro del Protocolo de Montreal, sin embargo, estos son poderosos GEI. Los HFCs fueron inicialmente usados para reemplazar algunas Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) pero también es emitido como un subproducto en la manufactura del HCFC-22. Los PFCs y el SF6 son emitidos a partir de varios procesos industriales como son: la fundición del aluminio, la fabricación de semiconductores y la transmisión y distribución de energía eléctrica. Los CFC, HCFC, HFC y los perfluorocarbonos (PFC, compuestos que solo tienen átomos de carbono y flúor y están caracterizados por tener una alta estabilidad, baja toxicidad y un Potencial de Agotamiento de Ozono-ODP de cero) son buenos absorbentes de radiación infrarroja, en parte, porque muchos de ellos absorben energía en la región de longitudes de onda donde la energía no es absorbida por el dióxido de carbono ni el vapor de agua, (región denominada como ventana atmosférica.

Metano (CH_4): el metano es un fuerte GEI y desempeña una importante función en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. La carga atmosférica de metano a finales de la década de los 90's era de 4'800 $x10^{12}$ gramos, más de dos veces la cantidad presente durante la era preindustrial. Esta duplicación en la carga atmosférica del metano ha contribuido en aproximadamente un 20% del forzamiento radiativo directo debido a emisiones antropogénicas de GEI directos. El metano es removido de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilo (OH) convirtiéndose finalmente en CO_2.

La fuente más importante de metano es la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos, los principales procesos que originan este gas son:

1. Las actividades agrícolas relacionadas con: a) fermentación entérica como consecuencia del proceso digestivo de los herbívoros; b) descomposición en condiciones anaerobias (sin oxígeno) del estiércol generado por especies pecuarias; c) cultivos de arroz bajo riego y d) quemas de sabanas y residuos agrícolas.

2. Disposición de residuos sólidos.

3. El tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas e industriales.

Otra fuente importante de metano está relacionada con la producción y distribución de gas natural y petróleo y en la explotación de carbón mineral. El efecto de las emisiones de metano por fermentación intestinal de los rumiantes es bastante grande a nivel global y se estima que esta fuente produce hasta el 37% del metano presente en la atmósfera. La contribución de la combustión de combustibles a las emisiones globales de metano es mínima y la incertidumbre es alta. El metano es producido en pequeñas cantidades desde la combustión de combustibles debido a la combustión incompleta de hidrocarburos en el combustible. La producción de metano depende de la temperatura en el equipo. En las fuentes de combustión más pequeñas las velocidades de emisión son más grandes particularmente cuando ocurre fuego lento sin llama ("*smouldering"*). Las velocidades más altas de emisiones de metano ocurren en aplicaciones residenciales (pequeñas estufas y quemas a cielo abierto). Las emisiones de metano desde fuentes móviles son una función del contenido de metano en el combustible, la cantidad de hidrocarburos no quemados pasando a través del motor y los controles postcombustión. Las emisiones fugitivas de metano desde actividades relacionadas con gas y petróleo probablemente contabilizan cerca 30 a 60 Ton por año de las emisiones globales de metano. Fuentes de emisiones asociadas a este ítem son: pérdidas durante la operación normal (producción, transporte, almacenamiento y refinación), así como las asociadas al venteo y flameado, escapes crónicos o descargas desde procesos de venteo, emisiones durante el mantenimiento y emisiones durante alteraciones de los sistemas y accidentes. El venteo se refiere a la disposición de gas en áreas de producción combinadas de petróleo y gas donde la infraestructura de tuberías es incompleta y el gas natural no puede ser reinyectado y tiene que ser liberado o quemado.

Estimación del cálculo de emisión de CO_2 (principal GEI que se genera en el tipo de fuente que se identifica en las operaciones del parque fotovoltaico).

De acuerdo con las fuentes consultadas, la operación de motores de combustión interna a diésel o a gasolina, serán las principales fuentes de generación de GEI durante las diferentes etapas de desarrollo del parque fotovoltaico; estas fuentes funcionarán principalmente con el uso de diésel y en menor media de gasolina (tabla II.22).

Tabla II. 22 Estimación de generación de CO_2 por el uso de diésel y gasolina como combustibles de maquinaria, equipo y vehículos

Fase o etapa del proyecto	Tipo	Combustible			N° de unidades y	Rendimient	Tiempo de	Tiempo	Generación estimada de CO2 eq	
		Diesel	Gasolina	Gas N.		(l/hr)	(Hora/día	(Días)	Diesel (3.1 Kg/lt)	Gasolina (2.28 Kg/lt)
Preparación del sitio										
	Compactadoras	X			1	15	8	24	9,216	
	Motoniveladoras	X			1	12	8	24	7,373	
	Retroexcavadora	X			3	16	8	24	29,491	
	Tractor raspador	X			1	13	8	24	7,987	
Construcción (Instalación estructuras)										

Fase o etapa del proyecto	Tipo	Combustible			N° de unidades y	Rendimient	Tiempo de	Tiempo	Generación estimada de CO2 eq	
		Diesel	Gasolina	Gas N.		(l/hr)	(Hora/día	(Días)	Diesel (3.1 Kg/lt)	Gasolina (2.28 Kg/lt)
	Grúas todo terreno	X			2	12	8	24	14,746	
	Hincadoras	X			4	13	8	24	31,949	
	Mini cargadores	X			4	10	8	24	24,576	
	Perforadoras	X			2	15	8	24	18,432	
Construcción										
Resto de infraestructura										
	Compactadoras	X			1	15	8	24	9,216	
	Camionetas Pick up		X		6	10	8	20		21,888
	Camión grúa (1/)			X	2					
	Excavadoras	X			1	15	8	24	9,216	
	Mini cargadores	X			1	10	8	20	5,120	
	Motoniveladoras	X			1	12	8	24	7,373	
	Retroexcavadora	X			2	15	8	24	18,432	
	Zanjadoras	X			3	15	8	12	13,824	
Operación y mantenimiento										
Servicios generales	Camionetas Pick up		X		2	10	8	20		7,296
Volumen total estimado de emisiones de T002 eq (mes)									**207**	**22**
Acotaciones										
(1/)	Indicador no disponible									

En términos aproximados la generación de CO_2 proveniente de la combustión del diésel de 46 automotores y maquinas equipadas con ese tipo de motor, podrá ser de aproximadamente 991.1284 tons métricas considerando una generación promedio de 3.14 kg de gas CO_2 por cada litro de diésel quemado (Bustamante, 2011)[17], y, para el caso de la gasolina, el rango varía de 1.05 a 2.35 kg de CO_2 por litro quemado, con estos indicadores se estima una generación de 991.12 kg de CO_2 proveniente del uso del diésel como combustible de la maquinaria y el equipo y de 28.20 kg por el uso de gasolina que solo se estima para los vehículos que utilizan ese hidrocarburo como combustible (tabla II.22).

Es importante destacar que, comparativamente con la generación de CO_2 proveniente de las plantas termoeléctricas que utilizan combustibles fósiles la producción de este GEI es más de mil veces mayor en estas plantas que en los parques fotovoltaicos por cada mW producido de electricidad; situación similar se registra con la industria del petróleo; sin embargo, los volúmenes que alcanza la producción de CO_2 en la agricultura y la ganadería con poco más de 5,000 millones de ton de CO_2 Eq., (Faverin, *et. al.*, 2014)[18]. También destaca el dato de ganaderos con sistema de cría que generan un promedio de 926 kg de CO_2 Eq., por animal producido alcanza los 926 kg de CO_2 Eq. (Ogino, *et al*, 2007)[19].

C. Estimación de la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto: para producir energía eléctrica directamente de la luz, las celdas fotovoltaicas hacen uso del efecto fotoeléctrico. Este efecto se da en ciertos materiales que son capaces de usar fotones para liberar electrones. Estos electrones luego son captados para producir una corriente eléctrica (Cuce, et al., 2011)[20]. Un panel consiste en un arreglo de celdas conectadas en serie, los que a su vez se conectan en paralelo. Debido a que sus propiedades relacionadas con este efecto logran utilizar una gran porción del espectro de luz solar en comparación a otros materiales, el material más utilizado para la fabricación de celdas es el silicio cristalino.

Las tres diferentes tecnologías de celdas fotovoltaicas comúnmente utilizadas son: celdas de silicio monocristalino, estas celdas fueron las primeras en ser desarrolladas, su producción es costosa y lenta; tienen la ventaja de ser muy eficientes en comparación a otras tecnologías y tener una gran vida útil, pero suelen ser muy rígidas y frágiles. En condiciones de laboratorio se han logrado eficiencias de hasta un 24% aproximadamente, de un máximo teórico cercano al 30%, pero en condiciones reales este valor se acerca más a un 20% (McEvoy, A. 2013)[21].; el segundo tipo son celdas de silicio policristalino: Este tipo de celdas se desarrolló como una opción más económica de las celdas monocristalinas. Al igual que las celdas de silicio monocristalino, suelen ser bastante duraderas y frágiles. Logran eficiencias cercanas a un 20% en condiciones ideales, y de alrededor de un 15% en condiciones reales (McEvoy, *Op. cit.*); el tercer y último tipo son las celdas de películas delgadas, las cuales pueden ser de distintos materiales, los más comunes son silicio amorfo, CdTe (Cadmio-Telurio) y CIGS (Cobre-Indio-Galio-Selenio). Suelen ser más flexibles y delgadas que las de silicio cristalino, además, gracias a la naturaleza del proceso de deposición de películas delgadas, pueden adoptar más variedad de formas (Jordan, P.G., 2014)[22]. Las celdas de silicio amorfo tienen eficiencias alrededor de un 10% y normalmente son usadas en calculadoras de bolsillo u otros aparatos electrónicos de bajo consumo. Por otro lado, las celdas de CdTe y CIGS, son una buena alternativa a las celdas de silicio cristalino, ya que logran mayores eficiencias (entre 15% a 20%).

La denominada ecuación del diodo representa el modelo eléctrico teórico para una celda fotovoltaica:

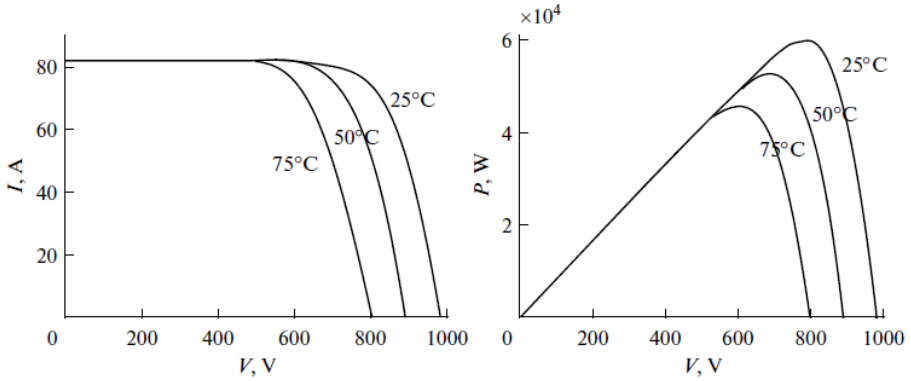
$$I = I_L - I_O \left(\exp\frac{qV}{nkt} - 1\right)$$

Sus componentes:

I =	Corriente de salida [A]
I_L =	Corriente fotogenerada [A]
I_O =	Corriente inversa de saturación
‘q =	Carga electrón [C]
V =	Voltaje diodo [V)
‘n =	Factor de idealidad
K =	Constante de Boltzmann ([*J/K)*
T =	Temperatura de celda (K)

Se puede relacionar la potencia eléctrica (P = VI) con la temperatura de celda mediante la corriente de salida del panel, según lo propuesto por este modelo. Esto cuantifica numéricamente que a medida que la temperatura de la celda sea mayor, será menor la potencia eléctrica de salida (figura II.17).

Figura II. 17 Curvas I–V y P–V de un sistema fotovoltaico @G = 1000 W/m2, T = 0, 25, 50, 75°C[23]



Se evidencia mediante el modelo presentado, el efecto físico de la relación con el exceso de energía que contienen los electrones liberados de la capa semiconductora producto de la incidencia de fotones provenientes de la luz, energía que utilizan para pasar de la banda de valencia a la banda de conducción en el semiconductor. Se concreta el fenómeno de disipación de energía, en forma de calor el exceso de energía que no es utilizada por los electrones para saltar de banda.

Dicho efecto, puede generar aumentos de temperatura en los paneles (Teo, H.G. *Et al*, 2011)[24]. Los aumentos de temperatura disminuyen la potencia total capaz de ser producida y por consiguiente baja la eficiencia (ver gráficas anteriores), y además influyen en la vida útil de las celdas [McEvoy, *Op. Cit*.). Según autores la potencia y eficiencia disminuyen a una tasa de 0.5%/°C y 0.05%/°C respectivamente (Kim, J.P., Et al, 2010)[25], por lo que, en el diseño de un parque fotovoltaico se hace muy importante el controlar las alzas de temperatura. Por otro lado, el concepto conocido como "*current matching problem"* (Royne, A. Et al., 2005)[26], hace referencia que cuando las celdas están conectadas en serie, la celda que entrega la corriente más baja es la que limita la corriente del arreglo lo que también disminuye la potencia de salida. Debido a que la eficiencia de las celdas disminuye con la temperatura, la celda a mayor temperatura será la que restrinja la eficiencia del arreglo.

Es importante describir cómo están construidos los paneles fotovoltaicos, por el efecto antes expuesto, al respecto se cita que poseen una composición relativamente estándar:

- Vidrio templado, cuya función es proteger a los materiales del interior de la celda y además de servir de filtro de radiación, dejando fuera por ejemplo a gran parte de la radiación UV. Es un vidrio templado con una baja reflectividad lo que permite absorber la luz a diferencia de otros vidrios utilizados en vivienda, consecuentemente ayuda a disminuir la disipación de calor.

- EVA o etileno vinilo acetato es un polímero termoplástico, que se usa en los módulos fotovoltaicos como encapsulante de las celdas generadoras. Éstas se conectan entre sí conformando el núcleo fotovoltaico del panel. Se depositan en un soporte cristalino y se encapsulan mediante EVA, para evitar la entrada de aire o humedad.

- Celda de Silicio, responsable directa de la conversión de energía lumínica en energía eléctrica gracias a sus propiedades de semiconductor.

- Tedlar o fluoruro de polivinilo (PVF), para la parte inferior del panel formada por láminas de Tedlar-Poliéster-EVA. El fin de estas láminas es proteger a las células fotovoltaicas de los efectos degradantes de la radiación ultravioleta y, sirve como aislante eléctrico.

El conjunto es sellado, de modo que, por los laterales no pueda entrar ni humedad ni aire y, se le monta un marco de aluminio para protegerlo y facilitar su manejo.

Ahora bien, para analizar el comportamiento de la temperatura al interior de un sistema fotovoltaico hay que reconocer cuales son los mecanismos que tiene la energía para disiparse. Los tipos de transferencia de calor existentes en la naturaleza son tres: conducción, convección y radiación.

Conducción: la conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las menos energéticas como resultado de la interacción entre las partículas. La conducción puede tomar lugar en sólidos, líquidos y gases. En gases y líquidos, la conducción se debe a la colisión y difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En sólidos, se debe a una combinación de la vibración de las moléculas en un reticulado y el transporte de energía por medio de electrones libres (Cengel, Y.A., Et al, 2015)[27].

Según Jean-Baptiste Joseph Fourier, en la ley nombrada como su apellido, describió el flujo de calor como proporcional al gradiente local de temperatura y a la conductividad térmica del material.

Convección: la convección corresponde a transferencia de calor dentro de un fluido (líquido o gaseoso). Es similar a la conducción, ya que involucra traspaso de energía debido a movimientos moleculares, pero también se le agrega una transferencia de calor debido al movimiento macroscópico del fluido.

El descubrimiento de la llamada ley de enfriamiento, atribuida a Newton, dice que el flujo de calor de un cuerpo al espacio es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y su entorno. En este sentido se describe la ecuación para el cálculo del flujo de calor por convección en estado estacionario

Número de Reynolds: el número de Reynolds es un parámetro adimensional que representa la razón entre las fuerzas inerciales y las viscosas. Su uso más común es identificar si un fluido está en régimen laminar o turbulento.

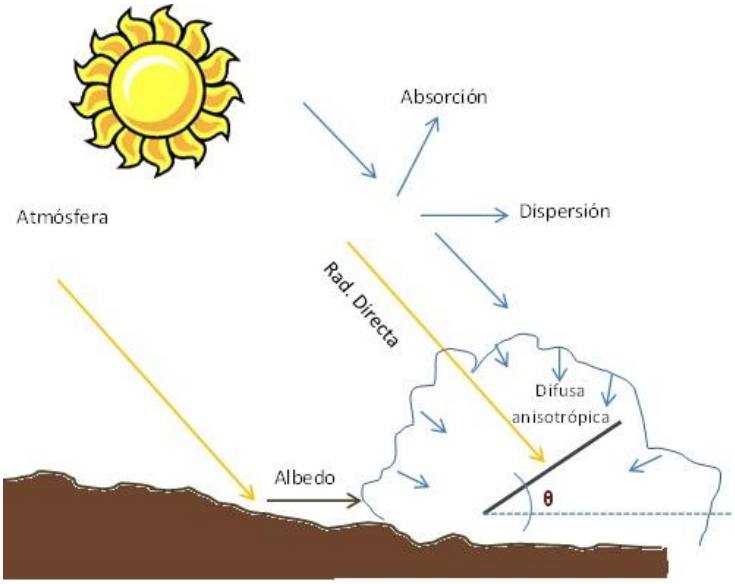
Número de Prandtl: el número de Prandtl provee una medida de la efectividad relativa entre el transporte de *momentum* y energía por difusión en las capas límite de velocidad y térmica, respectivamente.

Flujo turbulento: los modelos de fluidodinámica utilizan conservación de *momentum* y continuidad. Los modelos de transferencia de calor utilizan conservación de energía y dependen de la fluidodinámica.

Radiación: la radiación térmica es energía emitida por la materia a temperaturas diferentes de cero. La energía de este modo de transferencia es debida al transporte de ondas electromagnéticas; a diferencia de los métodos de transferencia de calor anteriores, no se requiere un medio para la transmisión de energía (de hecho, la radiación es más eficiente en el vacío). La ley de Stefan-Boltzmann, o también llamada radiación de cuerpo negro, relaciona la temperatura con la energía máxima que puede irradiar un cuerpo.

La radiación que absorbe un cuerpo, es una fracción de la radiación neta que recibe conocida como irradiación según la ecuación de la Ley de Stefan-Boltzmann. La constante, denominada absortividad, cumple que $0 \leq a \leq 1$. Si $a < 1$ y la superficie es opaca, una porción de la irradiación es reflejada; una porción de la irradiación también se puede transmitir si la superficie es semitransparente (Figura II.18).

Figura II. 18 Intercambio de radiación en una superficie



Factores de forma: muchas veces se tiene que un cuerpo no está completamente cubierto por otro, debido a esto se introduce un factor de ajuste a la radiación intercambiada, llamado factor de forma.

Los ahorros netos derivados de los principios anteriores, aplicados al diseño de los paneles solares logran una menor temperatura máxima, lo cual implica que se degrade más lento y esto hace, por una parte, que aumente su vida útil y, por la otra, que la energía disipada al ambiente disminuya en su intensidad.

Por lo que se puede determinar que: en el proceso de conversión de energía, la temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico desempeña un papel fundamental. Tanto en el rendimiento eléctrico como la potencia de salida del módulo, dependen linealmente de la temperatura de funcionamiento del panel. Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiación solar recibida. Sin embargo, una parte de esta irradiación se convierte en electricidad y la restante se convierte en calor[28]. La fracción que se convierte en calor aumenta la temperatura del módulo, formando concentraciones de portadores intrínsecos produciendo una mayor saturación de corriente, lo que provoca una reducción en la eficiencia y deterioro en el panel fotovoltaico, sin embargo, gracias a las características de los paneles a utilizar, el panel puede funcionar hasta con una temperatura máxima de +85°C, estarán diseñados para resistir las temperaturas que pueden alcanzarse en los días de máxima irradiación.

II.1.10 Microclima en el entorno de los paneles fotovoltaicos.

En una zona semiárida del altiplano de México, el establecimiento de un parque fotovoltaico puede generar variaciones significativas en el **microclima debajo y alrededor de los paneles solares**, a pesar de que el área circundante se caracterice por una baja humedad, alta radiación solar y temperaturas extremas. Aquí te resumo los principales efectos microclimáticos observados debajo de los paneles:

Temperatura: Las alteraciones térmicas en el entorno de los paneles fotovoltaicos derivan de la modifican del microclima circundante. Estas modificaciones varían en función de la posición relativa al panel, generando contrastes térmicos entre zonas sombreadas y expuestas, tanto en el suelo como en la atmósfera próxima (Li X, *et al.*, 2020)[29].

Bajo los paneles (zona de sombra parcial o total), se observa una disminución de la temperatura del suelo durante las horas diurnas debido a la reducción en la radiación solar directa. Esta sombra actúa como una barrera térmica que amortigua los picos de calor típicos de la superficie expuesta, lo cual puede resultar en condiciones más estables y menos extremas para la biota edáfica y la vegetación.

En contraste, durante la noche, estas mismas zonas tienden a **conservar más calor**, dado que los paneles limitan parcialmente la pérdida de energía por radiación hacia el cielo abierto. Este efecto puede contribuir a una **reducción del rango térmico diario**, característica particularmente relevante en ecosistemas donde la amplitud térmica es un factor limitante para muchas especies (Wang, J., *et al*, 2021)[30].

Por otro lado, las zonas entre paneles (expuestas al sol) mantienen un patrón térmico similar al ambiente natural, aunque pueden experimentar **efectos de canalización del viento o acumulación de calor reflejado**, dependiendo del diseño del parque. La interacción entre estas zonas y las sombreadas crea un mosaico térmico que influye en los procesos ecológicos, como la germinación, la actividad microbiana, y la selección de hábitat por fauna terrestre.

Finalmente, la zona de control externa al parque permite establecer comparaciones directas con condiciones no intervenidas, lo cual es esencial para atribuir cambios térmicos a la infraestructura fotovoltaica y no a otros factores ambientales.

Un estudio reciente (Zhang, Y., *et al*. 2023)[31] examina los efectos ambientales de grandes instalaciones fotovoltaicas, encontrando que los paneles absorben la radiación solar directa, lo que conduce a una menor evaporación de la humedad del suelo, lo que incide directamente en la revegetación de esas áreas y, en consecuencia disminuye la erosión y, si bien se registran diferencias significativas en la evaporación entre áreas cubiertas y descubiertas, el saldo favorable bajo los paneles también impacta en el desarrollo de condiciones favorables de hábitat para la fauna de vertebrados de talla pequeña (reptiles y mamíferos).

En conjunto, el análisis comparativo de las modificaciones térmicas inducidas por los paneles solares permite comprender mejor su impacto ecológico y orientar prácticas de diseño que minimicen efectos negativos y maximicen beneficios, especialmente en ecosistemas frágiles como los semiáridos.

II.2 Relación de acciones, factores identificados para el proyecto.

De manera complementaria a la descripción de las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y abandono se presenta la relación de las 67 acciones identificadas para este proyecto (20).

Tabla II. 23 Árbol de acciones identificadas para el proyecto

	Etapas	Componente	Acciones
1	Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras
2			Contratación de personal
3		Trazo	Ingreso de personas
4			Operación y circulación de vehículos
5			Levantamiento topográfico
6			Marcaje de áreas
7		Preparación del terreno	Ingreso de personas

	Etapas	Componente	Acciones
8			Circulación de vehículos
9			Operación y circulación de maquinaria
10			Desmonte (retiro de vegetación)
11			Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)
12			Excavación
13			Compactación
14			Nivelación
15			Generación de residuos (RSU, RME y RP)
16			Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)
17		Estructuras fotovoltaicas	Realización de zanjas para acometida de cables
18			Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)
19			Hincado de fustes
20			Montaje del seguidor solar a un eje horizontal
21			Montaje de los módulos fotovoltaicos
22			Instalación y conexión a cuadros eléctricos
23			Tendido de cables
24			Tendido y conexión de red de tierras de la instalación
25			Instalación de equipos eléctricos
26			Vallado perimetral
27			Habilitación de viales internos
28			Instalación de equipo de seguridad
29			Generación de residuos (RSU, RME y RP)
30			Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)
31		Subestación eléctrica	Conformación de plataforma
32			Trazo de ejes principales para referencia
33			Excavación para cimentación
34			Realización de cimentaciones
35			Construcción de edificio de control
36			Construcción de fosa séptica
37	Construcción		Construcción de sistema de drenaje (canales y cunetas de salida de agua)
38			Instalación de malla para sistema de tierras
39			Construcción de ductos, registros y trincheras para cables eléctricos
40			Vallado perimetral
41			Construcción de pisos terminados
42			Montaje de estructura
43			Montaje de equipo primario
44			Montaje de tableros
45			Montaje de bandejas en cuarto de control
46			Montaje de banco de baterías y cargadores
47			Instalación del sistema de alumbrado exterior
48			Pruebas preoperativas
49			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
50			Disposición final de residuos
51		Línea de transmisión	Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza
52			Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda
53			Tendido, regulado y engrapado de cables
54			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
55			Disposición final de residuos
56		Limpieza del AeP	Remoción obras provisionales
57			Retiro de residuos
58	Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional
59			Supervisión del funcionamiento

	Etapas	Componente	Acciones
60			Inspección visual
61			Limpieza de paneles solares
62			Comprobación de estado
63			Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente
64			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
65			Disposición final de residuos
66	Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal de ocupación permanente
67			Contratación de personal de ocupación temporal
68			Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)
69			Demolición de cimentaciones
70			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
71			Disposición final de residuos (paneles, baterías, etc.).

Etapas	Componente	Acciones	IT
Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras	1
		Contratación de personal	2
	Trazo	Ingreso de personas	3
		Operación y circulación de vehículos	4
		Levantamiento topográfico	5
		Marcaje de áreas	6
	Preparación del terreno	Ingreso de personas	7
		Circulación de vehículos	8
		Operación y circulación de maquinaria	9
		Desmonte (retiro de vegetación)	10
		Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	11
		Excavación	12
		Compactación	13
		Nivelación	14
		Generación de residuos (RSU, RME y RP)	
		Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)	15
Construcción	Estructuras fotovoltaicas	Realización de zanjas para acometida de cables	16
		Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)	17
		Hincado de fustes	18
		Montaje del seguidor solar a un eje horizontal	19

Etapas	Componente	Acciones	IT
		Montaje de los módulos fotovoltaicos	20
		Instalación y conexión a cuadros eléctricos	21
		Tendido de cables	22
		Tendido y conexión de red de tierras de la instalación	23
		Instalación de equipos eléctricos	24
		Vallado perimetral	25
		Habilitación de viales internos	26
		Instalación de equipo de seguridad	27
		Generación de residuos (RSU, RME y RP)	
		Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)	28
	Subestación eléctrica	Conformación de plataforma	29
		Trazo de ejes principales para referencia	30
		Excavación para cimentación	31
		Realización de cimentaciones	32
		Construcción de edificio de control	33
		Construcción de fosa séptica	34
		Construcción de sistema de drenaje (canales y cunetas de salida de agua)	35
		Instalación de malla para sistema de tierras	36
		Construcción de ductos, registros y trincheras para cables eléctricos	37
		Vallado perimetral	38
		Construcción de pisos terminados	39
		Montaje de estructura	40
		Montaje de equipo primario	41
		Montaje de tableros	42
		Montaje de bandejas en cuarto de control	43
		Montaje de banco de baterías y cargadores	44
		Instalación del sistema de alumbrado exterior	45
		Pruebas preoperativas	46
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	
		Disposición final de residuos	47
	Línea de transmisión	Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza	48
		Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda	49
		Tendido, regulado y engrapado de cables	50
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	
		Disposición final de residuos	51
	Limpieza del AeP	Remoción obras provisionales	52
		Retiro de residuos	53
Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	54
		Supervisión del funcionamiento	55
		Inspección visual	56
		Limpieza de paneles solares	57
		Comprobación de estado	58

Etapas	Componente	Acciones	IT
		Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	59
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	60
		Disposición final de residuos	
Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal de ocupación permanente	61
		Contratación de personal de ocupación temporal	62
		Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	63
		Demolición de cimentaciones	64
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	65
		Disposición final de residuos (paneles, baterías, etc.).	66
		Descompactación del suelo	66
		Disgregación y dispersión de tierra vegetal	67

III. Literatura citada:

[1] **SEMARNAT, 2022**. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. 2022.

[2] **INEGI, 2018**. Síntesis metodológica del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México. SCIAN 2018. INEGI, 1139.

[3] **SEMARNAT, 2020**. Informe de resultados del Registro Nacional de Emisiones 2015 – 2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diciembre de 2020.

[4] **IPCC. 2019**. "*2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*" (tr: 2019 Mejora de las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero). Panel Intergubernamental sobre el Camio Climático. ONU. Descagadom el 27.Marzo.2025, (https://www.ipcc.ch)

[5] IEA. 2024 EV Life Cycle Assessment Calculator. 2024. IEA (tr: Calculador de la evaluación de las emisiones y del ciclo de vida de productos, procesos o servicios). Agencia Internacional de Energía. Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica. EUA. Consultado el 24 de marzo de 2025 en https://www.oea.org.

[6] **GCA, 2025**. Global Carbon Atlas, a platform to explore and visualize the most up-to-date data on carbon fluxes resulting human activities and natural processes (tr: Atlas Global de Carbono, una Plataforma para explorer y visualizer los datos más actualizados sobre los flujos de carbono trdulysnmyds de las actividades humanas y los procesos naturales) . Consultado el 31 de marzo de 2025 en https://www.globalcarbonatlas.org.

[7] **SEMARNAT, 2015**. Informa SEMARNAT acciones para cumplir compromisos de mitigación de GEI. Comunicado de Prensa Núm. 73/15 | México, D.F., a 07 de abril de 2015

[8] **Diario Oficial de la Federación, 2018**. Ley General de Cambio Climático. 13 del julio de 2018 (última reforma). 58 p.

[9] **SEGOB. 2020**. Índices de marginación 2020. Secretaría de Gobernación, Consejo Nacional de Población. México.

[10] **CONAPO, 2020**. Índice de marginación por Municipio. Consejo Nacional de Población (CONAPO). Recuperado de conapo.sehgob.mx

[11] **IEC. 2021**. *Electrical energy storage systems – Safety considerations*. (tr: sistemas de almacenamiento de energía – consideraciones de seguridad). International Electrotechnical Commission. (IEC TR 62933-5-1:2021). https://webstore.iec.ch/publication/62955

[12] **U.S. Dept.** E., 2020. *Energy Storage Technology and Cost Characterization Report*. (tr: Informe de caracterización de costos y tecnología de almacenamiento de energía). Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (EERE). https://www.energy.gov/eere/analysis/downloads/energy-storage-technology-and-cost-characterization-report

[13] **PNUMA. 2000**. Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Descargado de http://www.unep.org/ozone el 8 de marzo de 2022.

[14] **Benavides Ballesteros, H.O. y G.E. León A. 2007** *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. IDEAM/METEO/008-2007.Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales.

[15] **Rey R. S.C., 2018**. Determinación comparada de la producción unitaria de CO2, en flujo libre, asociada al trazado de la planta de la carretera CV-35. Tesis para obtención del grado de Master en Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica de Valencia. España.

[16] **Herrera, R. Y. A., 2019**. Estimación de emisiones en ciudades intermedias mexicanas y cambio climático. Universidad Autónoma de Madrid; Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Memoria de Tesis Doctoral. Madrid, España.

[17] **Bustamante, E., 2011**. Guía práctica para el cálculo de emisiones de GEI. Oficina Catalana de Cmvi Climático, Generalitat de Catalunya. Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. España.

[18] **Faverin, C., *et. Al.,* 2014**. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción vacuna. Revisión bibliográfica. RAPA. Revista argentina de Producción Animal. Vol. 34 (1): 33-54. Buenos Aires, Arg.

[19] **Ogino, A., Orito, H., Shimada, K. and Hirooka, H. 2007**. Evaluación de los impactos ambientales del sistema de cría de ganado vacuno-ternero japonés mediante el método de evaluación del ciclo de vida; (*Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow–calf system by the life cycle assessment method*). Animal Science Journal 78: 424–432.

[20] **E. Cuce, T. Bali, S. A. Sekucoglu, 2011,** Efectos del enfriamiento pasivo sobre el rendimiento de las células fotovoltaicas de silicio; (*Effects of passive cooling on performance of silicon photovoltaic cells*"), International Journal of Low-Carbon Technologies 2011, 0, 1–10.

[21] **A. McEvoy, T. Markvart, L. Castañer, 2013**, Células solares, materiales, manufactura y operación; (*Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation*), Editorial Elsevier.

[22] **Jordan, P.G. 2014.** Mercados de energía solar: analisis de la industria solar global; (*Solar Energy Markets: An Analysis of the Global Solar Industry*). Ed. Elsevier.

[23] **Almaktara, M, H.A. Rahmana, M.Y. Hassana, y S. Rahmanb. 2013**, Modelo empírico basado en el clima para la estimación de la temperatura de módulos fotovoltaicos en ambientes tropicales (*Climate based empirical model for PV Module Temeprature estimatión in tropical Environmenet*). Applied Solar Energy, 2013. Vol. 49. Nº 4, pp. 192-201- En: **Calderon, M:W. 2017.** Diseño y modelamiento de disipadores de Físicas y Matemáticas, Dpto. Ing. Méc. Universidad de Chile.

[24] **Teo, H.G., P.S. Lee, M.N.A. Hawlader, 2011**, Un sistema de refrigeración activo para módulos fotovoltaicos; (*An active cooling system for photovoltaic modules*), Applied Energy 90 (2012) 309–315.

[25] **Kim, J.P., H. Lim, J. H. Song, Y. J. Chang, C. H. Jeon, 2010,** Análisis numérico de las características térmicas de un módulo fotovoltaico con variación de la temperatura ambiente; (*Numerical analysis on the thermal characteristics of photovoltaic module with ambient temperature variation*", Solar Energy Materials & Solar Cells 95 (2011) 404–407.

[26] **Royne, A., C. J. Dey, D. R. Mills, 2005,** Enfriamiento de células fotovoltaicas bajo iluminación concentrada: una revisión crítica; (Cooling of photovoltaic cells under concentrated illumination: a critical review), Solar Energy Materials & Solar Cells 86 (2005) 451–483.

[27] **Cengel Y. A., A. J. Ghajar, 2015,** Transferencia de calor y masa; (*Heat and Mass Transfer: fundamentals & applications*). 5ª edition, p. 17,18.

[28] **Cepeda, J, Carmona A., 2017.** Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Universidad Santo Tomás Bogotá. Descarga directa de la liga: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[29] Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M., & Li, X. (2020). The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States (tr: La respuesta de la isla de calor urbana superficial a la expansión urbana: un análisis de panel para los Estados Unidos continentales) *Remote Sensing*, **12**(11), 1825. https://doi.org/10.3390/rs12111825

[30] Wang, J., Sun, T., Lu, Z., & Wang, C. (2021). **Effects of photovoltaic panels on the temperature and moisture of soil and its ecological implications**. (tr: Efectos de los paneles fotovoltaicos sobre la temperatura y la humedad del suelo y sus implicaciones ecológicas). *Science of The Total Environment*, **778**, 146255. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146255.

[31] Zhang, Y., Li, X., Zhou, Y., & Liu, H. (2023). **Eco-environmental impacts of large-scale photovoltaic power stations: Evidence from arid regions, (tr: Impactos ecoambientales de las centrales fotovoltaicas a gran escala: evidencia de regiones áridas**). *Scientific Reports*, **13**, 72860. https://doi.org/10.1038/s41598-024-72860-8

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:
KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:
OCOTE SOLAR

CAPÍTULO III
VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

JUNIO 2025

Página intencionalmente sin texto

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional” (Guía/DGIRA), publicada por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[1].

[1] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

Página intencionalmente sin texto

Tabla de contenido

III. Vinculación con los ordenamientos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables 1
III.1 Marco constitucional 2
III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) 3
III.2 Instrumentos jurídicos de carácter internacional 5
III.2.1 Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC) 6
III.2.2 Convención RAMSAR sobre humedales de importancia internaciónal. 7
III.2.3 Convención CITES 9
III.2.4 Convenio de Viena para la protección de la capa de Ozono. 9
III.2.5 Convención Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (NUCC). 10
III.2.6 Protocolo de Kioto Convención Marco de las NUCC. 10
III.2.7 Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales, 1989, (Núm. 169 OIT). 11
III.2.8 Convenio sobre diversidad biológica (1992 – 1993). 13
III.2.9 Acuerdo de Escazú (2018)- 14
III.2.10 Agenda 2030 16
III.3 Ordenamiento Ecológico del Territorio 16
III.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 17
III.3.2 Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (OETEH) 23
III.3.3 Planes y programas de desarrollo urbano. 34
III.4 Instrumentos jurídicos aplicables en materia ambiental 40
III.4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). 41
III.4.2 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA). 50
III.4.3 Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 60
III.4.4 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 62
III.4.5 Reglamento de la LGPGIR 68
III.4.6 Ley General de Cambio Climático (LGCC) 77
III.4.7 Reglamento de la LGCC en materia de Registro Nacional de Emisiones 78
IIII.4.8 Áreas Naturales Protegidas y Regiones Prioritarias 79
III.4.8.2 Regiones de importancia para la conservación. 81
III.5 Instrumentos aplicables del Sector Eléctrico 83
III.5.1 Ley del Sector Eléctrico (LSE) (2025). 84
III.4.10 Ley de Planeación y Transición Energética (LPTE) 87
II.5.2 Ley de la Comisión Nacional de Energía (LCNE), (D.O.F., 18 de marzo de 2025) 88
III.6 Otros instrumentos Jurídicos 88
III.6.1 Ley de Aguas Nacionales (LAN) 88
III.6.3 Instrumentos jurídicos de competencia estatal 89
III.6.4 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) 101
III.6 Vinculación con los instrumentos de planeación aplicables en materia ambiental 106

Índice de tablas

Tabla III. 1 Características de la UAB 57 y de la región ecológica 16.10 21
Tabla III. 2 estrategias de la UAB 57 22
Tabla III. 3 Síntesis de las definiciones del OETEH para la UGA 0506 29
Tabla III. 4 Criterios de regulación ecológica de la UGA 0506 del OETEH 30
Tabla III. 5 Vinculación del proyecto con la LGEEPA 42
Tabla III. 6 Vinculación del proyecto con el RLGEEPAMEIA 50
Tabla III. 7 Vinculación con la LGVDS 61
Tabla III. 8 Vinculación del proyecto con la LGPGIR 62
Tabla III. 9 Vinculación del proyecto con el reglamento de la LGPGIR 68
Tabla III. 10 Vinculación del proyecto con la LGCC 77
Tabla III. 11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones. 78
Tabla III. 12 Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal y Estatal próximas al proyecto 80
Tabla III. 13 Vinculación del proyecto con la Ley del Sector Eléctrico 84
Tabla III. 14 Vinculación del proyecto con la LPTE 87
Tabla III. 15 Vinculación del proyecto con la LCNE 88
Tabla III. 16 Análisis de vinculación del proyecto con los instrumentos de regulación del manejo de residuos del Estado de Hidalgo 95
Tabla III. 17 Vinculación del proyecto con la LGIRH 98
Tabla III. 18 Normas Oficiales Mexicanas y su vinculación con el proyecto 102

Índice de Figuras

Figura III. 1 ubicación de la UAB # 57 20
Figura III. 2 Delimitación de montículos a proteger y de espacios restringidos por el INAH 91

Página intencionalmente sin texto

III. Vinculación con los ordenamientos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

Los instrumentos normativos que regulan al procedimiento de evaluación de impacto ambiental son la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA). Al respecto, el RLGEEPAMEIA establece en la fracción III del artículo 13 que la manifestación de impacto ambiental (MIA), en su modalidad regional (MIA-R), deberá contener la vinculación del proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.

Por otro lado, La guía correspondiente (SEMARNAT, 2022)[1] a esta modalidad de MIA, establece que la vinculación normativa permitirá demostrar la viabilidad jurídica del proyecto, al ajustarse a los instrumentos jurídicos, normativos o administrativos que le son aplicables, determinando su congruencia con las disposiciones de dichos instrumentos.

Con base a lo anterior, en el presente capítulo se acredita la viabilidad jurídica del proyecto, ya que este es congruente y se ajusta a las disposiciones de la normativa legal ambiental que le es aplicable. En otras palabras, el proyecto se conecta o relaciona con cada ley, reglamento, norma, disposición o directriz legal-ambiental que le corresponde, evidenciando, a través de un análisis respaldado por información técnica, que cumple con dichas disposiciones.

Las obras o actividades que, en materia de impacto ambiental, son de jurisdicción federal y que requieren de una autorización en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se establecen en el artículo 28 de la LGEEPA y, de manera complementaria, en el artículo 5º del RLGEEPAMEIA. Asimismo, la facultad de la SEMARNAT se encuentra establecida en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (DOF, 2023)[2].

Desde esta perspectiva, la evaluación del impacto ambiental (EIA) es un procedimiento administrativo regulado, realizado por autoridad competente, en este caso la SEMARNAT a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), por medio del cual analiza los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, así como, la utilización de los recursos naturales, debiendo considerar las medidas preventivas, de mitigación y demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante. La SEMARNAT una vez concluida la evaluación de la MIA emitirá, de manera fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que autorice la realización de la obra o actividad en los términos y condiciones manifestados, autorice total o parcialmente la realización de la obra o actividad de manera condicionada o niegue la autorización.

Por lo antes señalado, el presente Capítulo III de la MIA-R se centra en el ejercicio de "vinculación", donde la empresa **Kenerwatts, S.A.P.I. de C.V.**, en adelante citada como "**la promovente**", del proyecto "**Ocote Solar**", en lo sucesivo "**el proyecto**", presenta a la autoridad un análisis de que las actividades y obras del proyecto se adecua a las disposiciones de los instrumentos jurídicos, reglamentarios y normativos federales aplicables, así como a los instrumentos de planeación vigentes.

En este capítulo de la MIA-R, la promovente cumple con lo establecido en el artículo 28 de la LGEEPA y la fracción III del artículo 13 del RLGEEPAMEIA, al proporcionar a la DGIRA, unidad administrativa de la SEMARNAT quien, conforme a lo establecido en el Reglamento Interior de la SEMARNAT (RI SEMARNAT, 2022)[3], es la designada para evaluar y emitir la resolución correspondiente de las MIA-R, la información y documentación necesaria, así como los elementos que garantizan que las características, el diseño y el alcance de su propuesta cumplen con las disposiciones de las leyes y de los instrumentos jurídicos aplicables, con el objetivo de obtener la autorización en materia de impacto ambiental del proyecto.

En base a todo lo expuesto, este análisis examina la relación entre las características y alcances del proyecto, y los instrumentos legales en materia ambiental y de planeación que rigen las obras y actividades relacionadas con este tipo de proyectos.

En resumen, este capítulo anticipa que el proyecto cumplirá con lo establecido en los ordenamientos de planeación y jurídicos aplicables, siguiendo un proceso de planificación orientado hacia la viabilidad ambiental y la sustentabilidad.

III.1 Marco constitucional

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) representa el conjunto de normas fundamentales que establecen y organizan el funcionamiento del Estado, así como los derechos y obligaciones de los ciudadanos. Es el documento supremo que sirve como marco de referencia para todas las demás leyes y reglamentos de un país.

Los ciudadanos, gobernados o regulados y todas las autoridades públicas, incluyendo las de los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial están obligados a acatar los principios y disposiciones de la Constitución. Estas autoridades están sujetas a los límites y competencias establecidos en la misma y deben actuar de acuerdo con sus preceptos..

El ciudadano, ya sea una persona física o jurídica colectiva (también conocida como "persona moral"), debido a su naturaleza como miembro de la sociedad, está obligado a cumplir las leyes derivadas de la Constitución. En este sentido, el ejercicio de vinculación desarrollado en este documento expone las características y alcances del proyecto del Ocote Solar en relación con los instrumentos jurídicos que establecen obligaciones ambientales que deben ser cumplidas, asume que es necesario, por su obligatoriedad, determinar la congruencia y la forma cómo el proyecto satisface a plenitud las disposiciones normativas derivadas de las Leyes Reglamentarias de los preceptos de la CPEUM en las que se tutelan los principios de preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, los cuales son reglamentados por la LGEEPA y otras leyes en la materia, por lo cual son llamadas leyes reglamentarias.

Las Leyes Reglamentarias surgen de preceptos constitucionales específicos y tienen como objetivo precisar y desarrollar las obligaciones y derechos para el cumplimiento cabal de la ley. Actúan como un vínculo entre los conceptos constitucionales y los medios para su aplicación práctica

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

El término "constitución", gramaticalmente hablando, tiene su raíz en el verbo "constituir", que significa el acto de crear. En el ámbito jurídico, esta connotación cobra un significado distinto. Según Flores Gómez y Carbajal M. (1996)[4]., el Derecho Constitucional se define como el conjunto de normas jurídicas que regulan la organización y el funcionamiento del Estado, así como los límites del poder público frente a los individuos (los gobernados, los regulados).

En esencia, la Constitución se concibe como el código fundamental o ley que abarca los pilares esenciales del sistema regulador del gobierno. Al ser una ley, la Constitución posee las características propias de las normas jurídicas: es un producto cultural que se manifiesta como una serie de principios de carácter general y obligatorio, dotado de coercitividad.

Si bien la Ley Constitucional comparte las características legales de cualquier otra ley, las demás leyes encuentran su origen en la Constitución, lo que la posiciona como condicionante de las demás normativas. En otras palabras, al remontarnos al origen de cada ley, inevitablemente llegamos al momento en que identificamos la Ley Suprema: la Constitución.

Por lo tanto, las disposiciones de la CPEUM obligan a las autoridades gubernamentales y definen los derechos de los particulares. Las iniciativas de estos últimos no pueden vincularse directamente a los diversos preceptos de la Carta Magna. Más bien, es a través del cumplimiento de los lineamientos y disposiciones de las leyes reglamentarias de los diversos artículos constitucionales que los ciudadanos encuentran la definición de sus obligaciones y cómo cumplirlas.

Es importante destacar que los principios de la CPEUM relacionados con el medio ambiente consagran derechos hacia los ciudadanos y establecen atribuciones para las estructuras del Estado, lo que se podría denominar como la parte orgánica administrativa, es decir, el sistema de atribuciones, concurrencias y principios, tales como:

Con base en lo antes expuesto es importante aclarar que los principios de la CPEUM que tienen relación con el ambiente consagran derechos hacia los ciudadanos (los fundamentales) que establecen atribuciones, se entiende, para las estructuras del Estado, las cuales podrían denominarse como la parte orgánica administrativa, o sea, el sistema de atribuciones y concurrencias y los convenios, dentro de los cuales destacan:

Principios que consagran derechos:

- El derecho a un medio ambiente sano, consagrado en el artículo 4º de nuestra Constitución, establece que "*toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar*". Es importante destacar que este derecho es inherente a todas las personas y se configura como un derecho subjetivo. Sin embargo, a pesar de su

reconocimiento constitucional, en nuestro país aún carecemos de mecanismos efectivos para proteger y garantizar este derecho (Carmona Lara, Ma. Del C. 2002)[5].

Es relevante analizar la ubicación de este derecho dentro del texto constitucional. Al situarse en el artículo 4º, dentro del capítulo de garantías individuales, se evidencia su carácter fundamental y su papel como principio rector que fundamenta otros derechos. Aunque no se trata de una garantía individual en sí misma, este derecho se convierte en un principio guía que orienta la política social y económica de México. Es responsabilidad del Estado establecer y dirigir las medidas necesarias para asegurar un ambiente propicio para el desarrollo y bienestar de todos los ciudadanos.

- Derecho de protección a la salud (artículo 4º): derivado del texto constitucional, el derecho a un medio ambiente sano implica la existencia de un medio ambiente adecuado, como premisa fundamental para el ejercicio y para el cumplimiento de su finalidad. En este sentido se pueden hacer una serie de reflexiones, ya que es precisamente el concepto de ambiente y de sus calificativos de adecuado o sano lo que ha abierto el debate jurídico, pues depende de su consideración como bien jurídico a tutelar, como objeto de protección o como condicionante para el ejercicio de los derechos, ya sean individuales o colectivos, pero su aplicación vinculatoria, en última instancia corresponde al Estado y no a los gobernados o regulados.

- Derecho al desarrollo sustentable (artículo 25: este principio dispone que "*Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable..*", lo anterior implica que, el Estado debe garantizar a los gobernados o regulados, como asunto de interés general, un modelo sustentable de desarrollo (Avendaño López, Raúl, 2008)[6], dicho modelo resulta en parte de un derecho, de una garantía hacia los ciudadanos; en consecuencia estos pueden ejercer su derecho en esta materia pero no pueden incidir, de ninguna manera, en el alcance, aplicación o vinculación con el mismo a partir de sus iniciativas de obras y actividades, siempre que estas encuentren fundamento jurídico en el marco de las leyes reglamentarias correspondientes y no de un precepto constitucional como el contenido en el artículo 25.

Principios fundamentales: estas son otras disposiciones constitucionales y que, en cuestiones ambientales tienen por objetivo definir las modalidades ambientales de la actividad industrial (artículo 25), establecer el principio de conservación de los recursos naturales, la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la propiedad originaria de la nación sobre "tierras y aguas" comprendidas dentro del territorio nacional (artículo 27) y, en todos los casos se trata de preceptos que las autoridades deben asumir como guía y regulación de su actuación y que no tienen alcances que incidan sobre las actuaciones de los particulares, como disposiciones que estrictamente impliquen de parte de estos una obligación, nuevamente se reitera que también, al ubicarse dentro del capítulo I de las garantías individuales.

Principios que establecen atribuciones (parte orgánica administrativa) y concurrencias: en este apartado de la CPEUM, las disposiciones que tienen incidencia sobre consideraciones ambientales son: la dispuesta en la fracción XVI, 4ª del artículo 73 que detalla las medidas del Consejo de Salubridad General para prevenir y combatir la contaminación ambiental; la que se detalla en la fracción XXIX-G del artículo 73 que define el sistema de concurrencias en materia ambiental; el artículo 115 que específica

las atribuciones de los municipios en materia ambiental y la fracción IV, inciso g del artículo 122 que fija las facultades de la Asamblea de los Representantes del Distrito Federal.

En ninguno de los contenidos constitucionales antes relacionados y analizados se definen obligaciones directas que el gobernado deba considerar, como implicaciones directas a terceros para regular su actuación y vincular sus iniciativas a ellas; a riesgo de caer en una tautología evidente, se reitera que todas esas disposiciones son derechos de los ciudadanos y, consecuentemente son obligaciones para las autoridades; en consecuencia no ha lugar realizar un análisis de vinculación entre las características del proyecto con esas disposiciones propias de la Constitución en materia ambiental; en último caso, el acatamiento a las disposiciones que derivan de las Leyes Reglamentarias de los principios constitucionales evidencian la parte de cumplimiento que le corresponde asumir al promovente del proyecto y estas se desglosan y analizan en los textos siguientes.

III.2 Instrumentos jurídicos de carácter internacional

Los convenios o tratados internacionales son acuerdos celebrados entre dos o más Estados con el propósito de regular las relaciones entre ellos. Según Floresgómez, G. F *et al*. 1996, *Op. Cit*., estos pactos internacionales únicamente generan efectos y obligaciones entre los países que los han suscrito. Sin embargo, las obligaciones derivadas de estos instrumentos repercuten en todo el territorio nacional. Además, el rango jurídico de los tratados internacionales se sitúa en un nivel sub constitucional y por encima de las leyes federales y generales, tal como lo establece el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

Estos tratados internacionales conforman la parte internacional del Derecho Ambiental Mexicano. Sin embargo, para que dicho cuerpo normativo pueda existir, es necesario que el país lo admita. Asimismo, para que un tratado internacional pueda tener validez en México, debe cumplir con tres condiciones indispensables, según lo explica Avendaño López (2008) *Op. Cit*.

1. Que esté de acuerdo con los lineamientos constitucionales,
2. Que se celebre por parte del presidente de la República o sus secretarios de despacho, y
3. Que esté aprobado por el Senado.

Con base en lo anterior se infiere que las disposiciones de estos instrumentos (convenios o tratados), en primera instancia obligan al Estado Mexicano a su cumplimiento, no a los gobernados, ya que a ellos les aplican dichas obligaciones a través de herramientas o disposiciones que tengan vida jurídica, esto es que hayan sido aprobadas por las estructuras legislativas o administrativas facultadas para ello.

México forma parte de un número significativo de los instrumentos internacionales en vigor a nivel mundial y regional. También se ha preocupado de desarrollar un derecho internacional para la protección del ambiente de carácter bilateral, con un énfasis especial en la protección de sus zonas fronterizas.

Algunos de los tratados y otros acuerdos de los que México forma parte contratante son:

a) El tratado entre los Estados Unidos de América, los Estados Unidos Mexicanos y Canadá (TMEC)[II]: no obstante su naturaleza de acuerdo comercial, contiene disposiciones que se refieren a asuntos ambientales, se subraya la correspondiente al derecho que se reconoce a cada país para adoptar, mantener o aplicar sus propias normas ambientales, ello denota el alcance de instrumento de alcance legal cuyas obligaciones atañen a los Estados.

b) Convención sobre los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (1971, 1986)[7].

c) Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano (1972).

d) Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (1973 1991)[8].

e) Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono (1985, 1987).

f) Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales, 1989. (Núm. 169) de la Organización Internacional del Trabajo OIT (1989)[9].

g) Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo (1992).

h) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992, 1993).

i) Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992, 1993).

j) Acuerdo Regional sobre el acceso a la información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en asuntos Ambientales en América Latina y El Caribe. Escazú[10],

k) Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

l) Agenda 2030.

Algunos de los instrumentos antes referidos han sido incorporados a nuestro marco jurídico como herramientas complementarias orientadas a la protección de determinados recursos; en este sentido destacan la Convención sobre los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

III.2.1 Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC)

En el Tratado entre México, los Estados Unidos y Canadá (TMEC), México asumió varias obligaciones ambientales con el fin de proteger el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible. A continuación se incluye un resumen de las principales obligaciones:

[II] El TMEC fue firmado por los tres Estados Participantes (Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y México el 30 de noviembre de 2018.

1. Cumplimiento de leyes ambientales: México se comprometió a aplicar y hacer cumplir sus leyes ambientales, asegurando que las regulaciones se implementen de manera efectiva.

2. Cooperación ambiental: El tratado fomentó la cooperación entre México, Estados Unidos y Canadá en temas ambientales, facilitando el intercambio de información y mejores prácticas.

3. Protección de la biodiversidad: Se establecieron medidas para proteger la biodiversidad y los ecosistemas, así como para prevenir la degradación ambiental.

4. Evaluación de impactos ambientales: Se impulsó la realización de evaluaciones de impacto ambiental para proyectos que pudieran afectar el entorno.

5. Contaminación y salud: Se incluyó un compromiso para reducir la contaminación y proteger la salud pública, garantizando que las regulaciones ambientales no se debiliten en aras del comercio.

6. Sustentabilidad en el desarrollo económico: El TMEC promovió un enfoque hacia el desarrollo económico que integrara consideraciones ambientales, buscando un equilibrio entre crecimiento y conservación.

Estas obligaciones buscan asegurar que el crecimiento económico no comprometa la salud del medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades.

Como puede derivarse de los compromisos antes detallados, estos fueron asumidos por nuestro país al suscribir y formar parte del TMEC. La aplicación de los mismos, como es el caso del compromiso N.º 4, está ampliamente detallado en el Capítulo IV de la LGEEPA como uno de los instrumentos de política ambiental y sus disposiciones para concretarlo en obligaciones para las autoridades y para los gobernados se detallan en los artículos 28 a 35 BIS 3 y en el RLGEEPAMEIA. Ante tal escenario, el presente proyecto se ciñe y cumple con todas los preceptos legales y reglamentarios que disponen ambos instrumentos para gestionar su autorización en materia de impacto ambiental.

El análisis vinculatorio correspondiente se detalla en el apartado III.4.2 de este Capítulo III de la MIA-R.

III.2.2 Convención RAMSAR sobre humedales de importancia internaciónal.

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, o Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que constituye el marco para el desarrollo de acciones nacionales e internacionales para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos naturales.

Clase de Instrumento: Tratado internacional
Adopción: 2 de febrero de 1971.
Fecha de entrada en vigor internacional: 21 de diciembre de 1975.
Vinculación de México: 4 de julio de 1986 (Adhesión)
Fecha de entrada en vigor para México: 4 de julio de 1986
DOF: 29 de agosto de 1986

Cuenta con los documentos siguientes, que están en vigor y de los que México es parte.

1. Protocolo que Modifica la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional Especial mente como Hábitat de Aves, adoptado en Paris, el 3 de diciembre de 1982.

2. Enmienda a los Artículos 6 y 7 de la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, adoptada en Regina, Canadá, el 28 de mayo de 1987.

México se adhirió a la Convención el 4 de noviembre de 1986, proponiendo como primera acción la inclusión de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos como humedal de importancia internacional. La participación mexicana en la Convención fue creciendo lentamente en sus primeras dos décadas como parte signataria. A fines del año 2000, casi 15 años después de haberse incorporado a la Convención, México había incorporado sólo siete humedales a la lista de Ramsar. Con la creación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el punto focal de la Convención y la administración de la lista de humedales mexicanos de importancia internacional pasaron a la nueva comisión, y unos pocos años más tarde la contribución de México a la designación de humedales en la lista de Ramsar comenzó a crecer vertiginosamente. En el año 2003 se incorporaron 10 nuevos humedales a la lista y en 2004 se enlistaron 34 nuevas áreas. El listado continuó activo, y en el año 2008, mediante un esfuerzo sobresaliente, México incorporó con éxito, en una sola propuesta, 45 humedales más a la lista (Ezcurra, E. 2010)[11].

Como parte complementaria de este compromiso internacional que ha asumido el país, la Comisión Nacional del Agua, en cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, está desarrollando el Inventario Nacional de Humedales, que servirá para orientar con mayor precisión la incorporación de nuevos humedales a la Convención de Ramsar, y, aún más importante, para conservar y proteger los que ya han sido incorporados y sobre los cuales México ha adquirido un compromiso internacional de gran trascendencia. El esquema de los sitios Ramsar ha ayudado de manera notable a promover la conservación de un buen número de humedales de gran importancia para el país.

A pesar de lo expuesto se destaca que México no tiene una legislación específica para la conservación de la naturaleza específica para humedales, pero ha incorporado el principio de la preservación y restauración del equilibrio ecológico en la CPEUM; también dispone de varias Leyes y Reglamentos y normas relacionadas de forma directa e indirecta con la regulación de aspectos particulares de los humedales (Travieso Bello, A.C. sf)[12]; en este sentido, no parece haber contradicciones en la legislación que limiten la conservación de estos recursos, además la legislación vigente promueve en lo general la conservación y el uso racional de los humedales.

A pesar de la importancia nacional que tiene esta Convención, sus alcances a través de la Legislación aplicable de nuestro país, no resulta vinculatorio con el proyecto que se promueve en esta MIA, toda vez que en el interior del AeP **no se ubica ningún cuerpo de agua que pudiera estar inscrito en el listado antes citado** y que, por lo tanto, pudiera verse afectado por el desarrollo del proyecto.

III.2.3 Convención CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un convenio que regula el comercio internacional de especies de la flora y de la fauna, particularmente de aquellos grupos zoológicos vulnerables (con estatus de riesgo y, muy especialmente los que se encuentran en peligro de extinción). Se redactó como resultado de una resolución aprobada en una reunión de los miembros de la UICN (Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza), celebrada en 1963. El texto de la Convención fue finalmente acordado en una reunión de representantes de 80 países, celebrada en Washington DC., Estados Unidos de América, el 3 de marzo de 1973, y entró en vigor el 1 de julio de 1975.

México se adhiere a la CITES hasta 1991. Al ser un tratado internacional jurídicamente vinculante, se ubica por debajo de la constitución y por encima de las leyes generales y sectoriales en la jerarquía jurídica de nuestro país.

Las características del proyecto y el hecho de que por ninguna razón se prevé en su diseño el aprovechamiento consuntivo o no consuntivo de la biota que se ubica en el AeP, los alcances de la Convención CITES, a través de la legislación y la normatividad nacional aplicable, son vinculantes con el desarrollo del **proyecto**, específicamente en lo correspondiente al manejo y preservación de individuos de la biota con estatus de riesgo.

III.2.4 Convenio de Viena para la protección de la capa de Ozono.

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y su Protocolo de Montreal establecen varias obligaciones clave para la protección de la capa de ozono, un resumen de las principales se desarrolla a continuación:

Convenio de Viena (1985).

1. Cooperación internacional: Los países deben colaborar en la investigación y el monitoreo de la capa de ozono y sus cambios.

2. Intercambio de información: Se promueve el intercambio de datos y experiencias sobre la protección de la capa de ozono.

3. Investigación y monitoreo: Los países deben realizar investigaciones para entender mejor el estado de la capa de ozono y los efectos de las sustancias que la dañan.

4. Medidas para reducir riesgos: Se insta a los estados a tomar medidas para reducir el riesgo de daño a la capa de ozono.

Protocolo de Montreal (1987)

1. Reducción de sustancias: Se establecen metas específicas para la reducción y eliminación gradual de sustancias que agotan la capa de ozono, como los clorofluorocarbonos (CFC).

2. Compromisos de cumplimiento: Los países firmantes deben cumplir con los plazos establecidos para la reducción de estas sustancias.

3. Asistencia técnica y financiera: Se proporciona apoyo a los países en desarrollo para ayudarles a cumplir con sus obligaciones.

4. Revisión periódica: Se establecen mecanismos para revisar y, si es necesario, enmendar el protocolo para abordar nuevos hallazgos científicos sobre la capa de ozono.

Estos acuerdos han sido fundamentales en la lucha contra el deterioro de la capa de ozono y en la protección del medio ambiente global y, nuestro país ha incorporado las obligaciones antes relacionadas a su marco jurídico.

Respecto a este instrumento, si bien no tiene una vinculación directa con acciones del proyecto, algunas acciones específicas, como la regulación de las emisiones durante la operación de maquinaria y vehículos, si inciden en el alcance de algunas de ellas, aunque de manera tangencial.

III.2.5 Convención Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (NUCC).

Suscrita el 9 de mayo de 1992, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994, suscrita por el Gobierno de México el 13 de junio de 1992 y aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores el 3 de diciembre de 1992; haciendo constar en el ámbito internacional su consentimiento en adquirir las obligaciones y lineamentos de dicho instrumento. Compromisos de elaboración, actualización periódica y publicación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, así como la formulación, instrumentación, publicación y actualización de manera regular de programas nacionales, en su caso regionales, que contengan medidas para mitigar el cambio climático encaminadas a la mitigación de emisiones en las áreas energética y forestal, así como medidas para facilitar la correcta adaptación al cambio climático.

En consecuencia, de la suscripción de instrumentos de esta naturaleza y carácter obligatorio, México deberá implementar medidas para mitigar el cambio climático. Un desarrollo trascendental en materia energética es la utilización de instrumentos tecnológicos de las energías limpias o renovables que captan la energía de carácter natural, siendo parte de las medidas más eficaces para contrarrestar el efecto invernadero. Esta aseveración en atención a que el sector eléctrico convencional es causante del 29% de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial. La implementación de proyectos como el que nos ocupa tiene su origen en instrumentos como el que se cita, por ser una fuente de energía eléctrica, derivada de la captación de energía solar, sin emisión de contaminantes o generación de residuos, contrario a los métodos convencionales causantes de los factores nocivos del planeta, la cual contribuye a la ejecución de una medida eficaz para evitar el efecto invernadero en la minimización de emisiones a la atmósfera.

III.2.6 Protocolo de Kioto Convención Marco de las NUCC.

Firmado el 11 de diciembre de 1997, entrando en vigor el 16 de febrero de 2005. Posteriormente tuvo lugar la decimoctava Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático ratificando su segundo periodo de vigencia corriendo desde enero de 2013 hasta el mes de diciembre de 2020.

Este protocolo se crea con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global, siendo un instrumento para ejecutar las acciones acordadas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En ella se especifican como los principales causantes del efecto invernadero las emisiones de vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno y ozono.

El Protocolo en cita logró que los gobiernos establecieran leyes y políticas para cumplir sus compromisos ambientales, dotar al medio ambiente como prioridad en las decisiones de inversión del sector privado entre otros.

Derivado de la suscripción del Protocolo y las medidas adoptadas en consecuencia, México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en desarrollo de proyectos MDL (Mecanismo para Desarrollo Limpio) en las áreas de recuperación de metano, energías renovables, eficiencia energética, procesos industriales y manejo de desechos, entre otros. Una manera de combatir el cambio climático y la reducción de emisiones a la atmósfera es a través de la adopción de tecnologías limpias para la generación de energía renovable, como es la energía solar. Destacando por su relevancia en el proyecto que nos atañe, a las energías renovables, siendo el aprovechamiento de la energía solar mediante plantas fotovoltaicas una energía renovable cuyo beneficio y aporte al medio ambiente es la no emisión de contaminantes a la atmósfera en comparación con las centrales térmicas, así como la omisión de generación de residuos como las generadas por los medios convencionales.

En este sentido, el proyecto pudiera considerarse, como una acción complementaria a los esfuerzos del Gobierno de México en el cumplimiento a lo establecido en la fracción I del artículo 2 de este Protocolo que indica la obligación de las partes para fomentar la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional que corresponda. Observando el desarrollo y aprovechamiento de nuevas formas no extractivas y renovables de energía. Encaminando la implementación de tecnologías de reciente creación y ecológicamente sustentables, como lo es el proceso fotovoltaico.

III.2.7 Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales, 1989, (Núm. 169 OIT).

El día 27 de junio de 1989, se adoptó en la ciudad de Ginebra, Suiza, durante la Septuagésima Sexta Reunión de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo, el Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.

El citado Convenio fue aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el día 11 de julio de 1990, según Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de agosto del mismo año.

El instrumento de ratificación, fue firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el día 13 de agosto de 1990.

El Convenio 169 (OIT) es un instrumento internacional vinculante adoptado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en 1989 y es el principal instrumento internacional sobre derechos de los pueblos indígenas en el mundo; tiene dos postulados

básicos: el derecho de los pueblos indígenas a mantener y fortalecer sus culturas, formas de vida e instituciones propias, y su derecho a participar de manera efectiva en las decisiones que les afectan. Estas premisas constituyen la base sobre la cual deben interpretarse las disposiciones del Convenio; aplicable a los siguientes:

a) a los pueblos tribales en países independientes, cuyas condiciones sociales, culturales y económicas les distingan de otros sectores de la colectividad nacional, y que estén regidos total o parcialmente por sus propias costumbres o tradiciones o por una legislación especial.

b) a los pueblos en países independientes, considerados indígena por el hecho de descender de poblaciones que habitaban en el país o en una región geográfica a la que pertenece el país en la época de la conquista o la colonización o del establecimiento de las actuales fronteras estatales y que, cualquiera que sea su situación jurídica, conservan todas sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas, o parte de ellas.

El avance sustantivo de este Convenio 169 radica en el cambio de paradigma respecto de la cuestión indígena, reconociendo la diversidad cultural y propugnando, por ello, una labor de protección y respeto hacia los pueblos indígenas y su patrimonio en general; nuevo alcance que se tradujo en el establecimiento de una serie de derechos a favor de esos pueblos sobre distintas materias con sus correspondientes deberes para los estados parte (Mohr, A T., 2012)[13].

Diversas guías y manuales que la OIT ha difundido con el objeto de orientar la aplicación e interpretación del Convenio patrocinan el derecho de consulta como uno de los derechos que definen su política fundamental (Mereminskaya, 2011)[14], al indicar que ésta es la herramienta prevista por el Convenio para institucionalizar el diálogo, asegurar procesos de desarrollo incluyentes y prevenir y resolver conflictos, y, si la OIT se ha decantado por dar especial atención a la consulta, es porque tiene como objetivo el garantizar una participación efectiva de los pueblos indígenas en niveles políticos, legislativos, administrativos y en los procesos que puedan afectarles directamente. Todo ello en respuesta a las dificultades históricas a las que se han visto expuestos para expresar su opinión. De modo que hoy, el derecho de consulta no sólo se erige como una garantía de participación sino que también como un desafío a abordar al interior de los Estados. El derecho de consulta del Convenio, se encuentra consagrado en el artículo 6.1 del instrumento y dispone que: "*al aplicar las disposiciones del presente Convenio, los gobiernos deberán: a) consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente*".

Por lo antes expuesto, parte de la influencia del Convenio 169 se ha reflejado en su carácter de modelo inspirador de reformas constitucionales y legales en materia indígena en la región de modo que muchas de las nociones que lo articulan, como las de "pueblo y comunidad indígena", "autoidentificación", "territorios tradicionales", "autonomía", "consulta", "usos y costumbres", entre otras aparecen receptadas de una u otra manera en constituciones y en normas legales en los distintos países de la región (Barié, 2003)[15].

La influencia del Convenio 169 no se ha limitado al papel de "legislación modelo" a ser seguida por los poderes políticos locales. El Convenio 169 ha sido empleado e invocado

por las propias comunidades y pueblos indígenas, y por otros actores tanto órganos públicos como organizaciones de la sociedad civil, que han actuado en defensa de los derechos e intereses de esas comunidades. Y parte del empleo de ese instrumento internacional ha consistido, justamente, en el litigio ante los tribunales locales y, en su caso, ante los órganos del sistema regional de derechos humanos.

El derecho a la consulta implica la obtención del consentimiento previo, libre e informado respecto de la implementación de programas, proyectos, reformas o modificaciones legislativas, acciones de Estado y afectación de las tierras y territorios, que impacte los valores y las prácticas sociales, culturales, religiosas y espirituales de los pueblos.

En torno a todo lo antes expuesto, resulta importante además definir, cómo se concibe a un "pueblo indígena" en nuestra legislación. Al respecto, el Artículo 2° de la CPEUM define que los "pueblos indígenas son aquellos que descienden de poblaciones que habitaban en el territorio nacional actual del país al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas o parte de ellas". Para que una persona, grupo o comunidad se considere Indígena, además de cumplir con los rubros antes señalados, la persona, grupo o comunidad debe considerarse a sí misma como tal, esto es, como indígena.

Con base en lo antes expuesto, en el apartado de socio demografía del Capítulo IV de esta MIA-R se sintetiza la información alusiva a la composición étnica de las principales poblaciones aledañas al proyecto, indicando en cada caso las proporciones relativas de habla indígena; de ser el caso y en la eventualidad de que la autoridad competente lo requiera de manera motivada y fundada, se precederá conforme a lo dispuesto por el marco jurídico aplicable en el supuesto de que se requiera desarrollar una consulta a las personas, grupos o comunidades que se identifiquen como indígenas.

III.2.8 Convenio sobre diversidad biológica (1992 – 1993).

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), adoptado en 1992 y en vigor desde 1993, establece varias obligaciones clave para los países que lo ratifican, entre ellos, México; algunas de las más importantes son:

1. Conservación de la biodiversidad: los países deben adoptar medidas para proteger y conservar la diversidad biológica en sus territorios, lo que incluye la protección de ecosistemas, especies y recursos genéticos.

2. Uso sostenible**: se promueve el uso sostenible de los recursos biológicos, asegurando que la utilización de los componentes de la biodiversidad no comprometa su capacidad para satisfacer las necesidades futuras.

3. Acceso y beneficio compartido: se establece que los países deben garantizar el acceso a los recursos genéticos y el uso de los conocimientos tradicionales, asegurando que los beneficios derivados de su utilización se compartan de manera justa y equitativa con las comunidades que los proporcionan.

4. Investigación y monitoreo: se alienta a los países a fomentar la investigación científica sobre la biodiversidad y a establecer sistemas de monitoreo para evaluar el estado de la diversidad biológica.

5. Cooperación internacional: se promueve la cooperación entre países y la participación en esfuerzos internacionales para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

6. Educación y sensibilización: se busca aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la biodiversidad y fomentar la educación en temas relacionados con su conservación.

7. Planes de acción: los países deben desarrollar y aplicar estrategias y planes de acción nacionales para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

Estas obligaciones reflejan el compromiso global para proteger la biodiversidad y garantizar que las generaciones futuras puedan beneficiarse de los recursos biológicos del planeta y, de su lectura deriva la identificación de su alcance directo a nivel de los Estados firmantes, los cuales deben integrarlos a los instrumentos legales nacionales y a través del cumplimiento de tales mecanismos, los gobernados deben cumplir con los mismos.

Para el caso del proyecto, la vinculación con las disposiciones de la LGEEPA y de la Ley General de Vida Silvestre, entre otras, evidencia la probable incidencia de algunas de sus acciones, mismas que se especifican en los apartados III.4.1 y III.4.3 de este Capítulo III de la MIA-R.

III.2.9 Acuerdo de Escazú (2018)- .

Adoptado por 24 países en la ciudad costarricense de Escazú el 4 de marzo de 2018, el llamado Acuerdo de Escazú es un instrumento vinculante emanado de la Declaración sobre la Aplicación del Principio 10 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20) de 2012, que reconoce que el mejor modo de abordar las cuestiones ambientales es con la participación de todas las personas. México se adhirió formalmente al Acuerdo de Escazú el 20 de noviembre de 2019. Este acuerdo busca garantizar el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe; constituye el primer tratado que los países de América Latina y el Caribe han celebrado en materia ambiental, el único derivado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible y el único en el mundo que contiene disposiciones específicas destinadas a proteger a los defensores de los derechos humanos en asuntos ambientales.

Tiene como finalidad garantizar la implementación plena y efectiva de los derechos de acceso a la información ambiental[III], la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales, así́ como la

[III] Por información ambiental, el acuerdo de Escazú refiere a cualquier información escrita, visual, sonora, electrónica o registrada en cualquier otro formato, relativa al medio ambiente y sus elementos y a los recursos naturales, incluyendo aquella que esté relacionaea con los riesgos ambientales y los posibles impactos adversos asociados que afecten o puedan afectar el medio ambiente y la salud, así como la relacionada con la protección y gestión ambientales.

creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, para contribuir a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible (artículo 1).

Se basa en el Principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en el que se establece lo siguiente: "El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre estos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes".

Dado que es un tratado, el Acuerdo de Escazú se rige por el derecho internacional y en él se establecen obligaciones jurídicamente vinculantes para los Estados Parte.

Además, toda vez que el Acuerdo de Escazú es un tratado sobre el medio ambiente en que se adopta un enfoque basado en los derechos humanos, en él se establece con claridad quienes son los titulares de los derechos y los responsables de las obligaciones. Por un lado, los titulares de los derechos son las personas y los grupos a los que se les reconoce un derecho o conjunto de derechos específicos, y que están facultados para reclamarlos y pedir cuentas a los responsables de cumplir con las obligaciones que impone el Acuerdo. Estos últimos son los actores que tienen una obligación o responsabilidad particular de conformidad con el Acuerdo. Los titulares de las obligaciones normalmente son actores estatales, pero, dependiendo del sistema nacional, puede haber actores no estatales que sean llamados a cumplir una obligación específica de conformidad con la legislación nacional. En el marco del Acuerdo de Escazú se pueden identificar varios titulares de derechos y de obligaciones; los titulares de los derechos son: todas las personas (de las generaciones presentes y futuras); el "público[IV]", las personas y los grupos en situación de vulnerabilidad[V] las personas, las asociaciones, las organizaciones o los grupos que promueven la protección del medio ambiente; los solicitantes; el público directamente afectado; las personas defensoras de los derechos humanos en asuntos ambientales y los pueblos indígenas y las comunidades locales.

Por su parte los titulares de las obligaciones definidos en el documento del Acuerdo de Escazú son: la o las partes, las autoridades competentes, la autoridad pública, los órganos estatales competentes.

Con base en lo antes expuesto, la empresa promovente del proyecto habrá de acatar todas aquellas disposiciones debidamente fundadas y motivadas que emita la autoridad

[IV] Por "público" se entiende una o varias personas físicas o jurídicas y las asociaciones, organizaciones o grupos constituidos por esas personas, que son nacionales o que están sujetos a la jurisdicción nacional del Estado Parte (Artículo 2 del Acuerdo de Escazú).

[V] El concepto de "Personas o grupos en situación de vulnerabilidad" es definido en el inciso e) del artículo 2 del Acuerdo de Escazú como aquellas personas o grupos que encuentren especiales dificultades para ejercer con plenitud los derechos de acceso reconocidos en dicho Acuerdo, por las circunstancias o condiciones que se entienden en el contexto nacional de cada Parte y de conformidad con sus obligaciones internacionales.

competente respecto del proyecto, en cuanto a asegurar el derecho de acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisión ambiental y el acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, para contribuir a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible

En consecuencia y dado que los instrumentos para cumplir con lo antes expuesto están previstos en la LGEEPA y en el RLGEEPAMEIA, además de publicar un extracto de esta MIA en algún periódico de amplia circulación en la Ciudad más cercana al área del proyecto, en el momento de ser requerido por autoridad competente para lo considerado en el párrafo anterior, la promovente satisfará lo que jurídicamente proceda.

III.2.10 Agenda 2030

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados miembros que la suscribieron y será la guía de referencia para el trabajo de la institución en concretar su objetivo durante los siguientes 15 años. La Agenda 2030 es una agenda transformadora, que pone a la igualdad y dignidad de las personas en el centro y llama a cambiar nuestro estilo de desarrollo, respetando el medio ambiente. Es un compromiso universal adquirido tanto por países desarrollados como en vías de desarrollo, en el marco de una alianza mundial reforzada, que toma en cuenta los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos externos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático.

En este sentido, el proyecto se alinea directamente con el objetivo 7 de esta Agenda 2030 la cual menciona *“La energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. Ya sea para los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos, el acceso a la energía para todos es esencial”*.

> *“La energía sostenible es una oportunidad – que transforma vidas, economías y el planeta”*.

Bajo este contexto, el presente proyecto se trata de la construcción de un parque fotovoltaico para la generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento de la radiación solar, por tal motivo el proyecto pertenece al grupo de energías limpias. Por otro lado, con la construcción de este parque fotovoltaico se impulsará la economía en la zona, ya que se generarán empleos para las diversas etapas con las que cuenta este proyecto, apegándose así a este objetivo marcado en la Agenda 2030.

III.3 Ordenamiento Ecológico del Territorio

El ordenamiento ecológico del territorio es uno de los instrumentos de la política ambiental (fracción XXIV del artículo 3° de la LGEEPA), cuyo objetivo es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente

y la preservación[VI] y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos; lo anterior, en términos de lo previsto en la fracción XIII del artículo 3 de la LGEEPA .

Respecto a este instrumento, la LGEEPA dispone cuatro distintos tipos de Programas: el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales (POER's), los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL's) y los Programas de Ordenamiento Ecológico Marinos.

Del análisis anterior, queda en evidencia que, dependiendo de la naturaleza, características y fundamento de cada uno de los cuatro diferentes tipos de programas de ordenamiento ecológico antes señalados, algunos de ellos regulan el uso de suelo y las actividades productivas, en tanto que otros inducen a la regulación del uso del suelo y de las actividades productivas a través de lineamientos y estrategias orientadas a la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como para la localización de actividades productivas y de los asentamientos humanos.

La relación de estos programas, en materia del cumplimiento ambiental de sus disposiciones, con las iniciativas de obras y actividades por parte de los gobernados, se sustenta en la aplicación del derecho vigente, es decir, en la observancia de los instrumentos vigentes dentro de un ámbito territorial determinado y que el estado considera obligatorios.

Basado en lo anterior se hace el siguiente análisis de la procedencia de los programas de ordenamiento jurídicamente vigentes y cuyo alcance podría incidir sobre el espacio territorial que ocupará el parque fotovoltaico y su área de influencia.

III.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Su formulación tuvo con fundamento lo dispuesto en el artículo 19 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico del Territorio (D.O.F. 2014)[16]; en el segundo párrafo del artículo reglamentario antes invocado, se dispone que "***El programa de ordenamiento ecológico general del territorio (POEGT) vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación***". La claridad de esta disposición no deja lugar a interpretaciones diferentes por lo que se reitera que este programa de ordenamiento ecológico general del territorio solo es vinculante sobre las acciones y los programas de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y no sobre las iniciativas de los regulados o gobernados, sean estos personas físicas o personas jurídicas colectivas.

Lo anterior es retomado en el Decreto correspondiente se fundamenta en cuatro artículos, el segundo de los cuales establece:

[VI] Preservación: el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales (fcc. XXIV, artículo 3° de la LGEEPA).

> *ARTICULO SEGUNDO. - En términos del Artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio será de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática* (énfasis añadido).

Se destaca en esta disposición que la observancia obligatoria vincula las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales, esto es, a través de esta vinculación se concreta el carácter inductivo de este instrumento hacia los particulares. Además, en su artículo tercero, el Decreto dispone:

> *ARTICULO TERCERO. - De conformidad con el Artículo 34 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio en sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública.(énfasis añadido)*

Esta disposición confirma el carácter de cumplimiento obligatorio del POEGT **por parte de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federa**l, hecho que se confirma con el alcance que se define en el quinto párrafo del capítulo introductorio del POEGT, mismo que se expresa en los siguientes términos:

> *El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF. (*énfasis añadido).

Con base en lo antes expuesto, resulta obvio el carácter inductivo del POEGT para los particulares y a ello se añade la limitación que surge de la escala de trabajo a la que se desarrollaron las herramientas sobre las que se constituyó este instrumento que limita la

consideración de una iniciativa de los sectores social y privado en la escala de un proyecto.

De acuerdo a lo dispuesto por la LGEEPA, en el POEGT se define la Regionalización ecológica del país, la cual comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo; la interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades, de esta manera se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 espacios geográficos denominados Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), representados a escala 1:2'000,000 y que fueron la base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico y, así mismo, para construir la propuesta del POEGT. A su vez a cada una de las UAB se le asignaron lineamientos, políticas y estrategias ecológicas específicas con el objetivo de orientar en la toma de decisiones sobre la ubicación de las actividades productivas y los asentamientos humanos en el territorio, así como fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.

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[VII], 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 la región 16.10 al interior de la cual se ubica la UAB 57 denominada "Depresión Oriental de Tlaxcala y Puebla", la cual cubre una extensión de 12,108.51 km^2 t, geográficamente abarca el Sureste del Estado de Hidalgo, el centro, norte y este del Estado de Tlaxcala, el Centro Occidente de Veracruz y el Centro Norte del Estado de Puebla (figura III.1 y tabla III.1).

Dada la naturaleza, las definiciones y los alcances del POEGT antes descritas, sus estrategias y acciones no resultan en disposiciones de cumplimiento obligado a observar de parte de los regulados o gobernados (particulares), sin embargo en fechas recientes la autoridad ambiental está requiriendo que se haga el ejercicio de vinculación con todas las estrategias y todas las acciones de la UAB respectiva, lo cual resulta, al menos jurídicamente inconsecuente, destacando además que en cada acción correspondiente a cada estrategia, no se determina el alcance de una obligación vinculante por parte del proyecto en evaluación, sino en algunos casos, la coincidencia de los objetivos y alcances del proyecto con sus acciones y sus particularidades; se destaca que de la lectura del texto y de los alcances de cada estrategia de la UAB, se confirma y resulta obvio que su atención y cumplimiento está estrictamente acotado a la actuación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y no a los particulares.

[VII] 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.

Figura III. 1 ubicación de la UAB # 57



Tabla III. 1 Características de la UAB 57 y de la región ecológica 16.10



REGIÓN ECOLÓGICA: 16.10

Unidad Ambiental Biofísica que la compone:

57. Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla)

Localización:
Sureste de Hidalgo. Centro, norte, sur y este de Tlaxcala, Centro occidente de Veracruz. Centro norte de Puebla

Superficie en Km^2:	**Población Total:**	**Población Indígena:**
12,108.51 Km^2	4,232,937 hab	Sierra Norte de Puebla y Totonacapan

Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	**Inestable. Conflicto Sectorial Bajo.** No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Media. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Alta. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Déficit de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 66.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.
Escenario al 2033:	**Inestable a crítico**
Política Ambiental:	**Restauración, Preservación y Aprovechamiento Sustentable**
Prioridad de Atención:	**Media**

UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
57	Desarrollo Social - Forestal	Agricultura	Ganadería - Minería	CFE- Industria - Preservación de Flora y Fauna	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 19, 20, 28, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

El diagnóstico de línea base que establece el POEGT para la UAB57 se resume en un esquema de degradación en suelos (alta) y de la vegetación (muy alta), lo que induce a un escenario inestable y crítico, lo que derivó en asignarle al territorio que cubre esta unidad ambiental biofísica una política de restauración y de aprovechamiento sustentable y, se establecen 30 estrategias sectoriales (Tabla III.2).

Tabla III. 2 estrategias de la UAB 57

Estrategias. UAB 57	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
A) Preservación	**1.** Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. **2.** Recuperación de especies en riesgo. **3.** Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
B) Aprovechamiento sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. **5.** Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. **6.** Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. **7.** Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. **8.** Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	**12.** Protección de los ecosistemas. **13.** Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	**14.** Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. **15 Bis:** Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. **16.** Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional. **17.** Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras). **19.** Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. **20.** Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	**28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. **29.** Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	**31.** Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. **32.** Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.
E) Desarrollo Social	**36.** Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. **37.** Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. **38.** Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. **39.** Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. **40.** Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. **44.** Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

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 57, se confirma el carácter inductivo del POEGT para el gobernado y, consecuentemente su carácter nugatorio para los efectos de este análisis vinculatorio. 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 57, 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.

III.3.2 Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (OETEH)

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (OETEH) se publicó el 2 de abril de 2001 y, en el año de 2017 la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo, a través de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico Territorial consideró necesario actualizar el instrumento de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo, iniciativa que se concretó el 25 de febrero de 2022, cuando se publica el Decreto Gubernamental por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 25.Feb.2022)[17].

Bajo la conceptualización que establece la LGEEPA del concepto de ordenamiento ecológico territorial, se abordó la actualización del OETEH, 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.

En este sentido el **Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET)** es un instrumento técnico y normativo que resulta del proceso de análisis y como conclusión de la elaboración del Ordenamiento Ecológico. Representa una propuesta de uso del territorio **basada en la** capacidad de carga de los ecosistemas y la compatibilidad entre el uso del suelo y la vocación natural del territorio, con el objetivo de lograr un desarrollo sustentable.

Definición (según la SEMARNAT), e**l** Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio es: “La propuesta de ocupación y aprovechamiento del territorio que resulta del análisis de compatibilidad ecológica, establecida con base en la vocación natural del territorio, los escenarios tendenciales y deseados, así como los conflictos identificados en el proceso de ordenamiento.”

Los elementos que lo integran son:

1. **Unidades de Gestión Ambiental (UGA):**
    - Delimitaciones espaciales con características ecológicas, sociales y económicas similares.
    - Cada UGA tiene criterios de manejo específicos.
2. **Lineamientos ecológicos:**
    - Normas técnicas o recomendaciones para el uso del suelo, el manejo de recursos y las actividades productivas.
3. **Criterios de regulación ecológica:**
    - Determinan el **grado de permisibilidad** de ciertas actividades en función de su impacto ambiental.
    - Se clasifican en: permitidas, condicionadas o prohibidas.
4. **Escenarios de desarrollo:**

- **Escenario tendencial:** cómo evolucionaría el territorio si se mantiene la tendencia actual.
- **Escenario deseado:** proyección del territorio en condiciones de sustentabilidad.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto, con lo establecido en el modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo (MOET Hidalgo), 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.

Definición de usos del suelo en el MOET Hidalgo: los Usos de Suelo definidos para el Modelo del MOET Hidalgo se establecieron en función de la imagen objetivo y el

escenario estratégico de la fase de pronóstico, así como la vocación del suelo, los usos de suelo actuales y las diferentes aptitudes sectoriales identificadas en la fase de diagnóstico. En este sentido en el Modelo del OETEH se definieron 17 usos de suelo: Acuícola, Agrícola de riego, Agrícola de temporal, Área Natural Protegida, Asentamientos humanos, Conservación, Energía eólica, Energía fotovoltaica, Forestal Maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industrial, Infraestructura, Minería no metálica, Minería metálica, Turismo de naturaleza y Turismo convencional.

Una unidad de gestión ambiental (UGA) puede ser compatible con uno o más de estos usos de suelo, y ser incompatible con el resto. La compatibilidad ocurrirá cuando el uso de suelo coincida con las aptitudes, potencialidades o tendencias de la UGA, mientras que la incompatibilidad ocurrirá cuando un determinado uso afecte las condiciones ecológicas, funcionales y/o productivas de una determinado UGA; en este sentido el OETEH define al uso condicionado como el uso de suelo que se puede llevar a cabo en un área con peculiaridades edafológicas concretas, pero que corresponderá estar sujeto a condicionantes de uso, que impida su deterioro provocado por la pérdida de su estructura y funcionalidad, en tanto que el uso incompatible es aquel que genera conflicto ambiental y/o sectorial. Esto debido a que compite con otros usos por recursos, es decir, disminuye la capacidad de desarrollo de otros usos. Es el uso que puede perturbar las situaciones estructurales y funcionales de un suelo debido a que no se respeta la vocación de este y puede inducir su erosión, deterioro, contaminación o eliminación por arrastre o transporte no controlado.

De acuerdo al Artículo 3 del reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico (DOF, 2014[18]), un programa de ordenamiento está constituido principalmente por dos elementos: el modelo de ordenamiento ecológico, que integra la regionalización del área y los lineamientos ecológicos aplicables a cada región; y las estrategias ecológicas aplicables al mismo, que resultan de integrar los objetivos, acciones y proyectos. Estos lineamientos y estrategias ecológicas son asignados a las Unidades de Gestión Ambiental (UGA). Una vez que las UGAs son definidas y caracterizadas se les asigna la política ambiental y el lineamiento ecológico[VIII] que le corresponde.

Políticas ambientales: las Políticas establecidas en el OETEH, contempladas en todas y cada una de las Unidades de Gestión Ambiental se refieren a los lineamientos ecológicos que deberán de tomarse en cuenta para desarrollar las diversas actividades productivas y de servicio. Las políticas tienen como objetivo, inducir conductas de aprovechamiento sustentable sin impedir o disminuir los procesos de aprovechamiento y uso de los recursos, siempre y cuando no sean acciones prohibidas expresamente por el presente acuerdo. Al respecto, las políticas que establece el OETEH son:

1) Aprovechamiento: se aplica a áreas con elevada aptitud productiva actual o potencial para varias actividades productivas, entre ellas el desarrollo urbano y las actividades agrícolas, pecuarias, turísticas e industriales. Se propone para estas UGA una reorientación de la forma actual de uso y aprovechamiento de los recursos naturales que

[VIII] El reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico, en su Artículo 3 lo define como la meta o enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental. En este sentido, el lineamiento ecológico permite la definición o identificación especifica del objeto de la política, además de facilitar el establecimiento del mecanismo de seguimiento.

propicie la diversificación y sustentabilidad y que no impacte negativamente el medio ambiente.

2) Conservación: dirigida a áreas con elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales que actualmente se encuentran bajo algún tipo de aprovechamiento. De esta forma se intenta reorientar la actividad productiva con un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, garantizando la continuidad de los ecosistemas y reduciendo o anulando la presión sobre de ellos.

3) Protección: se asigna a áreas con elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales. Se necesita reorientar la actividad productiva con un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, garantizando la continuidad de los ecosistemas y reduciendo o anulando la presión sobre de ellos. Se fomenta en ciertas áreas la actividad forestal para la extracción de productos maderables y no maderables.

4) Restauración: dirigida a zonas que debido a la presión de diversas actividades antropogénicas han sufrido una degradación en la estructura o función de los ecosistemas y en las cuales es necesaria la realización de un conjunto de actividades para la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. De esta manera, una vez lograda la restauración será posible asignar otra política, de protección o de conservación.

5) Aprovechamiento - conservación: se aplica a zonas agrícolas y fragmentos de vegetación de bosque o matorral en condiciones óptimas para su conservación, por lo que es necesaria la implementación de esta política para mejorar su productividad en zonas de baja pendiente y conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en beneficio de los poseedores de la tierra, evitando la disminución del capital natural.

6) Aprovechamiento - restauración: dirigida a áreas agrícolas, en medio de las cuales se encuentran fragmentos de vegetación de bosque o matorral perturbados o actividades agropecuarias desarrollándose en predios con vocación forestal. Debido a la elevada erosión potencial y a menudo a la baja rentabilidad de la agricultura, es conveniente restaurar aquellas UGA que cuenten con esta política.

7) Conservación - restauración: se asigna a áreas que presentan una elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales, y sin embargo cuentan con zonas con algún grado de perturbación o alteración. Por lo tanto, en estas UGA resulta importante conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra, evitando la disminución del capital natural, pero generando los mecanismos necesarios para la recuperación de las zonas degradadas, disminuyendo la fragmentación de los ecosistemas y recuperando los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.

La calidad ecológica de los recursos naturales y la fragilidad ambiental del territorio. Son la base para establecer las políticas por las cuales se definen los criterios de uso de suelo el aprovechamiento, protección, conservación y restauración de los recursos naturales. En este sentido la política territorial que prevalece en la que se encuentra el proyecto, presenta una política territorial de aprovechamiento y restauración, la cual de acuerdo al

MOET Hidalgo se caracteriza por poseer áreas con usos productivos actuales o potenciales, así como áreas con características adecuadas para el desarrollo urbano.

Lineamientos ecológicos: el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPAMOE), en su artículo 3° frac XVI define al lineamiento ecológico como la meta o el enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental. Permite la definición específica del objeto de la política, además de facilitar el establecimiento del mecanismo de seguimiento. En este sentido, cada UGA posee un lineamiento único con especificaciones cuantitativas sobre la superficie en hectáreas destinadas para terrenos forestales y terrenos preferentemente no forestales en la gestión de los usos del suelo consuntivos presentes, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para el desarrollo de los sectores involucrados en cada UGA.

Estrategias ecológicas: las estrategias ecológicas integran los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de Ordenamiento Ecológico. Para el caso del proyecto, el OETEH establece que este tipo de iniciativas debe sujetarse a la estrategia general de "*reducir las emisiones de gases de efecto invernadero*" y a la estrategia específica y a las acciones para concretar a esta últim*a a:* "*utilizar la energía térmica del sol para calentar un fluido mediante colectores solares adecuados*" (Tabla de estrategias ecológicas del OETEH, página 67, Etapa de Propuesta, 2001).

Una vez que se tienen las políticas y los lineamientos ecológicos definidos, el siguiente paso es la integración de las estrategias ecológicas. Una estrategia ecológica es, de acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (Articulo 3, Fracción XII), la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de Ordenamiento Ecológico.

Las estrategias ecológicas estarán compuestas por:

- Objetivos específicos. Que lleven al logro de los lineamientos ambientales, así como a la minimización de los conflictos ambientales, que deberán establecer una medida cualitativa o cuantitativa, incluyendo, en lo posible, tiempos, cantidades y responsables.
- Usos autorizados, prohibidos y condicionados deberán corresponder con los sectores identificados en la sección de Sectores que inciden en el área a ordenar de la etapa de Caracterización.
- Las acciones, proyectos y programas de las dependencias y entidades de los gobiernos federal, estatal o municipal, dirigidas al logro de los objetivos específicos y los lineamientos ecológicos aplicables en el área a ordenar.
- Criterios de regulación ecológica. Los aspectos generales o específicos que norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento e incluso de manera específica a nivel de las distintas UGA. Estos criterios pueden referirse a los aspectos

constructivos de alguna obra, o condiciones ambientales que los proyectos deben cumplir.

- Indicadores Ambientales. Que permitan evaluar el cumplimiento de los lineamientos ecológicos y la eficacia de las estrategias en la disminución de los conflictos ambientales.

La Propuesta de la actualización del OETEH integra el modelo de ordenamiento ecológico, que incluye la delimitación de las unidades de gestión ambiental (UGA), así como también la definición de los usos del suelo, las políticas ambientales, los lineamientos ecológicos, las estrategias y los criterios ecológicos. En su elaboración se utilizó una escala 1:50,000 para la construcción del modelo, así como en el trazado de las 2,373 Unidades de Gestión Ambiental (UGA); al respecto el AeP se ubica dentro de la UGA 0506. Dicho modelo es la representación de las unidades de gestión ambiental y sus respectivos lineamientos ecológicos. Una unidad de gestión Ambiental (UGA) es la unidad mínima del territorio a la que se asignan determinados lineamientos y estrategias ecológicas. Los criterios ecológicos orientaran las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente para actividades productivas, asimismo en la ubicación de asentamientos humanos, teniendo el carácter de instrumentos de la política ambiental

Usos de suelo: la UGA en la que se pretende incorporar el AeP, presenta un uso de suelo predominante agrícola de temporal y, los usos condicionados que define el OETEH corresponden a la propia agricultura de temporal y a los proyectos de parques fotovoltaicos, ambos con un índice de aptitud de 4/5[IX].El uso de suelo para energía fotovoltaica es definido en el OETEH como el *Aprovechamiento del suelo dentro y fuera de los centros de población para la construcción y operación de sitios de aprovechamiento de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos* (Modelo de OETEH, 2021. página 41) (Tabla III.3).

Respecto al carácter de uso condicionado que se asigna a los proyectos de parques fotovoltaicos, ello significa que dicho uso de suelo *se puede llevar a cabo en un área de la UGA 0506 con peculiaridades edafológicas concretas, pero que estará sujeto a condicionantes de uso, que impida su deterioro provocado por la pérdida de su estructura y funcionalidad* (OETEH, 2021, página 42), las cuales son definidas en los criterios de regulación ecológica que se desarrollan más adelante. Respecto a lo anterior, cabe diferenciar un uso condicionado de un uso incompatible, ya que, proyectos que pretendan hacer uso del primero (uso condicionado) pueden aplicarse en cualquier espacio de la UGA, sí y solo si, se satisfacen los alcances de los criterios de regulación ecológica que

[IX] La aptitud sectorial que establece el OETEH se estima con indicadores cuyo rango de valor va de 0/5 (el cual evidencia uqe no hay aptitud en la UGA correspodiente para el sector respectivo hasta 5/5 que reporta una aptitud muy alta; Así, el índice de 4/5 que le asigna dicho instrujmento a los proyectos fotovoltaicos significa que estos tienen una alta apitud en la UGA 0506.

el OETEH le aplica, en tanto que, los usos incompatibles[X], no tienen cabida en ningún espacio de la UGA.

Tabla III. 3 Síntesis de las definiciones del OETEH para la UGA 0506

HIDALGO
crece contigo

UGA 0506





Política:	Aprovechamiento
Región:	Otomí - Tepehua
Superficie:	494.8 ha
Riesgos Ambientales:	CAI 0/5, DES 0/5, ERO 3/5, HEL 4/5, HUN 0/5, INU 3/5, SEQ 1/5, TOR 2/5
Aptitud Sectorial:	AC 0/5, AG 4/5, AH 2/5, CO 0/5, FO 0/5, GA 4/5, ID 1/5, IF 3/5, MI 4/5, PE 2/5, PF 4/5, TU 1/5
Usos de suelo:	Agricultura de temporal (494.8ha)

Lineamientos: En los terrenos preferentemente forestales y similares (494.8ha) se gestionan los usos del suelo consuntivos presentes, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para el desarrollo de los sectores de: Agrícola de temporal, Energía fotovoltaica, Ganadería, Infraestructura, así como la construcción de su equipamiento asociado.

Agua

Nombre del acuífero: 1508 Cuautitlán Pachuca	**Disponibilidad de Agua Subterránea:** -106.04 hm3/año
Recarga del acuífero: Moderada	**Volumen de extracción:** 545.39 hm3/año

Relevancia Ambiental

Terrenos forestales: 0 ha	**Captura de carbono:** 0 ton/año	**Grado de conservación:** Bajo
Terr. pref. forestales: 494.8 ha	**Valor de Conservación:** Muy alto	**Fragilidad ecológica:** Baja

Uso de Suelo

Usos Condicionados:	Agrícola de temporal, Energía fotovoltaica, Ganadería, Infraestructura,
Usos Incompatibles:	Acuícola, Agrícola de riego, Asentamientos humanos, Conservación, Energía eólica, Forestal maderable, Forestal no maderable, Industrial, Minería metálica, Minería no metálica, Turismo de naturaleza, Turismo convencional,

Criterios de Regulación Ecológica

AT01, AT02, AT03, AT04, AT05, AT06, AT07, AT08, AT09, AT10, AT11, AT12, AT13, AT14, AT15, AT16, AT17, AT18, AT19, AT20, CC03, CC07, CC09, EF01, EF02, EF03, EF04, EF05, EF06, EF07, EF08, EF09, EF10, GA01, GA02, GA03, GA04, GA05, GA06, GA07, GA08, GA09, GA10, GA11, GA12, GA13, GA14, GA15, GA16, GA17, GA18, GA19, IF01, IF02, IF03, IF04, IF05, IF06, IF07, IF08, IF09, IF10, IF11, IF12, IF13, IF14, IF15, IF16,

Estrategias Ecológicas

E013, E021, E024, E025, E026, E028, E029, E030, E031, E032, E035, E039, E040, E041, E042, E043, E044, E045, E046, E047, E048, E049, E100, E161, E004, E005, E006, E007, E008, E009, E014, E015, E016, E017, E018, E086, E087, E067, E069, E119, E122, E146, E150, E152, E153,

[X] El uso incomatible es aquel que que genera conflicto ambiental y/o sectorial. Esto debido a que compite con otros usos por recursos, es decir, disminuye la capacidad de desarrollo de otros usos. Es el uso que puede perturbar las situaciones estructurales y funcionales de un suelo debido a que no se respeta la vocación de este y puede inducir su erosión deterioro, contaminación o eliminación por arrastre o transporte no controlado (OETEH, 2021, página 42)..

La política que aplica a esta UGA es la de aprovechamiento la cual se aplica a áreas con elevada aptitud productiva actual o potencial para varias actividades productivas, entre ellas el desarrollo urbano y las actividades agrícolas, pecuarias, turísticas e industriales, y, en el caso de la UGA 0506, los parques fotovoltaicos. Se propone para estas UGA una reorientación de la forma actual de uso y aprovechamiento de los recursos naturales que propicie la diversificación y sustentabilidad y que no impacte negativamente el medio ambiente. Para la UGA en la cual pretende incidir el proyecto (UGA 0506), el lineamiento ecológico que le define el OETEH es: *en los terrenos preferentemente forestales y similares (494. 8 ha)*[XI]*, se gestionarán los usos del suelo consuntivos presentes, con la posibilidad de realizar cambios de uso de suelo para el desarrollo de los sectores de: Agrícola de temporal,* ***Energía fotovoltaica****, Ganadería, infraestructura, así como la construcción de su equipamiento asociado;* y los criterios de regulación ecológica para el sector de energía fotovoltaica son los que el OETEH identifica con las claves: EF01 a EF10 y, el análisis vinculatorio con el alcance de cada uno de estos diez criterios se detalla en la tabla III.4

Tabla III. 4 Criterios de regulación ecológica de la UGA 0506 del OETEH

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ANALISIS VINCULATORIO
EF01	Para la selección de sitio para un desarrollo de parques para aprovechamiento de la energía fotovoltaica, se deberán considerar solamente terrenos preferentemente forestales. Si por excepción la autoridad competente autoriza el cambio de uso de suelo para parques eólicos o fotovoltaicos, en una UGA compuesta de **terrenos forestales**, se podrá cambiar el uso de suelo hasta un 20% de su superficie. El **terrenos forestal** restante (80%) deberá estar sujeto a acciones de manejo permanentes que promuevan la conservación de las comunidades vegetales presentes, el manejo de hábitats de fauna silvestre y la reubicación de los ejemplares de especies vegetales provenientes del área desmontada, así como la minimización en la fragmentación de hábitats y los efectos de borde y relajación en la o las teselas de vegetación remanente, así como el manejo de los hábitats para mantener la conectividad ecológica. Las acciones de rehabilitación y manejo, enunciativas más no limitativas son: • Disminución del riesgo por incendio (creación de brechas cortafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etc.), • Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO), • Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas, • Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas,	El desarrollo del proyecto se establecerá en terrenos de naturaleza preferentemente forestales, según se pone en evidencia en el Capítulo IV de esta MIA-R; de hecho, en la vegetación del AeP fue determinada, en más del 90% de su superficie como vegetación de agricultura de temporal anual y, apenas un 4.2% corresponde a vegetación secundaria de bosque de táscate y vegetación secundaria de matorral crasicaule. El hecho de que se trate de una cubierta vegetal de tipo secundaria significa que son áreas de vegetación que se encuentra en desarrollo en sitios que previamente fue significativamente perturbado o despojado de su vegetación original. Esto pudo haber sido resultado de la ampliación de la frontera agrícola principalmente del cultivo de la cebada el cual tuvo su auge desde los años setenta del siglo pasado, además de que, el cultivo de maíz de temporal ha sido una práctica añeja en esta región y, para ello la remoción de la cubierta natural fue una actividad continua; en adición, al tratarse de cultivos anuales, vulnerables a

[XI] La fracción LXXII del artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) define a un terreno preferentemente forestal como "*aquel que habiendo estado cubierto por vegetación forestal y que en la actualidad no está cubiuerto por dicha vegetación, pero que por sus condiciones de clima, suelo y topografóa, cuya pendiente es mayor al 5 por ciento en una extensión superior a 38 metros de longitud y puede incorporarse al uso forestal, suempre y cuandono se encuentren bajo un uso aparente.*

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ANALISIS VINCULATORIO
	con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, • El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del **terreno forestal**, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.	heladas, sequias y/o otros fenómenos meteorológicos, hace que los campesinos abandonen cíclicamente sus áreas de cultivo, en los cuales, el proceso de sucesión ecológica va propiciando el re establecimiento de individuos de especies pioneras que van formando una cubierta de vegetación secundaria.
EF02	En las UGA's de **terrenos preferentemente forestales** que contemplen cambio de uso del suelo para parques fotovoltaicos, se deberá reforestar el 20% de su superficie con especies nativas que estarán sujetos a acciones de manejo. Las acciones de manejo, enunciativas más no limitativas, son: • Disminución del riesgo por incendio (Creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etcétera). • Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO). • Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con su magnitud. • Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. • El área reforestada (con especies nativas) se ubicará preferentemente en la periferia del terreno, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.	En cumplimiento al alcance de este criterio y, dado que el establecimiento del parque fotovoltaico habrá de requerir la remoción de 5.3% de la superficie del AeP (28.7021 ha) la superficie con vegetación secundaria de bosque de táscate y de matorral crasicaule, el promovente del proyecto desarrollará la operación indicada y las acciones de manejo aplicables a las características AeP. Las características de estas actividades se detallan en los lineamientos del programa de compensación forestal, que se presenta en el Capítulo VI de esta MIA-R.
EF03	Los **terrenos forestales** remanentes, derivados de los cambios de uso de suelo que las autoridades competentes lleguen a aprobar, deberán estar sujetos a un manejo de hábitats por parte del promotor del proyecto durante su periodo de vigencia, incluyendo la etapa de construcción y adecuación del predio. Para tal efecto, se llevarán a cabo las siguientes acciones de manera enunciativa más no limitativa: se construirá infraestructura para la creación de refugios, sitios de anidamiento, retención y disponibilidad de agua para la fauna silvestre; se realizarán acciones de erradicación de especies invasoras; se darán cuidados para los ejemplares de especies vegetales afectados. La reubicación deberá considerar, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: ubicación de los ejemplares sujetos a ser replantados; identificación y preparación de los sitios donde se replantarán los ejemplares rescatados; extracción de ejemplares, secado y adición de plaguicidas y enraizadores a los ejemplares; replantación, riego y monitoreo.	Los terrenos que pretende ocupar el proyecto no coinciden con la definición de lo que es un terreno forestal y que se detalla en la fracción LXXI del artículo 7 de la LGDFS, sino que se trata de terrenos preferentemente forestales, por lo tanto el alcance de este criterio de regulación ecológica no le resulta vinculante.
EF04	Los **terrenos forestales** que, por excepción, sean utilizados para la creación de proyectos de desarrollo acordes a la vocación de la UGA, podrán incrementar la superficie autorizada de cambio de uso del suelo del 20% hasta en un máximo de un 80% de su superficie, por medio de la transferencia de derechos de desarrollo, provenientes de predios con terrenos forestales ubicados en la misma UGA, con una superficie equivalente a la superficie que se pretenda intervenir. Para tal efecto, los promotores del desarrollo deberán establecer los	Los terrenos que pretende ocupar el proyecto no coinciden con la definición de lo que es un terreno forestal y que se detalla en la fracción LXXI del artículo 7 de la LGDFS, sino que se trata de terrenos preferentemente forestales, por lo tanto el alcance de este criterio de regulación ecológica no le resulta vinculante.

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ANALISIS VINCULATORIO
	mecanismos de cesión de esos derechos con los dueños de los terrenos que no serán intervenidos. Los terrenos que cedan sus derechos de desarrollo deberán ser designados como Zonas sujetas voluntariamente a conservación de conformidad a Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo y demás disposiciones aplicables. El 20% de terreno forestal del proyecto de desarrollo deberá estar sujeto a un manejo previamente avalado por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales que considere, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: • Disminución del riesgo por incendio. • Control de plagas. • Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO). • Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas. • Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de las especies de fauna y flora nativas. • El área sin desmontar se ubicará preferentemente en la periferia del terreno forestal, permitiendo la continuidad de la vegetación con los predios adyacentes.	
EF05	En el escenario de que no exista disponibilidad de **terrenos forestales** para intercambiar derechos de desarrollo en la UGA, se podrá a cabo la transferencia de derechos de terrenos preferentemente forestales en una relación de 2:1 con respecto al terreno forestal que se pretenda intervenir. La transferencia de derechos será hasta alcanzar el 80% de la superficie del predio a desarrollar. Los promotores del desarrollo deberán establecer los mecanismos de cesión de esos derechos con los dueños de los terrenos preferentemente forestales. Los terrenos preferentemente forestales que cedan sus derechos de desarrollo, deberán ser sujetos de un proceso de restauración ecológica, que será responsabilidad tanto del desarrollador del proyecto como del dueño del predio, hasta que se conviertan en terrenos forestales con la biodiversidad, estructura y funciones ecológicas propias del ecosistema alcanzables de acuerdo al criterio científico avalado por una institución académica. El 20% de terreno forestal del proyecto de desarrollo deberá estar sujeto a un manejo previamente avalado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que considere, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: • Disminución del riesgo por incendio (creación de brechas contrafuego, retiro de biomasa vegetal muerta, etc.), • Control de plagas, • Erradicación de especies invasoras (determinadas por la CONABIO), • Creación de infraestructura para la contención y estabilización de la erosión en concordancia con el tamaño y magnitud de las zonas erosionadas. • Manejo de los hábitats para favorecer la presencia de especies de fauna y flora nativas.	Toda vez que los terrenos que pretende ocupar el proyecto son coincidentes con la definición de lo que son los terrenos preferentemente forestales y que detalla la fracción LXXII del artículo 7 de la LGDFS, no se registra la necesidad de realizar el intercambio que detalla este criterio de regulación ecológica, por lo que no resulta vinculante su alcance con las características del proyecto y de los terrenos en los cuales se establecerá.

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ANALISIS VINCULATORIO
EF06	En la construcción y adecuación de los predios para la instalación de los parques fotovoltaicos, la actividad de deshierbe y/o desplante se efectuará mediante prácticas mecánicas y/o manuales, eliminando la aplicación de defoliadores químicos y actividades de quema.	En la etapa de preparación del sitio y construcción, se cumplirá con el alcance de esta disposición y los trabajos de despalme y desmonte, dentro de las cuales se incluye el deshierbe, se efectuará mediante prácticas mecánicas o manuales sin utilizar, bajo ninguna circunstancia defoliadores químicos o quemas.
EF07	En la construcción y adecuación de los predios para la instalación de los parques fotovoltaicos, en caso de que se requiera remover vegetación natural y por tanto exista peligro de erosión, se deberán llevar a cabo prácticas que minimicen dicho peligro, tales como mediante zanjas de ladera, realizar reforestación con especies nativas en el contorno del predio y utilizar franjas con vegetación densa.	El diseño del proyecto y dentro de las estrategias y medidas de prevención, mitigación y/o compensación de los impactos potenciales sobre el factor ambiental suelo, esta MIA-R, en su Capítulo VI, en caso de recibir la aprobación del proyecto en materia de impacto ambiental, prevé la presentación de un programa de reforestación con especies nativas, complementados con un programa de manejo y preservación del suelo, para prevenir el incremento de la erosión en el AeP, cumpliendo así con el alcance de este criterio de regulación ecológica.
EF08	En la operación de los parques fotovoltaicos se deberá contemplar: • Señalización e instalación de sistemas de protección de recintos con poblaciones o hábitats críticos de especies clave en las proximidades de los elementos del proyecto. Información a operarios. • Evitar trazados del tendido eléctrico aéreo que intercepten corredores migratorios, zonas de intenso sobrevuelo, o elementos del paisaje que tengan función de conectividad para las aves: ríos, humedales, bosques isla, u otros enclaves de concentración de aves. • Protocolo de actuación en caso de derrames o vertidos accidentales.	El diseño de la operación del proyecto, en la eventualidad de que así se requiera, prevé instalar sistemas de protección de recintos para poblaciones o hábitats críticos de especies clave en las proximidades de los elementos del proyecto. Información a operarios; evitar trazados del tendido eléctrico aéreo que intercepten corredores migratorios, zonas de intenso sobrevuelo, o elementos del paisaje que tengan función de conectividad para las aves, aunque se destaca que en el AeP no existen ríos, humedales, bosques isla, u otros enclaves de concentración de aves y, para el caso de residuos, tal y como se detalla en el Capítulo VI de esta MIA-R, establecer un programa de manejo integral de residuos, dentro del cual se prevé la adopción de medidas específicas para prevenir derrames de materiales contaminantes o vertidos accidentales, con lo cual se cumple con el alcance de este criterio de regulación ecológica.
EF09	Los residuos sólidos o líquidos de los parques fotovoltaicos, tales como instrumentos eléctricos, baterías, paneles dañados o cualquier otro residuo, deben ser dispuestos en los centros de reciclaje y disposición final que corresponda según su tipo, y no podrán permanecer en el predio del proyecto de manera temporal ni permanente.	El manejo integral de residuos (residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos que pudieran generarse en cualquiera de las etapas del proyecto), será realizado y gestionado de conformidad a lo dispuesto por la Ley General para la Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento, así como las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ANALISIS VINCULATORIO
		Todo ello queda plasmado en los lineamientos del Programa de Manejo Integral de los Residuos que se presenta en el Capítulo VI de esta MIA-R.
EF10	Luego del cierre de operaciones, los promoventes del parque fotovoltaico deberán restaurar el predio impactado. Esto incluirá los sitios en los que se encontraba la infraestructura, maquinaria, almacenes, caminos de acceso y en general cualquier sitio que hubiera sido intervenido. Las acciones de restauración deberán considerar, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes aspectos: adquisición de plantas nativas del sitio del proyecto; preparación de los terrenos; época de plantación; implementación de sistemas de riego; fertilización; protección de la reforestación y reposición de ejemplares. No deberá reforestarse con especies de eucalipto (*Eucaliptus*), pirul (*Schinus molle*) y casuarina (*Casuarina*), debido a que estos organismos son altamente competitivos, son invasores, no aportan materia orgánica al suelo y absorben grandes cantidades de agua.	En la eventualidad de que, en el largo plazo, el proyecto llegue a rebasar su vida útil y, de ser el caso que se decida suspender la continuidad de sus operaciones y, consecuentemente su abandono, se desarrollaran los lineamientos del programa de eventual abandono del proyecto (lago plazo), el cual se presenta en el capítulo VI de esta MIA-R. Dentro de dichos lineamientos se consideran: La restauración del predio impactado, La revegetación, exclusivamente con vegetación nativa de la región ecológica en el cual pretende ubicarse el proyecto, Mantenimiento de los trabajos de revegetación. Aquellas otras que, el desarrollo y avance de los trabajos de revegetación vayan siendo requeridos.

En resumen, las recomendaciones y criterios de esta UGA no exteriorizan alguna limitante que el proyecto no pueda satisfacer y, para ello, habrán de considerarse los alcances generales que se detallan en los criterios antes transcritos.

III.3.3 Planes y programas 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**[XII] 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.

Con la finalidad de reforzar lo anterior, será necesario verificar las disposiciones de la normatividad local en el tema.

De una revisión al régimen jurídico del estado de Hidalgo fue posible corroborar que la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial (LAHDUyOT Hgo) del estado de Hidalgo (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 17/Septiembre/2007)[19], destaca los siguientes aspectos:

Primero, en su Artículo 4º, la LAHDUyOT Hgo, define al concepto "centro de población" en los siguientes términos: "*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*" (fracción IV, artículo 4º), lo cual deja en claro que el centro de población se acota por el área urbanizable que

[XII] "***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 núcleo poblacional ordena a través del PDU, el cual, por su parte es definido por este mismo instrumento como “El conjunto de Reglamentos, planos, normas técnicas o disposiciones relativas para ordenar y regular las provisiones, usos, reservas y destinos del Territorio de la Entidad, para la fundación, mejoramiento, conservación y crecimiento de los **centros de población** y el desarrollo urbano en general”; (fracción XXIV, artículo 4º de la LAHDUyOT Hgo.).

En este sentido se hizo una investigación a efecto de determinar la existencia y disponibilidad de un PDU legalmente vigente emitido tanto por el H Ayuntamiento de Epazoyucan como por el H. Ayuntamiento de Singuilucan, sin embargo, no se encontró ninguna versión de instrumentos de esa naturaleza vigente. Al respecto se hizo la consulta telefónica con las áreas de Obras Pública y Desarrollo Urbano de ambos Ayuntamientos y se confirmó que en ninguno de los dos Municipios se dispone de PDU en vigor y; consecuentemente se puede afirmar que ni en el Municipio de Epazoyucan, ni en el de Singuilucan y particularmente sus capitales, las ciudades del mismo nombre, no dispone de un PDU jurídicamente vinculante con el proyecto y, consecuentemente no puede elaborarse un ejercicio de vinculación al respecto, ya que, por mandato del artículo 115 de la CPEUM, solo los Ayuntamientos tienen la facultad de regular el uso del suelo en los Centros de Población.

En alcance a lo anterior, en ciertas ocasiones se considera que de manera supletoria, al no existir un PDU municipal, como es el caso de lo que sucede en los Municipios de Epazoyucan y de Singuilucan, el proyecto debe ajustarse a lo que disponen los planes estatales en la materia. En ese sentido, si bien, tal enfoque rebasa el alcance que el legislador impuso en el texto del segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA, un análisis del significado que le imprime la LAHDUyOT Hgo al concepto del Plan Estatal de Desarrollo Urbano, lo vincula al Programa Estatal de Desarrollo Urbano, el cual es definido como “*El conjunto de Reglamentos, planos, normas técnicas o disposiciones relativas para ordenar y regular las provisiones, usos, reservas y destinos del Territorio de la Entidad, para la fundación, mejoramiento, conservación y crecimiento de los centros de población y el desarrollo urbano en general*” (fracción XXIV, del artículo 4 de la LAHDUyOT Hgo) y, le confiere al propio Gobierno estatal la facultad para: “*Aprobar el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, los Programas Regionales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, así como los de ordenación de zonas conurbadas, zonas metropolitanas y los demás que de éstos se deriven*” (fracción V del artículo 5º de la LAHDUyOT Hgo) y dar la asesoría que los Municipios requieran para llevar a cabo la zonificación y formulación de sus programas de desarrollo urbano de centros de población, de conformidad con la normatividad aplicable en la materia (fracción IX del artículo 5º de la LAHDUyOT Hgo), además de que dicha Ley establece la conformación de un Sistema Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial cuya integración la detalla en su artículo 10 en los siguientes términos:

“*El Sistema está constituido por el conjunto de programas y disposiciones tendientes a la ordenación de los asentamientos humanos y la regulación de las acciones de fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población en la Entidad; dicho Sistema estará integrado por:*

***I.-** El Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial;*

…

***V.-** Los Programas Municipales de Desarrollo Urbano;*

***VI.-** Los Programas de Desarrollo Urbano de los Centros de Población; y*

***VII.-** Los Programas Parciales y Sectoriales de Desarrollo Urbano, derivados de los programas a que se refieren las fracciones II a VI de este Artículo*."

Además, este instrumento dispone que los programas que integran el Sistema deberán guardar congruencia entre sí, sujetarse a los lineamientos del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial y no contravenir las disposiciones de los programas de niveles superiores en el Sistema (Artículo 11 de la LAHDUyOT Hgo), así como lo siguiente:

"*ARTÍCULO 12.- Los programas a que se refiere el Sistema, se formularán y aprobarán en los términos previstos en esta Ley, serán Publicados en el Periódico Oficial del Estado e inscritos en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio y se mantendrán para consulta del público en las Oficinas de la Secretaría y de las Autoridades Municipales (Artículo 12). De manera complementaria la Ley en comento dispone que los Programas Municipales, de centros de población y parciales de desarrollo urbano aplicarán el siguiente procedimiento (Artículo 16):*

***I.-** El Municipio formulará el proyecto del programa y lo remitirá al Ejecutivo,*

***II.-** El Estado, a través de la Secretaría formulará las observaciones respectivas sobre su contenido y las relativas a la congruencia del proyecto con el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial;*

***III.-** Una vez dictaminado el proyecto, estará a disposición, consulta y opinión de la ciudadanía, organizaciones sociales, instituciones académicas y de investigación y autoridades interesadas durante un plazo no menor de 15 ni mayor a 30 días naturales, a convocatoria que haga de éste el Presidente Municipal, disponiendo lo conducente para su difusión en el sistema de información que instrumente el Ejecutivo*."

Con base en todo lo antes expuesto, estimamos que se ha evidenciado que el Plan Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorio no es un instrumento supletorio de un Programa (o Plan) Municipal de Desarrollo Urbano, ni en origen ni en alcances, ya que el Plan Estatal es elaborado para integrar "*El conjunto de Reglamentos, planos, normas técnicas o disposiciones relativas para ordenar y regular las provisiones, usos, reservas y destinos del Territorio de la Entidad, para la fundación, mejoramiento, conservación y crecimiento de los centros de población y el desarrollo urbano en general*" y, que el mismo forma parte del **XXXI.-** Sistema: El Sistema Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de carácter sectorial, definido como el conjunto de programas y disposiciones tendientes a la ordenación de los asentamientos humanos y la regulación de las acciones de fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población en la Entidad, mismo que forma parte del Sistema Estatal de Planeación Democrática (fracción XXXI del artículo 3º de la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo (última modificación

7.junio de 2024) (LAHDUOT Edo. Hgo.); de acuerdo al alcance del artículo 11 de ldicha Ley, los programas que integran el Sistema deberán guardar congruencia entre sí, sujetarse a los lineamientos del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial y no contravenir las disposiciones de los programas de niveles superiores en el Sistema, en consecuencia el PEDUyOT no es un instrumento homologo a un PDU sino es aquella herramienta que dicta directrices a los Gobiernos Municipales para dar congruencia a un Instrumento Estatal rector que es el PEDUyOT.

III.4 Instrumentos jurídicos aplicables en materia ambiental

En ese marco y, anticipando un análisis inicial de la LGEEPA, es importante considerar lo dispuesto en su artículo 4 "*lato sensu*", el cual dispone a la letra lo siguiente:

"Artículo 4. La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales"

Esta disposición define con claridad que las competencias de cada orden de gobierno se encuentran definidas en dicho instrumento y, en relación a lo anterior, en el Capítulo V, al establecerse las competencias de la Federación, la LGEEPA instituye 22 rubros genéricos. Dentro de dichos rubros, es importante considerar que en su fracción X dispone que, es competencia de la Federación la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de la misma Ley.

En tal tesitura, la fracción II de dicho artículo indica que las obras de la industria eléctrica requieren de evaluación en materia de impacto ambiental por parte de la Federación y, además el mismo precepto indica que el RLLGEEPAMEIA establecerá los casos en que aplique el alcance antes referido.

Por lo que, en el presente ejercicio vinculatorio solo serán considerados como instrumentos jurídicamente vinculantes a leyes, reglamentos, normas y aquellas disposiciones de competencia federal que establezcan disposiciones de naturaleza ambiental y, por ende no se considerarán instrumentos de orden estatal o municipal, toda vez que por la disposición explícita de los preceptos antes analizados ambos órdenes de gobierno no tienen competencia sobre este tipo de proyectos.

En este contexto, es fundamental identificar con toda precisión cuáles son los ordenamientos jurídicos que estatuyen disposiciones con alcances ambientales con los cuales el proyecto debe vincularse y, precisar de cada uno de ellos cuáles son los lineamientos concretos cuyo contenido ambiental establece una obligación a satisfacer por parte del proyecto. En obviedad del compromiso que asume la promovente, existen otros instrumentos jurídicos y disposiciones administrativas o normativas, específicos del sector eléctrico, cuyo alcance no aborda los rubros concretos relacionados con el ambiente, que serán cumplidos íntegramente, en el marco de la gestión integral del proyecto. Así, en este rubro de la MIA-R se identifican los instrumentos jurídicos de naturaleza ambiental que contienen disposiciones vinculantes al proyecto, estos son:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y sus reglamentos en materia de:
  - Evaluación del Impacto Ambiental,
  - Áreas Naturales Protegidas,
  - Ordenamiento Ecológico del Territorio,
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento;
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y su Reglamento,
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.
- Ley General de Cambio Climático.
- Ley del Sector Eléctrico (LSE) y su Reglamento.
- Ley de Planeación y Transición Energética (LTE).

Este conjunto de instrumentos conforma la normatividad ambiental de aplicación directa y obligatoria para el proyecto y en cada uno de ellos existen disposiciones jurídicamente vinculantes, cuya satisfacción de los alcances correspondientes, pondrá en evidencia la forma como esta iniciativa se ajusta a tales disposiciones.

III.4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)[20].

La LGEEPA es reglamentaria del cuarto párrafo del artículo 4 y del artículo 25 de la CPEUM, es de observancia General y aborda los aspectos ambientales para su protección, así como la regulación del equilibrio ecológico.

Como parte de la gestión ambiental del proyecto, se prevé el desarrollo del análisis de cómo la iniciativa del proyecto se ajusta a las disposiciones de la LGEEPA; el análisis vinculatorio que se desarrolla en las siguientes tablas parte del significado que tiene el concepto de la manifestación de impacto ambiental (MIA), el cual es detallado en la fracción XX del artículo 3º de la LGEEPA en los siguientes términos:

"Artículo 3. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

XXI.- Manifestación del 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;"

Con base en esta definición, aplicable en este caso estrictamente al documento que se desarrolla como MIA-R, y que es sometido a la consideración de la autoridad ambiental competente, se destaca que su integración se ajustó fielmente al objetivo de dar a conocer el **impacto ambiental significativo** y potencial, que pudiera derivar de la construcción, operación y eventual abandono del proyecto, ello queda evidenciado en el contenido del capítulo V de este documento. En tal sentido, resulta de importancia sustantiva determinar cuál es el significado del concepto "impacto ambiental significativo

o relevante" y al respecto, la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA que lo define como:

*"**Impacto ambiental significativo**: 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 de la MIA la complementa la LGEEPA con la previsión de que, dicho documento debe incluir, dentro de sus capítulos correspondientes, la descripción de las medidas para atenuar o evitar esos impactos, en la eventualidad de que fuesen negativos.

Suplementario a lo previamente señalado, la identificación y evaluación (incluidas en esta MIA-R) del conjunto de efectos (impactos) de las acciones del proyecto sobre los factores ambientales, se orientaron a precisar el reconocimiento de aquellos que alcanzan la significancia o relevancia establecida en los términos de la definición del RLGEEPAMEIA en su artículo 3° - previamente transcrita-, asegurando así, el cabal cumplimiento y alcance de las disposiciones de la LGEEPA y su RLGEEPAMEIA.

Por otro lado, considerando lo previamente indicado, así como la fracción II del artículo 28 de la LGEEPA y a las fracciones I a IV del inciso K del 5° artículo del RLGEEPAMEIA, la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de generación de energía eléctrica son competencia de la Federación y, en consecuencia, la construcción de proyectos fotovoltaicos también recae en ese nivel de gobierno. Por ello y como evidencia fehaciente del cumplimiento de estas disposiciones de la ley y de su reglamento, el proyecto cuya evaluación del impacto ambiental se presenta en ésta MIA-R es sometido a la evaluación y dictamen de la autoridad ambiental federal, esto es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la DGIRA ya que es la autoridad competente para atender esta gestión.

Ahora bien, considerando que la construcción e implantación del proyecto incidirá en su mayor cobertura sobre áreas donde el uso de suelo ha sido modificado derivado de la explotación agrícola, principalmente de temporal y que, solo una proporción reducida de la superficie total del AeP, en su oportunidad habrá de requerirse, no es necesario solicitar a la autoridad competente la autorización en materia de impacto ambiental mediante la presentación de una MIA-R por motivos del cambio de uso de suelo; sin embargo, considerando que el proyecto es del sector eléctrico, se consideró la guía que ofrece la autoridad como instrumento orientador para la integración de la MIA-R.

Así, las disposiciones de la LGEEPA que son vinculantes con el proyecto y la forma como éste se ajusta a las mismas, se describen a continuación:

Tabla III. 5 Vinculación del proyecto con la LGEEPA

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 3º,- Para los efectos de esta Ley se entiende por: … ***XXI.*** *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*	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo (Énfasis añadido).	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 requerirá la remoción de vegetación forestal en una superficie de 32.5025 ha equivalentes al 6.15% de la superficie total del AeP (528.3935 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 Representación de la SEMARNAT en el Estado de Hidalgo, 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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	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 V 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 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 VI 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*	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 el Capítulo 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. **Programas de ordenamiento ecológico del territorio**: los supuestos incluidos en el segundo párrafo de este precepto son retomados en este análisis y la determinación de su alcance vinculante se desarrolla en el epígrafe III.3.2 de este capítulo, apartado en el cual se realiza el ejercicio de vinculación del proyecto con lo establecido en los Programas. Por último, la vigencia del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) (8 de septiembre de 2012) aporta lineamientos inductivos y vinculantes a las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática en los cuales, en este ejercicio se identifican los elementos concurrentes que pudieran reforzar los objetivos del POEGT. Aunado a lo anterior, por la naturaleza del proyecto, ninguno de sus componentes cursa por alguno de los

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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.*	centros de población establecidos en el territorio del municipio, además de que el Municipio de Epazoyucan carece de este instrumento rector de la planeación urbana; siendo que, el proyecto en su totalidad se prevé instalar en áreas rurales, por lo cual no resulta aplicable analizar la vinculación de las disposiciones de los PDU cuya eficacia jurídica pudiera darles vigencia, aunque su cobertura y alcances no inciden en el área de establecimiento del proyecto. Siguiendo con el análisis de los supuestos contenidos en el segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA, se destaca que la ubicación del proyecto no se encuentra dentro del polígono de alguna área natural protegida ni de competencia federal ni tampoco de competencia estatal; por lo tanto, no resulta procedente la aplicación de las disposiciones contenidas en las declaratorias respectivas, toda vez que el alcance de las mismas se extingue en el espacio geográfico señalado. Con relación a otros espacios geográficos conocidos como regiones prioritarias, como son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) o las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), el polígono del SAR se encuentra fuera del espacio geográfico determinado para cualquiera de estas áreas. Respecto a la vinculación jurídica de estos espacios, su conceptualización por parte de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, (CONABIO) (Arriaga, et al, 2000)[21] parte del principio de que los esfuerzos de conservación deben considerar tanto las acciones relacionadas con las ANP como las actividades productivas realizadas dentro y fuera de ellas bajo esquemas de conservación y desarrollo sustentable; sin embargo dada la naturaleza del proyecto, cita la CONABIO que dada la limitación de recursos económicos que se pueden dedicar a estas tareas, es necesario planificar cuidadosamente la ubicación y orientación de los proyectos de inversión, a fin de lograr su optimización y poder incrementar su eficiencia. Para lograr ese objetivo, es importante integrar variables ecológicas, económicas y sociales en el proceso de planificación. Asimismo, debe tomarse en cuenta que la conservación está inmersa en el proceso de desarrollo económico de la sociedad y que la identificación de una región importante por su biodiversidad y susceptible de ser conservada, no implica necesariamente su protección y decreto como ANP. En todo caso, cita la CONABIO, la determinación de este tipo de regiones funciona únicamente como una actividad de apoyo dentro de las estrategias nacionales de conservación, sin alcanzar, en consecuencia, el rango de un instrumento jurídicamente vinculante. Considerando lo previamente dicho y para el caso del proyecto que nos ocupa, la ubicación del AeP y de su SAR, no inciden en el espacio geográfico de ningún ANP, AICA, RTP o RHP. Por lo que el proyecto no representa alguna incidencia negativa sobre la conservación de los recursos de las regiones terrestres

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	prioritarias vecinas o de las aves en las AICA cercanas, toda vez que, por su naturaleza, diseño y conceptualización, el proyecto no utiliza los recursos naturales que caracterizan a estos espacios, según se pone en evidencia en los Capítulos IV, V y VI de esta MIA-R. No obstante, el carácter de recomendaciones en el diseño de este proyecto se asume como premisa que en todas aquellas zonas en las cuales el trazo del proyecto incide dentro del territorio de alguna RP, el proceso constructivo se ajustará a estrategias de conservación, tal y como se detalla en al Capítulo VI de esta MIA-R, asegurando no incidir más allá de los espacios considerados como áreas de afectación permanente. Tercer párrafo del artículo 35: 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 esta MIA-R se hace la identificación, valoración y el análisis de fragilidad y susceptibilidad de los subfactores 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 el establecimiento del proyecto; esta consideración holística derivó no solo 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 subfactor del ambiente es afectado de manera irreversible y ello provoca alteraciones de diferente magnitud sobre otros subfactores interrelacionados. El análisis de las interacciones de los efectos se detalla en el Capítulo V y las estrategias de reducción, mitigación o compensación de esos efectos (impactos) se describe en el Capítulo VI. Con esto queda en evidencia la atención y cumplimiento del alcance de este artículo de la LGEEPA por parte del proyecto. Por lo que respecta a otros supuestos contenidos en el inciso b) de la fracción III del artículo 35, la LGEEPA dispone que la autoridad debe negar la autorización cuando la obra o actividad 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***. Respecto a lo anterior es importante considerar lo siguiente: Es de destacar que la disposición hace referencia al concepto ***especie***, más no al de individuo; esto es que, un individuo es miembro de una población que conforma una especie; así por ejemplo, un individuo del reptil genéricamente denominada “monstruo de gila” pertenece a la especie *Heloderma suspectum*; siendo que el ejemplar como ente no es la especie, sino miembro de una población que en su conjunto conforman a esa especie y todos los miembros que comparten la similitud de sus características

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	genotípicas, ecofisiológicas, de viabilidad reproductiva con descendencia fértil, distribución espacial y temporal y se encuentran asilados de sus congéneres por la barrera reproductiva, conforman a la especie *Heloderma suspectum*. En este sentido se asume el término de especie en la sistemática y taxonomía. El término especie alude a 3 conceptos distintos, aunque relacionados. El rango especie, que es el nivel básico de la jerarquía linneana; los taxones especie, que son un grupo de organismos descritos y asignados a la categoría especie, y las especies biológicas que son entes capaces de evolucionar. Así, afectar una especie implica que se está incidiendo sobre determinados aspectos vitales de su población y no sobre los de uno o varios individuos; en consecuencia, para determinar si se está incidiendo sobre una especie o sobre un individuo o un determinado número de individuos es importante disponer de algún indicador del tamaño de la población de dicha especie; así como de algunas características significativas de dicha población que definan su fragilidad y vulnerabilidad; así como su susceptibilidad a los efectos de la intervención antropogénica. En tal sentido, como parte del Capítulo IV de esta MIA-R se incluye la caracterización faunística del AeP y el SAR, la cual incluye la identificación de individuos pertenecientes a especies que pudieran contar con algún estatus de protección a nivel nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010 o endémicas) o internacional (IUCN o CITES); posteriormente, en el Capítulo V se lleva a cabo el análisis del impacto potencial que podría tener el proyecto sobre las poblaciones de dichas especies; y en el Capítulo VI se incluyen las acciones que serán implementadas para minimizar o prevenir los impactos identificados. Considerando la información presentada en el Capítulo IV, el área donde se establecerá el proyecto, tiene una superficie reducida de vegetación forestal, la mayor parte de la cual en el AeP fue sustituida por cultivos agrícolas para la siembra de maíz y de cebada, por lo que la composición faunística y florística es diferente a la que originalmente se encontraba en la zona. En este sentido, la probabilidad de encontrar especies de flora que pudieran ostentar algún estatus de protección se reduce a individuos de tres especies (*Cupressus lusitanica*[XIII], *Eryngium proteiflorum y Stenocactus coptonogonus*). En el caso de la fauna, en el SAR existe la posibilidad, sobre todo en las áreas conservadas, de encontrar individuos de 162 especies potenciales de los cuatro grupos taxonómicos de vertebrados, de las cuales 21 de ellas se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de protección. Considerando que la fauna suele utilizar diferentes hábitats para desarrollar sus actividades, cabe la posibilidad de que, aun cuando el uso de suelo del AeP es mayoritariamente agrícola de temporal, se puedan

[XIII] Los individuos de *Cupressus lusitanica* (cedro blanco) identificados en los trabajos de muestreo son resultado de su introducción al espacio del AeP por trabajos de reforestación realizados por antigüos propietarios; esta especie de cedro no es nativa de esta zona.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	encontrar individuos de cualquiera de los taxones de vertebrados, razón por la cual, en el Capítulo VI de esta MIA-R se propone la estrategia para la prevención y mitigación de los impactos que pudieran incidir sobre individuos de dichas especies, de manera que se evite su afectación y particularmente que se incida sobre la afectación a las poblaciones de la especie. Al respecto se cita en el Capítulo VI, que durante la etapa de construcción de los trabajos se constituirá una brigada de técnicos (brigada de prevención) que realizarán recorridos por el área de trazo de las obras, previo a cualquier actividad, para ubicar la presencia de probables individuos de estas especies de vertebrados, de manera que se asuman las medidas preventivas que aseguren su supervivencia, bien sea ahuyentándoles o capturándoles para trasladarlos a sitios seguros dentro del espacio conformado por el área de influencia del proyecto (Capítulo VI). No deja de reconocerse que este efecto podría verse incrementado por la acumulación derivada de la captura ilegal de individuos para su comercialización en el mercado regional, por la modificación de su hábitat (desmontes no controlados) y por la presencia de fauna exótica, principalmente perros, los cuales ejercen una fuerte presión en las poblaciones de fauna silvestre. Por otro lado, analizando el alcance de la previsión del supuesto contenido en el inciso b) de la fracción III del artículo 35 de la LGEEPA es importante destacar que para que pudiera declararse a cualquier especie como amenazada o en peligro de extinción, deberá incidirse de manera negativa sobre sus áreas de distribución o sobre el tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional, disminuyéndolas drásticamente y poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros. Al respecto se destaca que, conforme a lo detallado en el Capítulo IV de esta MIA-R, en ningún caso se destruirá drásticamente el hábitat[XIV], ni se efectuará ningún tipo de aprovechamiento[XV] de carácter comercial, por lo que no podrá propiciarse el surgimiento de efectos tales como la propagación de enfermedades o el incremento de flujos de depredación; todos estos rubros característicos de la situación que podría prevalecer para que se declarara a alguna especie ubicada en el AiP o en el AeP como **especie en peligro de extinción**; en este mismo sentido, no existe ninguna posibilidad que

[XIV] Por destrucción drástica del hábitat se entiende, en esta MIA-R, la alteración súbita o sostenida, irreversible y radical, de la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el espacio en donde habita una población, la cual hace posible su existencia, transformación y desarrollo.

[XV] Aprovechamiento: este concepto se asume en sus dos vertientes, la del aprovechamiento extractivo y la del aprovechamiento no extractivo; respecto al primero éste se entiende como la utilización o extracción de los recursos naturales, de sus partes o derivados mediante colecta, captura o caza (*fracción I, artículo 2 de la LGVS*); para su faceta de aprovechamiento no extractivo se refiere a las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres (*fracción II, artículo 2 de la LGVS*).

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	indique que la biodiversidad del AiP o del AeP del **proyecto** pudiera llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si se mantuvieran operando los factores que pudieran incidir negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones, ya que ninguna de estas condiciones se identifican como atribuibles al desarrollo del proyecto. Lo anterior, considerando que, para ocasionar afectaciones se deben ocasionar alteraciones significativas en el hábitat de las poblaciones, lo cual ocasionaría la abrupta o gradual e irreversible alteración en las poblaciones, que podrían ocasionar poner en riesgo a las especies silvestres, escenario que no es previsto por el desarrollo del proyecto. Aunado a lo anterior y de acuerdo con el análisis realizado en el Capítulo V 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 VI). 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, esto último como parte del capítulo VIII, 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 de la Ciudad de Pachuca, Hidalgo, 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.
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	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.	expediente que integra la documentación de la MIA-R como parte integrante de la misma.

III.4.2 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA)[22].

El RLGEEPAMEIA desarrolla los aspectos competenciales y los procedimientos aplicables a la tramitación y resolución de la manifestación de impacto ambiental siendo el instrumento reglamentario que detalla las disposiciones obligatorias a cumplir para la realización de la MIA-R.

Tabla III. 6 Vinculación del proyecto con el RLGEEPAMEIA

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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. Sobre la base de esta definición y a los alcances que semánticamente tiene cada uno de los supuestos antes listados, se describen de la siguiente forma: Acción del hombre: toda obra o actividad que se origina en una decisión humana y se concreta en una actuación específica (obra o actividad), ejecutada por el propio hombre. Alteraciones en los ecosistemas y en sus recursos naturales: si por alteración se entiende que cambia la esencia o la forma de algo (DRAE, 2014), alteración de los ecosistemas y de sus recursos naturales equivale a trastocar la esencia de ambos conceptos lo que llevaría necesariamente a su

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	destrucción, si no media una actividad de recuperación o de remediación. Alteraciones en la salud: si bien el segundo supuesto de la definición de impacto ambiental significativo no particulariza en el sujeto del cual se alude a la salud, *lato sensu* y por el enfoque integral, armónico y gramatical de la LGEEPA, se entiende que se trata de la salud del hombre y por extensión, alteración equivaldría a cambiar la esencia de los seres humanos que pudiesen ser afectados por el proyecto. Obstaculizar la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos: obstaculizar es sinónimo de impedir o dificultar (DRAE: del lat. *obstaculum*, impedimento, dificultad. Inconveniente ‖ impedir o dificultar la consecución de un propósito, 2014); por ende, obstaculizar e impedir la existencia del hombre o dificultarla, implica atentar de manera nociva contra las personas; en consecuencia se trata de un daño probable que puede ser incluso objeto de responsabilidad penal. Por lo que se refiere a los demás seres vivos, el alcance del significado del supuesto es igualmente notable, aunque con menores niveles de responsabilidad. Obstaculizar los procesos naturales: bajo la misma acepción del verbo obstaculizar; se entiende por obstaculizar los procesos naturales, impedir o dificultar al conjunto de las diferentes fases o etapas sucesivas que componen a los fenómenos complejos que hacen posible la vida (procesos naturales), así entendido el alcance de este supuesto, la obstaculización de la fotosíntesis, de la síntesis de las proteínas, de la reproducción, de la alimentación, del intercambio genético, etc., constituirá obstaculizar los procesos naturales. En este sentido, como parte del análisis de los impactos que se lleva a cabo en el Capítulo V de esta MIA-R se analiza y se determina que el proyecto no podría ocasionar impactos significativos, aunque, en un enfoque precautorio que el propio promovente aplicó durante la evaluación, es factible aseverar que existirán impactos destacables, es decir, con una grado alto de incidencia, pero sin alcanzar los niveles de los supuestos de significancia antes relacionados, por lo que se asume de manera voluntaria su atención. Con base en el resultado antes citado, de manera complementaria y de acuerdo con la metodología de evaluación del impacto ambiental aplicada en el capítulo V, la predicción de los impactos fue acotada a conceptos que permitieron reconocer los valores por encima del umbral de valor preestablecido en cuanto a su índice de incidencia y de magnitud desarrollados en el Capítulo V de esta MIA-R.
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.*	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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)*	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 IV de esta MIA-R, en los terrenos que pretende ocupar el proyecto se registró vegetación forestal en una superficie de 32.5025 ha por lo que, la solicitud de autorización que se presente a la autoridad 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 Hidalgo.
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*	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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.*	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* *II. 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* *IV. 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 primero 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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	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 por sí mismo no es suficiente para definir la modalidad regional de la MIA-R, 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.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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.
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* *III. 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*	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.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
llevarse a cabo dentro de los tres días siguientes a aquel en que se hayan solicitado.	
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*	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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) d) Indicación de los principales efectos ambientales que puede generar la obra o actividad y las medidas de mitigación y reparación que se proponen;*	vinculación del proyecto con la disposición de la autoridad.
Artículo 44. *Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:* *VIII. 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;* *IX. 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* *X. 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 II 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. Aunado a lo anterior, se ha considerado la implementación de diversas medidas de prevención, compensación y mitigación con el fin de minimizar los impactos ambientales. Asimismo, serán consideradas aquellas medidas adicionales que la autoridad ambiental imponga dentro del oficio resolutivo. Cabe destacar que el área de establecimiento del proyecto (AeP), se ubica fuera de algún área natural protegida (ANP) de carácter federal, estatal o municipal. Los preceptos contenidos en este capítulo se enfocan a definir las bases para orientar la decisión que habrá de tomar la autoridad; no obstante, es necesario que ésta encuentre los elementos suficientes para poder determinar si el proyecto se ajusta a cada uno de los alcances de la disposición que se analiza. En tal sentido, es conveniente destacar que: por lo que se refiere a los supuestos detallados en cada una de las tres fracciones del

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	artículo en análisis, el proyecto se ajusta a sus alcances, según se demuestra a continuación: Alcances de la fracción I: 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*

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	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* *IV. 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 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.

III.4.3 Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La LGVS (D.O.F., 2021)[23] es reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 de la CPEUM; es de orden público y de interés social, su finalidad es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos

de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Es evidente que sus disposiciones vinculan el sentido y alcance de las particularidades del proyecto, especialmente en lo relativo a los efectos que éste pudiera tener sobre las poblaciones de la vida silvestre establecidas en el espacio geográfico donde pretende desarrollarse; en tal sentido se hace el siguiente análisis vinculatorio de sus disposiciones.

Tabla III. 7 Vinculación con la LGVDS

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 4. *Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación. Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.*	Dentro del área propuesta para desarrollar el presente proyecto, se han realizado levantamientos de caracterización biótica del sitio, así como el Sistema Ambiental Regional de los cuales se hallaron dos especies de fauna contenidas en las listas de especies en riesgo u sujetas a protección especial. Derivado de lo anterior, se implementarán programas de protección y preservación de la vida silvestre en el área que nos ocupa; de igual forma, se establecerán programas de manejo de flora y fauna como se detalla en el Capítulo VI de la presente MIA-R.
artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. *Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.*	El alcance de esta disposición y, particularmente la de su segundo párrafo será cumplido en las diferentes etapas del desarrollo del proyecto, con los trabajos del programa de rescate y reubicación de individuos de la flora y de la fauna, con especial énfasis en aquellos pertenecientes a especies con alguna categoría de riesgo; sin embargo, se destaca que en ninguna de las etapas del proyecto se realizará algún tipos de aprovechamiento (ni, extractivo ni no extractivo).
Artículo 76. *La conservación de las especies migratorias se llevará a cabo mediante la protección y mantenimiento de sus hábitats, el muestreo y seguimiento de sus poblaciones, así como el fortalecimiento y desarrollo de la cooperación internacional; de acuerdo con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de las que de ellas se deriven, sin perjuicio de lo establecido en los tratados y otros acuerdos*	La identificación de los impactos potenciales que podrá generar el proyecto, en cada una de sus diversas etapas de desarrollo, pone en evidencia que el área donde serán colocados los bloques de generación y las subestaciones como tal no representan una afectación directa a las poblaciones de vertebrados voladores (aves y murciélagos) con conducta migratoria o de residencia; en este sentido aunque la línea de transmisión pudiera representar un riesgo para la colisión de este tipo de fauna, las previsiones que

internacionales en los que México sea parte contratante.	se proponen (Capítulo VI de esta MIA-R), están orientadas a disminuir al mínimo la significancia y la magnitud de los impactos potenciales.

III.4.4 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

La LGPGIR (D.O.F., 2021)[24] es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

La LGPGIR y su reglamento señalan diversos procedimientos administrativos, particularmente aquellos relacionados con el registro e informe anual de generadores de residuos peligrosos y de sus planes de manejo, la emisión de autorizaciones, prestación de servicios, así como aspectos relacionados con la caracterización de sitios contaminados, la evaluación del riesgo ambiental y de las propuestas de remediación y su conclusión.

Tabla III. 8 Vinculación del proyecto con la LGPGIR

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	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* *III. 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*	El manejo de residuos se realizará conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento,

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.	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 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.*	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.
Artículo 44.- Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: I. Grandes generadores; II. Pequeños generadores, y III. 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.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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*	La identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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.*	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 la Ley y el Reglamento Estatales sobre esta materia. Con lo expuesto anteriormente, la promovente evidencia y asegura la vinculación del proyecto con el precepto en análisis y, más adelante al abordar

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
	la vinculación con los instrumentos jurídicos estatales, se ofrecerán las evidencias de vinculación con esos instrumentos.
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: *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;* *IX. Desarrollar guías y lineamientos para la segregación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos;*	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 la Ley y el Reglamento Estatales sobre esta materia. 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 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 Hidalgo. 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	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 Epazoyucan, Estado de Hidalgo o,

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
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.*	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.

III.4.5 Reglamento de la LGPGIR

Publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2006; registra su reforma más reciente el 31 de octubre de 2014 (D.O.F., 2014)[25];tiene por objeto reglamentar la LGPGIR y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tabla III. 9 Vinculación del proyecto con el reglamento de la LGPGIR

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 17.- Los sujetos obligados a formular y ejecutar un plan de manejo podrán realizarlo en los términos previstos en el presente Reglamento o las normas oficiales mexicanas correspondientes, o bien adherirse a los planes de manejo establecidos. *La adhesión a un plan de manejo establecido se realizará de acuerdo a los mecanismos previstos en el propio plan de manejo, siempre que los interesados asuman expresamente todas las obligaciones previstas en él.*	La promovente asegurará que, para cada tipo de residuos (residuos sólidos urbanos -RSU-, residuos de manejo especial -RME- o, residuos peligrosos – RP-, de ser el caso, se formule su plan de manejo de acuerdo a las disposiciones aplicables y estos sean validados por las autoridades competentes. Con ello evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.
Artículo 20.- Los sujetos que, conforme a la Ley, estén obligados a la elaboración de planes de manejo podrán implementarlos mediante la suscripción de los instrumentos jurídicos que estimen necesarios y adecuados para fijar sus responsabilidades. En este caso, sin perjuicio de lo pactado por las partes, dichos instrumentos podrán contener lo siguiente. *I. Los residuos objeto del plan de manejo, así como la cantidad que se estima manejar de cada uno de ellos;* *II. La forma en que se realizará la minimización de la cantidad, valorización o aprovechamiento de los residuos;* *III. Los mecanismos para que otros sujetos obligados puedan incorporarse a los planes de manejo, y*	La promovente compromete que la elaboración de los planes de manejo de residuos, que conforme a la Ley deban de formularse y presentarse a la validación de la autoridad, se ajustará a esta disposición en los términos que jurídicamente corresponda. El cumplimiento de tal obligación será reportado en el ICTyC correspondiente, anexando al mismo, copia de la autorización respectiva emitida por la autoridad. Con lo antes expuesto se evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
IV. Los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.	
Artículo 24.- Las personas que conforme a lo dispuesto en la Ley deban registrar ante la Secretaría los planes de manejo de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: *I. Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría, a través del sistema establecido para ese efecto, la siguiente información:* *a) Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante, nombre de su representante legal;* *b) Modalidad del plan de manejo;* *c) Residuos peligrosos objeto del plan, especificando sus características físicas, químicas o biológicas y el volumen estimado de manejo;* *d) Formas de manejo, y* *e) Nombre, denominación o razón social de los responsables de la ejecución del plan de manejo.* *Cuando se trate de un plan de manejo colectivo, los datos a que se refiere el inciso a) de la presente fracción corresponderán a los de la persona que se haya designado en el propio plan de manejo para tramitar su registro.* *II. A la información proporcionada se anexarán en formato electrónico, como archivos de imagen u otros análogos, los siguientes documentos:* *a) Identificación oficial o documento que acredite la personalidad del representante legal;* *b) Documento que contenga el plan de manejo, y* *c) Instrumentos que hubieren celebrado en términos de lo establecido en el artículo 20 de este Reglamento.* *III. Una vez incorporados los datos, la Secretaría automáticamente, por el mismo sistema, indicará el número con el cual queda registrado el plan de manejo correspondiente.* *En caso de que para el interesado no fuere posible anexar electrónicamente los documentos señalados en la fracción II del presente artículo, presentará copia de los mismos en las oficinas de la Secretaría y realizará la incorporación de la información señalada en la fracción I directamente en la Dependencia.* *Si el interesado no cuenta con los medios electrónicos para solicitar el registro a que se refiere el*	La promovente del proyecto, asegura por este medio que verificará a través del trabajo de un supervisor ambiental el cumplimiento de esta disposición por parte de las contratistas que deban registrar ante la Secretaría los planes de manejo de los residuos peligrosos conforme al procedimiento detallado en este precepto. Se hace notar que la promovente no utilizará la figura del plan de manejo colectivo. Con lo antes expuesto se evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
presente artículo, podrá presentarse en las oficinas de la Secretaria para cumplir con su trámite. *El procedimiento previsto en el presente artículo aplicará también cuando los interesados pretendan modificar un plan de manejo registrado. En este caso, será necesario que indiquen solamente el número de registro que les fue asignado con anterioridad.*	
Artículo 35. *Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente:* *I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;* *II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante:* *a) Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no especifica; por ser productos usados, caducos, fuera de especificación o retirados del comercio y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo. La Secretaría considerará la toxicidad crónica, aguda y ambiental que les confieran peligrosidad a dichos residuos, y* *b) Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, y* *III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.*	El Promovente identificará los residuos peligrosos de acuerdo con los mecanismos previstos en este artículo y en la NOM-052-SEMARNAT-2005. Con ello evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.
Artículo 39. *Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquélla será peligrosa. Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso sujeto a condiciones particulares de manejo.*	En caso de que se presente tal situación, el promovente considerará dicha mezcla como residuo peligroso.
Artículo 40. *La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera.*	En caso de contaminación de suelos con residuos peligrosos, la promovente dará manejo de dicho suelo como residuo peligroso.
Artículo 42.- Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son:	En atención a esta disposición y, sobre la base de la estimación preliminar del volumen de generación de residuos peligrosos que se proyecta en el capítulo II de esta MIA o, en la corrección que pudiera derivar en caso

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
I. Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida; *II. Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida, y* *III. Micro generador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.* *Los generadores que cuenten con plantas, instalaciones, establecimientos o filiales dentro del territorio nacional y en las que se realice la actividad generadora de residuos peligrosos, podrán considerar los residuos peligrosos que generen todas ellas para determinar la categoría de generación.*	de la modificación de los escenarios considerados, la promoverte vigilará y verificará que la determinación del tipo de generador al que acuda cada una de las contratistas que tendrán bajo su responsabilidad con ella la determinación correspondiente y, que dicha determinación se ajuste a los umbrales definidos en este precepto y ello será reportado en el ICTyC respectivo; lo anterior no representa que la empresa promovente renuncie a su incumbencia específica ante la autoridad federal respecto a la gestión de los RP ante la autoridad reguladora (SEMARNAT),. Con lo expuesto queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.
Artículo 43.- Las personas que conforme a la Ley estén obligadas a registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: *I. Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría la siguiente información:* *a) Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante;* *b) Nombre del representante legal, en su caso;* *c) Fecha de inicio de operaciones;* *d) Clave empresarial de actividad productiva o en su defecto denominación de la actividad principal;* *e) Ubicación del sitio donde se realiza la actividad;* *f) Clasificación de los residuos peligrosos que estime generar, y* *g) Cantidad anual estimada de generación de cada uno de los residuos peligrosos por los cuales solicite el registro;* *II. A la información proporcionada se anexarán en formato electrónico, tales como archivos de imagen u otros análogos, la identificación oficial, cuando se trate de personas físicas o el acta constitutiva cuando se trate de personas morales. En caso de contar con Registro Único de Personas Acreditadas bastará indicar dicho registro, y*	La promovente verificará que la gestión de las contratistas al registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujete al procedimiento que se describe en este artículo; si bien será la autoridad federal competente la que verifique la idoneidad de la gestión, la empresa promovente, con el apoyo del supervisor ambiental, analizará que el procedimiento se ajuste a lo dispuesto en el precepto. Con lo expuesto queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
III. Una vez incorporados los datos, la Secretaría automáticamente, por el mismo sistema, indicará el número con el cual queda registrado el generador y la categoría de generación asignada. *En caso de que para el interesado no fuere posible anexar electrónicamente los documentos señalados en la fracción II del presente artículo, podrá enviarla a la dirección electrónica que para tal efecto se habilite o presentará copia de los mismos en las oficinas de la Secretaría y realizará la incorporación de la información señalada en la fracción I directamente en la Dependencia.* *En tanto se suscriben los convenios a que se refieren los artículos 12 y 13 de la Ley, los microgeneradores de residuos se registrarán ante la Secretaría conforme al procedimiento previsto en el presente artículo.*	
Artículo 46.- Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán: *I. Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;* *II. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;* *III. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes;* *IV. Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables;* *V. Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el artículo 82 del presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley;* *VI. Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que*	Para asegurar el cumplimiento estricto de este precepto, la promovente verificará que sus contratistas se ajusten a este procedimiento, sin renunciar, bajo ninguna circunstancia a su responsabilidad ante la autoridad federal competente en este rubro. La verificación de la correcta aplicación del procedimiento será materia del trabajo del supervisor ambiental y los resultados de dicha verificación, en la eventualidad de que no se ajuste a lo detallado en este artículo, tomarán las medidas necesarias para regularizar y ajustar dicho proceso a lo que se dispone en este precepto. Con lo expuesto queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable; *VII. Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley, en este Reglamento y las normas oficiales mexicanas correspondientes;* *VIII. Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos, y* *IX. Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.* *Las condiciones establecidas en las fracciones I a VI rigen también para aquellos generadores de residuos peligrosos que operen bajo el régimen de importación temporal de insumos.*	
Artículo 68.- Los generadores que por algún motivo dejen de generar residuos peligrosos deberán presentar ante la Secretaría un aviso por escrito que contenga el nombre, denominación o razón social, número de registro o autorización, según sea el caso, y la explicación correspondiente. *Cuando se trate del cierre de la instalación, los generadores presentarán el aviso señalado en el párrafo anterior, proporcionando además la siguiente información:* *I. Los microgeneradores de residuos peligrosos indicarán solamente la fecha prevista para el cierre de sus instalaciones o suspensión de la actividad generadora de sus residuos o en su caso notificarán que han cerrado sus instalaciones, y* *II. Los pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos, proporcionarán:* *a) La fecha prevista del cierre o de la suspensión de la actividad generadora de residuos peligrosos;* *b) La relación de los residuos peligrosos generados y de materias primas, productos y subproductos almacenados durante los paros de producción, limpieza y desmantelamiento de la instalación;* *c) El programa de limpieza y desmantelamiento de la instalación, incluyendo la relación de materiales empleados en la limpieza de tubería y equipo;* *d) El diagrama de tubería de proceso, instrumentación de la planta y drenajes de la instalación, y*	En el momento que se identifique que habrá cesado la generación de residuos peligrosos, la empresa promovente verificará a través del supervisor ambiental que se cumpla con el procedimiento detallado en este precepto y recopilará las pruebas documentales que comprueben el cumplimiento correspondiente; esos documentos serán el soporte del reporte correspondiente que se integrará al ICTyC correspondiente. En cualquier caso, la promovente mantendrá su responsabilidad ante la autoridad para asegurar el cumplimiento de esta disposición. Con lo detallado en los párrafos precedentes, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
e) El registro y descripción de accidentes, derrames u otras contingencias sucedidas dentro del predio durante el periodo de operación, así como los resultados de las acciones que se llevaron a cabo. Este requisito aplica sólo para los grandes generadores. *Los generadores de residuos peligrosos manifestarán en el aviso, bajo protesta de decir verdad, que la información proporcionada es correcta.* *Lo dispuesto en el presente artículo es aplicable para los prestadores de servicios de manejo de residuos peligrosos, con excepción de los que prestan el servicio de disposición final de este tipo de residuos.*	
Artículo 71.- Las bitácoras previstas en la Ley y este Reglamento contendrán: *I. Para los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos:* *a) Nombre del residuo y cantidad generada;* *b) Características de peligrosidad;* *c) Área o proceso donde se generó;* *d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas, en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos;* *e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior;* *f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos, y* *g) Nombre del responsable técnico de la bitácora.* *La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.* *II. Para el monitoreo de parámetros de tratamiento, incineración, reciclaje y co-procesamiento de residuos peligrosos:* *a) Proceso autorizado;* *b) Nombre y características del residuo peligroso sujeto a tratamiento;* *c) Descripción de los niveles de emisiones o liberaciones generadas durante el proceso, incluyendo su frecuencia e intensidad, y*	Previo al inicio de la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, la promovente dispondrá de la bitácora de registro del manejo de los RP (incluso de los RME y de los RSU), la cual se ajustará estrictamente a lo dispuesto en este artículo. En el primer ICTyC que deba presentarse inmediatamente después de iniciadas las obras y actividades del proyecto, se anexará copia de las hojas de bitácora (formato), para evidenciar que se ajustan a las características descritas en el precepto bajo análisis. Posteriormente, durante el lapso que ocupará esta fase de desarrollo del proyecto se anexará en el apartado correspondiente, copia de las hojas de bitácora en las cuales se vaya asentando la información relativa al manejo de los RP' (colecta, transporte y almacenamiento temporal). Con lo detallado en los párrafos precedentes, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
d) Condiciones de temperatura, presión y alimentación del proceso. *III. Para el control de los procesos de remediación de sitios contaminados:* *a) Tipo de tecnología utilizada;* *b) Fecha de inicio y término de acciones de remediación;* *c) Volumen a tratar;* *d) Puntos y fecha de muestreo;* *e) Resultados analíticos del muestreo del suelo durante la remediación;* *f) Nombre, cantidad y fechas de adición de insumos;* *g) Fecha de volteo y homogenización del suelo, en caso de que esto se realice, y* *h) Nombre del responsable técnico de la remediación.*	
Artículo 75.- La información y documentación que conforme a la Ley y el presente Reglamento deban conservar los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos y los prestadores de servicios de manejo de este tipo de residuos se sujetará a lo siguiente: *I. Las bitácoras de los grandes y pequeños generadores se conservarán durante cinco años;* *II. El generador y los prestadores de servicios de manejo conservarán el manifiesto durante un periodo de cinco años contados a partir de la fecha en que hayan suscrito cada uno de ellos. Se exceptúa de lo anterior a los prestadores de servicios de disposición final, quienes deberán conservar la copia que les corresponde del manifiesto por el término de responsabilidad establecido en el artículo 82 de la Ley;* *III. El generador debe conservar los registros de los resultados de cualquier prueba, análisis u otras determinaciones de residuos peligrosos durante cinco años, contados a partir de la fecha en que hubiere enviado los residuos al sitio de tratamiento o de disposición final, y* *IV. Las bitácoras para el control del proceso de remediación de sitios contaminados se conservarán durante los dos años siguientes a la fecha de liberación del sitio.*	La promovente incluirá en los compromisos que establezca con las contratistas que se registren (o que ya estuvieran registradas) como generadores de residuos peligrosos, el cumplimiento estricto de estos lineamientos, lo que a su vez, en su caso, asumirá como responsable directo de las obligaciones derivadas de la autorización en materia de impacto ambiental del proyecto, que eventualmente emita la DGIRA/SEMARNAT; para lo anterior el promovente acudirá a asegurar el cumplimiento de esta disposición por medios alternativos legalmente válidos (por ejemplo con la disponibilidad de copias certificadas de los documentos respectivos). Con lo detallado en los párrafos precedentes, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento
Artículo 76.- La Secretaría requerirá garantías financieras o seguros considerando lo siguiente: *I. Las garantías financieras serán propuestas para el cumplimiento de obligaciones derivadas de las autorizaciones otorgadas para la prestación de los servicios de manejo de residuos peligrosos en términos del capítulo sexto de la Ley, y*	En la eventualidad de que la promovente sea requerida por la autoridad para presentar un instrumento de garantía financiera para, eventualmente, el cumplimiento de las obligaciones derivadas de las autorizaciones otorgadas para la prestación de los servicios de manejo de residuos peligrosos en términos del capítulo sexto de la Ley en cuestión y que den certeza sobre la reparación de los daños que se pudieran causar por la generación de residuos peligrosos, durante la prestación de servicios en esta materia y al término del mismo,

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
II. Los seguros se propondrán para dar certeza sobre la reparación de los daños que se pudieran causar por la generación de residuos peligrosos, durante la prestación de servicios en esta materia y al término del mismo, incluyendo los daños por la contaminación así como la remediación del sitio. *Cuando en la prestación del servicio concurra el cumplimiento de obligaciones derivadas de la autorización con la necesidad de garantizar la reparación de los daños que se pudieran causar, se podrán proponer ambos instrumentos.*	incluyendo los daños por la contaminación así como la remediación del sitio; de ser el caso, la promovente podrá apegarse a lo dispuesto por el artículo 77 de este Reglamento (Reglamento de la LGPGIR), para el cumplimiento de esta obligación. Con lo detallado en el párrafo precedente, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.
Artículo 83.- El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente: *I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios;* *II. En lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y* *III. Se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la micro generación de residuos peligrosos.*	Durante el desarrollo del proyecto, se tendrá destinada un área de almacenamiento temporal de los residuos dentro del predio conforme a las características y especificaciones establecidas por la legislación de la materia, las cuales se detallan en este artículo. Con lo detallado anteriormente, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento.
Artículo 84.- Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses.	La promovente establecerá una estrategia de seguimiento bajo la responsabilidad del Supervisor Ambiental para asegurar que bajo ninguna circunstancia se rebase el lapso de almacenamiento establecido en este artículo y lo evidenciará en los Informes de Cumplimiento de Términos y Condicionantes (ICTyC) que regularmente se presenten a la consideración de la autoridad federal. Con lo detallado en los párrafos precedentes, queda en evidencia la vinculación del proyecto con las disposiciones de este instrumento
Artículos 85 y 86 de la Sección II, Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos.	Para las actividades de recolección y transporte de los residuos, ésta se llevará a cabo a través de empresas prestadoras de servicios de las que se cerciorará la promovente que cuenten con las autorizaciones correspondientes para prestar los mismos.
Artículos 87 y 88 de la Sección III, Reutilización, reciclaje y co-procesamiento.	Dichas disposiciones resultan aplicables para su observancia y cumplimiento por la empresa prestadora de servicios que en su momento se contrate por la promovente del proyecto.
Artículo 90. De la Sección IV, Tratamiento de residuos peligrosos.	El tratamiento de residuos peligrosos se llevará a cabo de acuerdo con las disposiciones reglamentarias y normativas aplicables, así como los criterios que de esta ley emanen, a través de empresas prestadoras de servicios debidamente acreditadas.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículos 91,92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 y 99 de la Sección V, Disposición final de residuos peligrosos.	La empresa que preste sus servicios durante las etapas de desarrollo del proyecto deberá darle una disposición final a los residuos que se generen, en cumplimiento con las disposiciones jurídicas citadas.

III.4.6 Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Este instrumento fue publicado el 6 de junio de 2012 y su última reforma fue el 11 de mayo de 2022 (D.O.F., 2022)[26]; es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Entre sus objetivos está garantizar el derecho a un ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; así como regular las emisiones de gases de efecto invernadero y establecer las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.

El proyecto que se presenta en esta MIA-R, se ajusta a las disposiciones aplicables de esta ley de conformidad con lo siguiente: (tabla III.10)

Tabla III. 10 Vinculación del proyecto con la LGCC

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 87. *La Secretaría, deberá integrar el Registro de emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones que se identifiquen como sujetas a reporte.* *Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley identificarán las fuentes que deberán reportar en el Registro por sector, subsector y actividad, asimismo establecerán los siguientes elementos para la integración del Registro:* *I. Los gases o compuestos de efecto invernadero que deberán reportarse para la integración del Registro;* *II. Los umbrales a partir de los cuales los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal deberán presentar el reporte de sus emisiones directas e indirectas;* *III. Las metodologías para el cálculo de las emisiones directas e indirectas que deberán ser reportadas;* *IV. El sistema de monitoreo, reporte y verificación para garantizar la integridad, consistencia, transparencia y precisión de los reportes, y;* *V. La vinculación, en su caso, con otros registros federales o estatales de emisiones.*	Tal como se menciona en el Capítulo II de esta MIA-R, las emisiones a la atmósfera durante la preparación del sitio y la construcción provendrán principalmente de vehículos motorizados y maquinaria, las cuales emiten gases como NO_x, CO_x, y SO_x, así como material particulado proveniente del movimiento de tierras, el cual será esporádico y temporal. En cumplimiento con este artículo, las fuentes móviles cumplirán con la verificación vehicular, en caso de aplicar y se sujetarán a los registros que indique la autoridad. Durante la operación del proyecto no se contempla la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las instalaciones, aunque se generarán emisiones por parte de los vehículos y maquinaria a emplear durante los mantenimientos. Es importante considerar que la producción de electricidad a través de paneles solares es una alternativa más limpia y sostenible que las fuentes de energía convencionales provenientes de los combustibles fósiles actualmente en operación.
Artículo 88. *Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a*	Durante las etapas de preparación de sitio y construcción principalmente, se generarán emisiones de

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del registro.	gases o compuestos de efecto invernadero, a consecuencia del movimiento de maquinaria y equipo las cuales serán temporales y que, de ser necesario, serán reportadas ante el Instituto Nacional de Ecología y Cambo Climático (INECC).

III.4.7 Reglamento de la LGCC en materia de Registro Nacional de Emisiones

Publicado en el DOF el 28 de octubre de 2014 (D.O.F., 2014)[27]. Dicho reglamento, desarrolla las disposiciones legales en materia del Registro Nacional de Emisiones (RENE), incluyendo los establecimientos sujetos a reporte y los umbrales para el reporte. Las disposiciones aplicables de este instrumento en la gestión del proyecto se detallan a continuación:

Tabla III. 11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones.

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 2. *Para los efectos del presente reglamento, se considerarán las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley, así como las siguientes:* *…* *VI. Establecimiento Sujeto a Reporte: El conjunto de fuentes fijas y móviles con las cuales se desarrolla una actividad productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere emisiones directas o indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero. Las expresiones "fuentes que deberán reportar" y "fuentes sujetas a reporte" a que se refieren los artículos 87 y 88 de la Ley, se entenderán como "establecimientos sujetos a reporte".*	Tal como se menciona en el Capítulo II de la presente MIA-R, únicamente se generarán emisiones a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción, así como en la etapa de abandono y cierre del proyecto. Durante la etapa de operación del proyecto y dada la naturaleza del mismo, no se generarán emisiones ya que utilizará como fuente de energía la solar para generar electricidad.
Artículo 3. *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifica como sectores y subsectores en los que se agrupan los establecimientos sujetos a reporte, los siguientes:* *I. Sector Energía:* *Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad... […]*	El proyecto consiste en un parque fotovoltaico, que pertenece al sector energía y al subsector generación, por lo que de acuerdo con los artículos 3 y 4 del presente reglamento, es un establecimiento sujeto a reporte. Al ser un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de energía solar, no se contempla la generación de emisiones contaminantes a la atmósfera.
Artículo 4. *Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes:* *Sector Energía:* *Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad:*	El proyecto Ocote Solar no se considera automáticamente como un establecimiento sujeto a reporte ya que, como se evidencia en el Capítulo V de esta MIA, durante su construcción, que es la única etapa en la cual se registran emisiones de CO_2e, consecuencia de la circulación de vehículos y maquinaria, se supera el umbral de emisiones de 25,000 toneladas de CO_2 al año, o tenga procesos asociados que generen emisiones importantes. Lo común es que no esté obligado a reportar, Por ello no está obligado a elaborar y presentar su reporte como generador de emisiones.
Artículo 5. *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento, son:*	De acuerdo con el Capítulo II del presente estudio, las únicas emisiones que se generarán a la atmósfera son aquellas derivadas de la combustión generada en los vehículos y maquinaria, y material particulado del

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
I. *Bióxido de carbono;* II. *Metano;* III. *Óxido nitroso;* *IV. Carbono negro u hollín;* V. *Clorofluorocarbonos;* VI. *Hidroclorofluorocarbonos;* VII. *Hidrofluorocarbonos;* VIII. *Perfluorocarbonos;* IX. *Hexafluoruro de azufre;* X. *Trifluoruro de nitrógeno;* XI. *Éteres halogenados;* XII. *Halocarbonos;* XIII. *Mezclas de los anteriores, y* XIV. *Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.*	movimiento de tierras durante la etapa de preparación del sitio, construcción y abandono. Durante la operación del proyecto no se contempla la emisión de gases de efecto invernadero, de acuerdo con el listado del presente artículo. El proyecto consiste en la generación de energía eléctrica a partir de energía solar, por lo que no se contempla la generación de este tipo de emisiones durante su operación.
Artículo 6. *Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus emisiones directas o indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 toneladas de bióxido de carbono equivalente.* *La suma anual a la que se refiere el párrafo anterior resultará del cálculo de las emisiones de cada una de las fuentes fijas y móviles identificados en dichos establecimientos sujetos a reporte.*	El proyecto consiste en la construcción de un parque fotovoltaico, por lo que las emisiones que pudieran atribuirse al proyecto, serán indirectas ya que derivarán de la operación del parque vehicular y la maquinaria que se utilice principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. En caso de que durante estas etapas la suma de emisiones directas o indirectas sea igual o superior a 25,000 toneladas de CO_2 equivalente anual, se presentará la información correspondiente.

IIII.4.8 Áreas Naturales Protegidas y Regiones Prioritarias

México es un país con una añeja tradición en lo relativo a conservar la vida silvestre por medio de la protección de áreas naturales. Los avances en la materia se han materializado en el establecimiento de diversas Áreas Naturales Protegidas (ANP) y, a partir del año 1988 su creación encontró un fortalecimiento en la LGEEPA (última modificación 2024) que definió diversos tipos de ANPs, cada uno de ellos sustentado en disposiciones específicas. Derivado del avance alcanzado con estos instrumentos de conservación, el artículo 76 de la LGEEPA dispone integrar el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) con el propósito de incluir en el mismo las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia para el país.

Para concretar el objetivo del establecimiento de estas ANPs, la propia LGEEPA dispone en la fracción XI de su artículo 28 que cualquier obra y/o actividad que pretenda establecerse y/o desarrollarse en alguna ANP, deberá ser sometida de manera previa al procedimiento de evaluación del impacto ambiental. Además y en refuerzo a la

disposición anterior, en su artículo 35 establece que **"***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."*

Por lo antes expuesto la determinación de la incidencia de un proyecto en algún espacio declarado como ANP resulta de primera importancia en la gestión de cualquier proyecto.

En un sentido similar, pero sin el sustento jurídico de las ANPs, desde el año 2000 se desarrolló, desde la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad la iniciativa para proponer un **sistema de regiones prioritarias** y, para lograr dicho objetivo resultaba importante integrar variables ecológicas, económicas y sociales en el proceso de planificación. Asimismo, señalaba que debería tomarse en consideración que la conservación está inmersa en el proceso de desarrollo económico de la sociedad y que la identificación de una región importante por su biodiversidad y susceptible de ser conservada, no implicaría, necesariamente su protección y decreto como una ANP, que en todo caso, la determinación de estas regiones prioritarias, habría de funcionar únicamente como una actividad de apoyo dentro de las estrategias nacionales de conservación (Arriaga, L *et al.* 2000. *Op. Cit).*

III.4.8.1 Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es la encargada de administrar las ANP de índole federal, las cuales son definidas en el artículo 3°, fracción II de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) como:

"Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley;"

Derivado de la revisión de los Decretos Federales y Estatales de las ANP, se determinó que son dos ANP de competencia federal y siete de competencia estatal que se localizan relativamente próximas al área de establecimiento del proyecto.

Tabla III. 12 Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal y Estatal próximas al proyecto

CATEGORÍA	NOMBRE	DISTANCIA AL AEP (km)
COMPETENCIA FEDERAL		
Parque Nacional	El Chico	20.0
COMPETENCIA ESTATAL		

CATEGORÍA	NOMBRE	DISTANCIA AL AEP (km)
Parque ecológico	Cubitos	16.9
Parque estatal	El Hiloche	16.0

En este sentido, se demuestra que el proyecto no incide ni incidirá dentro del espacio geográfico de ninguna ANP, ni de competencia federal, ni de competencia estatal, siendo las más cercanas el Parque Ecológico de Cubitos (municipio de Pachuca) y el Parque Estatal El Hiloche (municipio de Real del Monte).

III.4.8.2 Regiones de importancia para la conservación.

Un antecedente fundamental en México en los esfuerzos de conservación fue la definición de la estrategia denominada "**Regiones Prioritarias para la Conservación**" propuesta por un grupo de especialistas coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Arriaga, L. *Et al*. 1998)[28]. No obstante, durante la última década se compiló mayor información y hubo un creciente desarrollo conceptual y metodológico de la biología de la conservación y de las herramientas computacionales, que han permitido contar por primera vez con análisis a escalas más finas, capaces de considerar numerosas variables de muy diversos elementos de la biodiversidad, así como el contexto de los factores de amenaza que subyacen en nuestro país.

Este esfuerzo constituye una importante estrategia que la CONABIO pone a disposición de las autoridades gubernamentales, de todos los órdenes de gobierno, para cubrir y solventar los vacíos de atención a la conservación del capital natural de México, incluyen propuestas para los espacios terrestres (Regiones terrestres Prioritarias o RTP's, para la conservación de las aves, en el esquema de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para los recursos hidrológicos, con las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) e incluso con el ambiente marino con las Regiones Marinas prioritarias (RMP); consecuentemente la propuesta de regiones de importancia para la conservación, resulta en un loable esfuerzo académico pero no constituye un acto de autoridad, de acuerdo a lo que dispone al respecto la normatividad vigente.

Es frecuente asumir que las áreas o regiones de importancia para la conservación, son herramientas con el mismo rango jurídico de un área natural protegida, lo cual no es correcto, dado que la propuesta correspondiente no ha rebasado ese nivel (solo de propuesta) y no se ha convertido en un acto de autoridad (emitido por una Institución o Entidad de la Administración Pública, debidamente acreditada y reconocida en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal), Por el contrario, las ANP's, si son herramientas cuyos alcances tienen fuerza de Ley y son gestionadas por una autoridad (Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas -CONANP/SEMARNAT).

Si bien, este tipo de espacios geográficos son definidos en los esfuerzos de conservación del propio gobierno federal, de los gobiernos locales, de organizaciones civiles y de instituciones de investigación, es un hecho que no conforman parte del Sistema Nacional de áreas Naturales Protegidas (SINAP); se trata de esfuerzos de apoyo dentro de las estrategias nacionales de conservación, no de disposiciones jurídicas que pudieran

obligar a un proyecto a vincularse a ellas (Arriaga, L., *Et al*. *Op. Cit.*), dado que su concreción no deriva de un acto administrativo concebido conforme a la Ley Federal de Procedimiento Administrativo

A) **Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA):** Para poder conservar la diversidad biológica es necesario conocer cuántas y cuáles son las especies que se encuentran en una determinada condición y, por otro lado, saber cuál es el estado de sus hábitats, razón por la cual esto no ha sido una tarea fácil. Determinar cuáles son las especies amenazadas y sus causas requiere un análisis a detalle, de igual forma, el estudio referente a la condición de sus poblaciones. Sin embargo, se considera a nivel mundial como prioritarias a todas aquellas especies cuyo rango de distribución es menor de 50 mil km, de tal manera que estos centros se reconocen como áreas de endemismo. Cabe señalar que no se debe omitir la conservación del hábitat que ocupan, para lo cual se han desarrollado diferentes programas de carácter nacional e internacional.

El programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), ha desarrollado criterios que facilitan la determinación de sitios que permitan conservar a las aves a partir de cuatro principios fundamentales:

1. La presencia de especies amenazadas a nivel global;
2. La presencia de especies de rango restringido (menos de 50,000 km^2);
3. Especies restringidas a biomas únicos; y,
4. Especies que se congregan durante la reproducción o migración.

En México el programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves surge como una idea conjunta de CIPAMEX y BirdLife International en 1996, justo el momento en el que se coordinan actividades de la Comisión para la Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (CCA) con el propósito de crear una red regional de sitios que destaquen por su importancia en el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones de aves que ocurren de manera natural en ellos.

Una vez realizada la revisión de la ubicación de las AICA con respecto al AeP, se puede aseverar que el proyecto no incide en ninguna área de este tipo.

B) Regiones Terrestres Prioritarias (RTP): La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas requiere con urgencia, que se fortalezcan los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad.

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

El área del proyecto no se ubica dentro de ninguna de las RTP, la más cercana se encuentra a 80 km al noreste del centro del AeP y corresponde a la RTP-102 (bosques mesófilos de la Sierra Madre Oriental).

C) Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP): Estas áreas tienen por objetivo establecer un marco de referencia, que puede ser considerado por diversos sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido; ya que su delimitación se efectúa por un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos de la nación, considerando las características de biodiversidad, patrones sociales y económicos.

El proyecto no se encuentra inmerso dentro de alguna RHP, siendo que la más cercana, cuyos límites más próximos al límite más próximo del AeP se localiza aproximadamente 0.69 Km al oriente y es la identificada con el Número #60, denominada “Llanos de Apan”.

III.5 Instrumentos aplicables del Sector Eléctrico

El RELGEEPAMEIA dispone en la fracción III de su Artículo 13, que la MIA-R debe contener, entre otros rubros, la “*vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables”.* Por su parte la Guía /DGIRA recomienda que en este apartado, se requiere que “*el promovente identifique los instrumentos jurídicos, normativos o administrativos que regulan las obras y/o actividades que integra su proyecto, inmediatamente deberá hacer un ANÁLISIS que determine la congruencia o como se ajusta el proyecto a las disposiciones de dichos instrumentos.*

En el evento de que el proyecto no se ajuste a lo que dispone literalmente el instrumento aplicable respectivo, el consultor podráá presentar las propuestas (de modificación del diseño, ubicación o de corrección de algún proceso) cuyo objetivo sea el de ajustar el proyecto para que satisfaga el requerimiento de la disposición correspondiente. Se reitera que lo antes señalado aplica, sobre todo, cuando la consideración literal de la norma o de la disposición respectiva pudiera no cumplirse con el diseño o el proceso propuesto en el proyecto. Si existieran consideraciones o medidas complementarias, congruentes y objetivas, que cumplan el mismo objetivo de la norma, el promotor del proyecto puede incorporarlas como una alternativa de cumplimiento al objetivo de la disposición correspondiente.

En la MIA-R se deberán identificar las restricciones derivadas de la aplicación de todos los instrumentos jurídicos que regulen las obras. En el caso de que haya restricciones derivadas de esos instrumentos jurídicos, el promovente deberá indicar como pretende ajustar su proyecto a las mismas.

La vinculación normativa permitirá demostrar la viabilidad jurídica del proyecto, así como definir una primera propuesta de medidas de mitigación”.

Por lo antes expuesto, en este apartado se hace un análisis de las disposiciones regulatorias de los diversos instrumentos jurídicos del Sector Eléctrico que contienen preceptos vinculantes con la gestión de un proyecto fotovoltaico.

III.5.1 Ley del Sector Eléctrico (LSE) (2025).

Promulgada el 18 de marzo de 2025, esta Ley establece el nuevo marco regulatorio para el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), sustituyendo a la Ley de la Industria Eléctrica de 2014. La LSE mantiene la exclusividad del Estado en la planeación y control del SEN, así como en la transmisión y distribución de electricidad y permite, entre otros, la participación de particulares en la generación de energía eléctrica bajo ciertas modalidades incluyendo la generación para venta a terceros, la generación distribuida y el autoconsumo.

El detalle de cómo se satisfacen los preceptos vinculantes de este instrumento con el proyecto, se describen a continuación:

Tabla III. 13 Vinculación del proyecto con la Ley del Sector Eléctrico

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Ley del Sector Eléctrico	
Artículo 3º *Fracción L: Sistema Eléctrico Nacional: El sistema que comprende la infraestructura integrada por:* *a) …,* *b) Las Centrales Eléctricas que entregan energía eléctrica a la Red Nacional de Transmisión o a las Redes Generales de Distribución.*	El alcance medular de esta definición es que la LSE dispone, entre otras cosas que, como parte del Sistema Eléctrico Nacional, se comprende a las Centrales Eléctricas que entregan energía eléctrica a la Red Nacional de Transmisión o a las Redes Generales de Distribución lo que, el proyecto asegurá realizar a través de La Subestación de Maniobras (SEM) al interconectarse a la Red Nacional de Transmisión forma parte del Sistema Eléctrico Nacional.
Artículo 4.- El Suministro Eléctrico es un servicio de interés público. La generación y comercialización de energía eléctrica son servicios que se prestan en un régimen de competencia, sin prevalencia para los particulares de conformidad con el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Las actividades de generación, almacenamiento, transmisión, distribución, suministro, comercialización, planeación y el Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional, son de utilidad pública, cuando son provistas por el Estado, y se sujetan a obligaciones de servicio público y universal en términos de esta Ley y de las disposiciones aplicables, a fin de lograr el cabal cumplimiento de los objetivos establecidos en este ordenamiento legal. Son consideradas obligaciones de servicio público y universal las siguientes:* *I. Otorgar acceso a la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución cuando sea técnicamente factible y no afecte su confiabilidad;*	La disposición de este artículo señala que**:** La planeación**,** el control y la propiedad de la infraestructura estratégica **(**incluyendo la generación de energía eléctrica**,** la transmisión**,** la distribución**, y** la operación del sistema eléctrico**)** corresponden exclusivamente a la Nación y, en adición a lo anterior, dispone que la infraestructura que integra la Red Nacional de Transmisión (RNT) y la Red General de Distribución (RGD) es propiedad inalienable del Estado mexicano, consecuentemente la propiedad de una subestación de maniobras (SEMA) al conectarse a la RNT, automáticamente forma parte de la infraestructura estratégica; por tanto, debe ser propiedad del Estado, no puede ser propiedad de particulares**.** Como resultado de lo anterior, en esta MIA-R no se incluye como un componente del proyecto a la SEM, toda vez que antes de iniciar operaciones esta infraestructura (la SEM) debe ser entregada a la CFE y, si se toma en cuenta que si dicha SEM se incluyera en esta MIA-R como componente del proyecto autorizado, no podría posteriormente segregarse. Además, **una** resolución favorable de impacto ambiental no puede transferir parte de las obras a un tercero por una razón jurídica muy precisa**:** porque la autorización es un acto administrativo unitario, condicionado a un todo, e inseparable del proyecto aprobado. La autorización ambiental es integral e indivisible ya que La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se evalúa como un todo**:** el conjunto de obras, actividades, medidas de mitigación, ubicación y promovente. Para el caso del proyecto del que se ocupa esta MIA-R, aunque la promovente (generador) va a construir la SEM, una

	vez que ésta entre en operación para efectos de la transmisión (interconectada a la RNT), debe ser entregada al Estado —específicamente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en su carácter de operador público autorizado.Dividir la autorización **i**mplicaría romper la unidad del análisis **y** alterar las condiciones bajo las cuales fue evaluado y aprobado el proyecto. En el mismo sentido, se destaca que el promovente que resultó beneficiado con la autorización es el único responsable ante la autoridad ambiental (SEMARNAT o su equivalente estatal) por el cumplimiento de todas las medidas, condicionantes y obligaciones impuestas y si se autorizara una transferencia parcial, se fragmentaría la responsabilidad**,** lo cual complicaría o imposibilitaría el control y la supervisión ambiental**.** En adición, el principio de legalidad y seguridad jurídica del Derecho Administrativo, mismo que sustenta el acto de autoridad representado por los permisos y las autorizaciones, como la de impacto ambiental se rigen por el principio de "estricta legalidad", lo que se traduce en interpretar el principio de que no se puede hacer algo que la ley o el reglamento no permiten expresamente**.** La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento permiten la cesión total**,** pero no la parcial (Artículo 44 del Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental). Por todo lo expuesto, para poder transferir la propiedad de la SEM a la CFE, previo a la puesta en operación del proyecto, la autorización de esa infraestructura (la SEM), será gestionada como un proyecto separado de esta MIR, esto es con una nueva MIA cuyo sustento y modalidad se ajustará a las disposiciones de la LGEEPA y su RLGEEPAMEIA. En este sentido, la gestión del proyecto se ajustará a las obligaciones y requerimientos aplicables, detallados por el Manual Regulatorio de Requerimientos Técnicos para la Interconexión de Centrales Eléctricas al Sistema Eléctrico Nacional (D.O.F., 31.Diciembre.2021) y a las Reglas del Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional (D.O.F., 3 de noviembre de 2005).
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** **Del Impacto Social y Desarrollo Sostenible** *Artículo 133.- Los Proyectos de Infraestructura de los sectores público y privado en el sector eléctrico deben*	La promovente del proyecto ha acatado esta disposición y, el 14 de noviembre de 2023 ingresó a la dictaminación de la entonces Dirección General de Impactos Social y Ocupación Superficial de la Secretaría de Energía el expediente de la Manifestación de Impacto Social (MIS) (Anexo ANX VIII.III.2), integrando el documento nominado “manifestación de Impacto Social” a través del cual se identificaron, evaluaron y describieron los impactos sociales significativos y potenciales del proyecto laS comunidades aledañad al sitio pretendido para su ubicación, 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;

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 135.- *Con la finalidad de tomar en cuenta los intereses y derechos de los pueblos y las comunidades indígenas y afromexicanas en los que se desarrollen Proyectos de Infraestructura eléctrica, la Secretaría debe llevar a cabo los procedimientos de consulta previa, libre e informada y cualquier otra actividad necesaria para su salvaguarda, en coordinación con la Empresa Pública del Estado o interesados según el caso, conforme a la normatividad aplicable.*	De ser el caso y en la eventualidad de que la Secretaria determine que, para tomar en cuenta los intereses y derechos de los pueblos y las comunidades indígenas y afromexicanas sobre los cuales pudiera incidir el proyecto que se gestiona con esta MIA-R y, en consecuencia considere procedente llevar a cabo los procedimientos de consulta previa, libre e informada y cualquier otra actividad necesaria para su salvaguarda, favorecerá los trabajos de la autoridad propiciando su incorporación coordinada conforme a la normatividad aplicable.
Artículo 136.- *La Empresa Pública del Estado o los interesados en desarrollar Proyectos de Infraestructura eléctrica deben elaborar y presentar a la Secretaría la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético que debe ser elaborada con un enfoque participativo, aplicando de manera transversal una perspectiva de género y respetando y protegiendo los derechos humanos. La manifestación debe contener, al menos:* ***I.*** *La descripción de las etapas y actividades del proyecto y delimitación de su área de influencia directa e indirecta, así como el área núcleo;* ***II.*** *La identificación y caracterización de las comunidades o localidades y pueblos que se ubican en el área de influencia del proyecto;* ***III.*** *La identificación, caracterización, predicción y valoración de los posibles impactos sociales positivos y negativos que podrían derivarse del proyecto, y*	En cumplimiento de esta disposición vinculante, el promovente compromete que, una vez obtenida la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental, procederá a elaborar y presentar a la Secretaría (SENER) la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético que será elaborada con un enfoque participativo, aplicando de manera transversal una perspectiva de género y respetando y protegiendo los derechos humanos. La MIS manifestación debe contener, al menos: **I.** La descripción de las etapas y actividades del proyecto y delimitación de su área de influencia directa e indirecta, así como el área núcleo; **II.** La identificación y caracterización de las comunidades o localidades y pueblos que se ubican en el área de influencia del proyecto; **III.** La identificación, caracterización, predicción y valoración de los posibles impactos sociales positivos y negativos que podrían derivarse del proyecto, y
Artículo 138.- *La Secretaría debe poner a disposición del público la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético en los términos establecidos en el Reglamento y las Disposiciones Administrativas de Carácter General, y demás regulación aplicable.* *La Empresa Pública del Estado o las personas interesadas en desarrollar Proyectos de Infraestructura eléctrica deben incluir en la solicitud de autorización, la versión pública de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, la cual debe mantener en reserva la información en los términos de la legislación aplicable en materia de transparencia y acceso a la información.*	La promovente atenderá el alcance de esta disposición, para lo cual incluirá en la solicitud de autorización del proyecto en materia de impacto social, la versión pública de la MIS del Sector Energético, la cual debe mantener en reserva la información en los términos de la legislación aplicable en materia de transparencia y acceso a la información

Artículo 5.- *El Gobierno Federal, las Generadoras, la Empresa Pública del Estado, las Comercializadoras, los Usuarios Calificados Participantes del Mercado y el CENACE, cada uno en el ámbito de sus competencias y responsabilidades, deben ejecutar los actos que resulten necesarios para mantener la integridad, la Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad, Accesibilidad, Sostenibilidad y el funcionamiento eficiente del Sistema Eléctrico Nacional.*	La promovente atenderá el alcance de las disposiciones de este artículo, particularmente en los relativo a la ejecución de los actos que resulten necesarios y que deriven del cumplimiento de manuales, reglas y normas orientadas a asegurar la integridad *la Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad, Accesibilidad, Sostenibilidad y el funcionamiento eficiente del Sistema Eléctrico Nacional.*
Artículo 6.- *El Estado establece y ejecuta la política, regulación y vigilancia del sector eléctrico a través de la Secretaria y la CNE, en el ámbito de sus respectivas competencias, teniendo como objetivos los siguientes:* *I. Garantizar la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional;*	La promovente atenderá el alcance de las disposiciones de este artículo, particularmente en los relativo a la ejecución de los actos que resulten necesarios y que deriven del cumplimiento de manuales, reglas y normas orientadas a asegurar la integridad *la Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad, Accesibilidad, Sostenibilidad y el funcionamiento eficiente del Sistema Eléctrico Nacional.*

III.4.10 Ley de Planeación y Transición Energética (LPTE)

Publicada el 18 de marzo de 2025 (D.O.F., 2015)[29]. Es reglamentaria de los párrafos 6 y 8 del artículo 25 de la CPEUM, tiene por objetivo regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Tabla III. 14 Vinculación del proyecto con la LPTE

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 3. *Para efectos de esta Ley se considerarán las siguientes definiciones:* *(…)* *XVI. Energías Renovables: Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable que se regeneran naturalmente o con capacidad de regeneración a escala del tiempo del ser humano. Se consideran fuentes de Energías Renovables las que se enumeran a continuación*: *(…)* *b) La radiación solar, en todas sus formas;*	El proyecto se basa en el aprovechamiento de una energía renovable (la energía fotovoltaica emitida por el sol), la cual podrá ser transformada en energía eléctrica aprovechable, por lo que la definición de este concepto encuadra en la definición del proyecto.
XXVII. *Transición energética: modificación del sistema energético que consiste en la migración de un sistema basado en energías fósiles hacia uno sustentado preponderantemente en energías renovables y de bajas emisiones,*	El proyecto encuadra en el proceso de transición energética ya que constituye un Parque de producción de electricidad sustentado preponderantemente en el aprovechamiento de una energía renovable.
Artículo 6. *Los integrantes de la industria eléctrica en general, así como los usuarios calificados participantes del mercado eléctrico mayorista, sean de carácter*	El Parque Fotovoltaico pertenece al sector energético; el cual es generador de energía a partir de fuentes limpias como es la solar, tiene el compromiso del cumplimiento

público o particular, y los titulares de los contratos de interconexión legados estarán obligados a contribuir al cumplimiento de las metas de energías limpias en los términos establecidos en la legislación aplicable.	de las metas de energías limpias en los términos establecidos en la ley que compete. En materia ambiental, el proyecto destaca por la reducción drástica de emisiones que generan otro tipo de instalaciones generadoras de electricidad.

II.5.2 Ley de la Comisión Nacional de Energía (LCNE), (D.O.F., 18 de marzo de 2025)

Esta Ley establece las atribuciones de la Comisión Nacional de Energía en la regulación y supervisión del sector energético, incluyendo la emisión de permisos y la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones legales en materia de generación eléctrica.

Tabla III. 15 Vinculación del proyecto con la LCNE

PRECEPTO LEGAL	VINCULACIÓN
Artículo 8.- en el sector eléctrico, la comisión tiene las atribuciones siguientes de conformidad con lo señalado en la ley del sector eléctrico:	La promovente gestionará ante esta instancia la aprobación de los actos regulatorios materia de su competencias, asegurando en su promoción que el proyecto cumpla con los requisitos técnicos y normativos establecidos en la Ley del Sector Eléctrico y otras disposiciones aplicables. Esto incluye la revisión de estudios de interconexión, planes de mitigación ambiental y cumplimiento de estándares de calidad y seguridad. Adicionalmente y en seguimiento a las facultades de la CNE respecto a la verificación relativa al cumplimiento de los proyectos de los requisitos técnicos y normativos establecidos en la Ley del Sector Eléctrico y otras disposiciones aplicables. Esto incluye la revisión de estudios de interconexión, planes de mitigación ambiental y cumplimiento de estándares de calidad y seguridad.
Otorgar, modificar, terminar y supervisar los permisos de generación y comercialización de energía eléctrica, así como emitir las autorizaciones y actos administrativos vinculados al sector, que se requieran;	

III.6 Otros instrumentos Jurídicos

Los alcances de otros instrumentos jurídicos, con disposiciones no precisamente de carácter ambiental, también son analizados para determinar las disposiciones vinculantes que pudieran tener sus preceptos; tal es el caso de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos (1972 y su Reglamento (1975) y de diversas Normas Oficiales Mexicanas.

III.6.1 Ley de Aguas Nacionales (LAN)

La Ley de Aguas Nacionales es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales, es de observancia general en la República mexicana y los principales preceptos que se vinculan con el proyecto tienen relación únicamente con la ejecución de obras que pudieran requerirse en o cerca de cuerpos de agua que pudieran ser considerados como propiedad nacional. Al respecto, dentro de la poligonal envolvente del proyecto se identifica un embalse de carácter temporal. A la fecha, no se tiene determinado si, por su régimen de administración, pudiera ser considerado como un cuerpo de agua propiedad de la Nación. Por lo expuesto y, para estar en posibilidad de concretar la naturaleza jurídica y administrativa de este embalse, se realizará la gestión ante la representación de la CONAGUA en el Estado de Hidalgo; sin embargo, se reitera

que, el área de este cuerpo de agua y, de ser el caso, el espacio correspondiente a su zona federal no será intervenidos por ninguna obra del proyecto.

III.6.2 Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos (1972 y su Reglamento (1975).

La protección de los vestigios arqueológicos en México es importante por varias razones: en primera instancia porque los vestigios son testimonio de las civilizaciones originarias (maya, mexica, zapoteca, etc.) que forman la raíz de la identidad mexicana. Porque son una fuente de conocimiento sobre el pasado; por el valor científico que tienen ya que cada hallazgo aporta datos para la arqueología, antropología, historia, arquitectura, e incluso genética y, fundamentalmente por la CPEUM reconoce que el patrimonio cultural no pertenece solo al presente, sino también al futuro. Hay un deber ético de preservarlo para quienes aún no nacen.

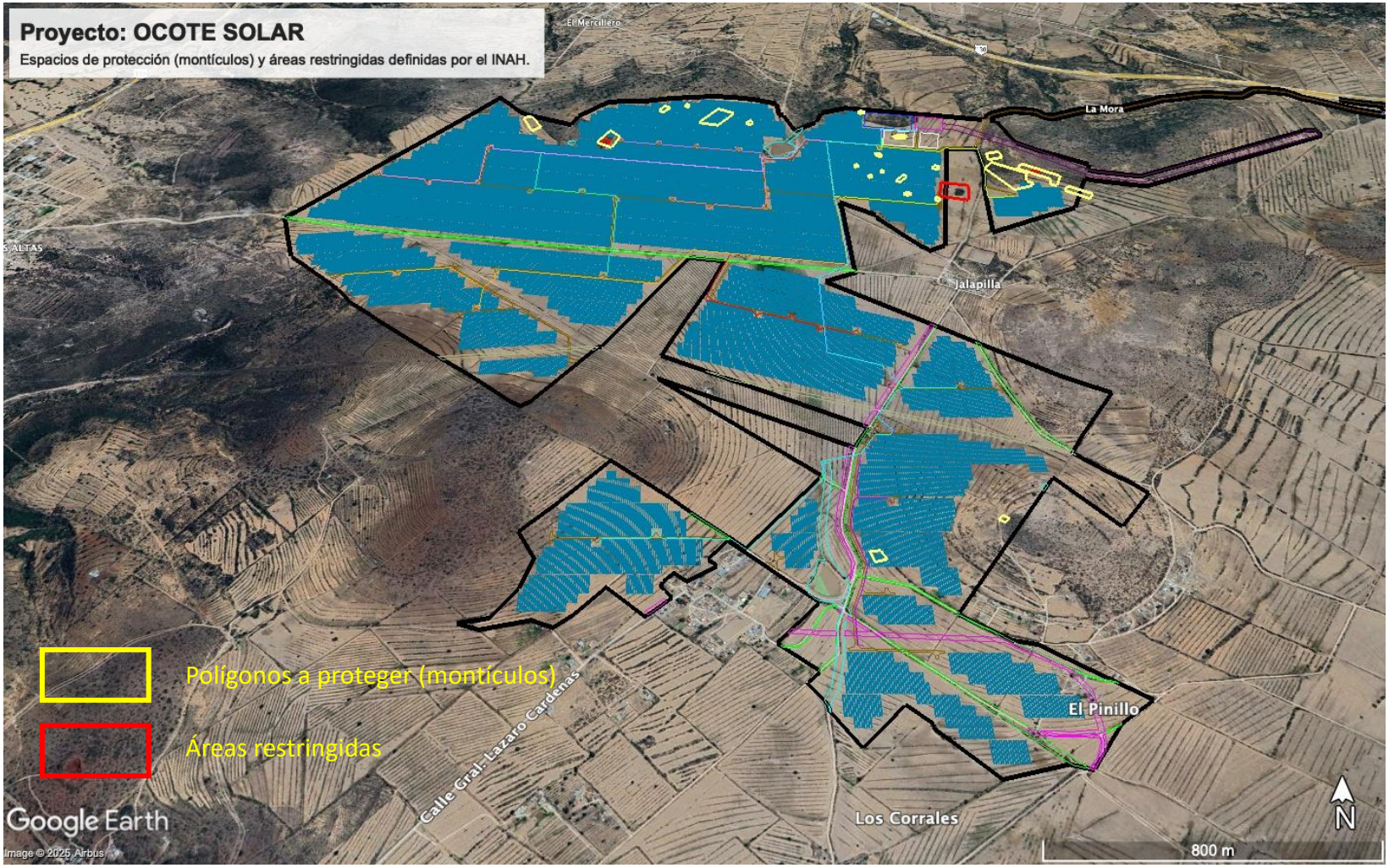
Por lo anterior y dado que el Estado de Hidalgo, como muchas otras regiones del País registra numerosas áreas importantes desde el punto de vista arqueológico, el promovente se avocó a gestionar ante la autoridad competente, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) la dictaminación de procedencia y, en su caso del establecimiento de los trabajos de rescate arqueológico que fuese preciso realizar el 18 de octubre de 2023 se obtuvo respuesta con el oficio número 401.2C.7.2023/1031 y, posteriormente en atención a la solicitud de la empresa promovente del proyecto, para que la Dirección del Centro INAH Hidalgo emitiera su opinión respecto a los trabajos de salvamento realizados desde el año 2023, el 10 de abril del año 2024, el Titular del Centro INAH Hidalgo emitió el oficio N.º 401.2C.7.2024/529 (anexo en ANX VIII.III.1), se ordenó la ejecución de trabajos de rescate y protección de los vestigios arqueológico que se señalan en dicho ocurso y se establecen tres zonas restringidas delimitándolas con los conjuntos de coordenadas detallados en la página 4 de 4 del citado oficio (Figura III.2) (archivo .kmz en ANXVIII.III.2). En el documento antes referido, el INAH indica que durante la ejecución de las obras, las obligaciones impuestas en el oficio de referencia serán supervisadas por personal de la sección de arqueología de ese Centro INAH, indicando que por ello, la empresa promovente deberá dar aviso del inicio y de la terminación de los trabajos.

III.6.3 Instrumentos jurídicos de competencia estatal

Después de que nuestro país asumió en el texto del artículo 124 de la CPEUM vigente la fórmula clásica del federalismo dual "*Las facultades que no estén expresamente concedidas por esta Constitución a los funcionarios federales, se entienden reservadas a los Estados"* disposición que ha sido retocada en varias ocasiones hasta arribar a las llamadas "leyes generales" o "leyes marco", a partir de las cuales se autoriza la distribución de competencias por parte del legislador secundario entre los distintos órdenes de gobierno, tal ha sido el caso de materias como la protección al ambiente y equilibrio ecológico, entre otras (Carmona, L. M. del C., 2003)[30]. En tal sentido esta potestad concurrente queda evidenciada en los artículos 3º y 5º de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA); al respecto, la fracción X del

artículo 5º dispone como facultad de la Federación: "*X. La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley* (el subrayado es nuestro) *y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes";* en tal sentido, la naturaleza del proyecto lo ubica dentro del sector eléctrico, tal característica ubica a este tipo de proyectos dentro de los trece grupos de obras o actividades que incluye el artículo 28 de la LGEEPA como obras y actividades competencia de la Federación, lo que significa que corresponde a la autoridad federal (en este caso, la DGIRA de la SEMARNAT), la evaluación correspondiente del proyecto y, de ser el caso, su resolución.

Figura III. 2 Delimitación de montículos a proteger y de espacios restringidos por el INAH



En el mismo sentido y, toda vez que la LGEEPA es una Ley Marco y que en su artículo 7º dispone que:

"*Artículo 7º. Corresponde a los estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las Leyes en la materia, las siguientes facultades:*

I…

VI: La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos de conformidad con lo dispuesto por el artículo 137 de la presente Ley."

En este mismo sentido, la Ley General para la Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en su artículo 6º dispone que:

"Artículo 6.- La Federación, las entidades federativas y los municipios ejercerán sus atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la contaminación de sitios y su remediación, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales".

Derivado de lo anterior, el artículo 7º define en sus XXVI fracciones las facultades que la LGPGIR limita a la esfera federal y, de ellas destaca la fracción VI que define:

"Artículo 7.- Son facultades de la Federación:

I…

…

VI: La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores cuando estos últimos o sean controlados por las entidades federativas".

Respecto a las atribuciones de las entidades federativas, la LGPGIR en la fracción III de su artículo 9º dispone:

"Artículo 9.- Son facultades de las Entidades Federativas:

I…

…

III.- Autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial e identificar los que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo."

Por lo que se refiere a las atribuciones que se otorgan a los municipios, la LGPGIR dispone:

"Artículo 10.- Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme las siguientes facultades:

I. Formular, por sí o en coordinación con las entidades federativas, y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos correspondiente;

II. Emitir los reglamentos y demás disposiciones jurídico - administrativas de observancia general dentro de sus jurisdicciones respectivas, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la presente Ley y en las disposiciones legales que emitan las entidades federativas correspondientes;

III. Controlar los residuos sólidos urbanos y, en coordinación con las entidades federativas, aprovechar la materia orgánica en procesos de generación de energía;

Fracción reformada DOF 07-01-2021

IV. Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por esta Ley y la legislación estatal en la materia;

V. Otorgar las autorizaciones y concesiones de una o más de las actividades que comprende la prestación de los servicios de manejo integral de los residuos sólidos urbanos;

VI. Establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos;

VII. Verificar el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos jurídicos en materia de residuos sólidos urbanos e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables;

VIII. Participar en el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley;

IX. Participar y aplicar, en colaboración con la federación y el gobierno estatal, instrumentos económicos que incentiven el desarrollo, adopción y despliegue de tecnología y materiales que favorezca el manejo integral de residuos sólidos urbanos;

X. Coadyuvar en la prevención de la contaminación de sitios con materiales y residuos peligrosos y su remediación;

XI. Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismos, y

XII. Las demás que se establezcan en esta Ley, las normas oficiales mexicanas y otros ordenamientos jurídicos que resulten aplicables."

Por lo antes expuesto, la evaluación del impacto ambiental, por cuanto a la naturaleza y objetivos del proyecto es estrictamente materia de competencia federal por lo que las, autoridades del sector medio ambiente del Estado de Hidalgo no tienen competencia y, consecuentemente atribuciones para intervenir en este procedimiento, sin embargo, en lo relativo a la gestión y manejo de los residuos, particularmente de los residuos de manejo especial y a los residuos sólidos urbanos, su regulación es competencia de la

autoridad estatal y de la autoridad municipal (Tabla II.13); las atribuciones antes indicadas son definidas en la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo, (20.08.2024)[31]; este instrumento expone diversos lineamientos, los cuales resultan vinculantes para el proyecto y serán cabalmente cumplidos (tabla III.12) para asegurar su viabilidad.

III.6.3.1 **Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo.**

La Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo tiene como propósito establecer el marco legal para la conservación ecológica y la protección ambiental en la entidad, promoviendo el desarrollo sustentable y garantizando el derecho de las personas a vivir en un entorno adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. De acuerdo con el Artículo 1 de esta ley, sus disposiciones son de orden público e interés general, y tienen como finalidad regular las acciones a cargo del Estado y los Municipios en materia de conservación ecológica y protección al ambiente.

El Artículo 2 establece las bases para:

1. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
2. Propiciar la participación del Estado y los Municipios en la preservación, conservación, restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente.
3. Realizar el ordenamiento ecológico territorial de la entidad.
4. Proteger las áreas naturales de jurisdicción estatal y municipal, y fomentar el aprovechamiento racional de sus elementos naturales, de manera compatible con la obtención de beneficios económicos y la preservación de los ecosistemas.
5. Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el estado, en aquellos casos que no sean competencia de la Federación.
6. Establecer medidas de control, de seguridad y sanciones administrativas para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta ley y de las disposiciones que de ella se deriven.

Además, la ley contempla la implementación de un sistema de alerta temprana para detectar sequías en la región, acompañado de un análisis exhaustivo sobre su impacto y los riesgos asociados, así como el diseño de estrategias efectivas de mitigación y respuesta rápida ante estas situaciones.En resumen, esta ley busca establecer un marco legal integral que permita la protección del ambiente y la promoción del desarrollo sustentable en el Estado de Hidalgo, mediante la regulación de acciones y la participación de las autoridades estatales y municipales.

Tabla III. 16 Análisis de vinculación del proyecto con los instrumentos de regulación del manejo de residuos del Estado de Hidalgo

PRECEPTO	VINCULACIÓN
LEY PARA LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE HIDALGO	
Artículo 6. Corresponde al Ejecutivo del Estado a través de la Secretaría[XVI], las atribuciones que a continuación se establecen: ***(…)/*** *XV. Regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, incluyendo la selección, determinación y autorización de los sitios destinados a la disposición final de estos, con la participación de los Ayuntamientos, de conformidad con lo establecido en la presente Ley, la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo y su respectivo Reglamento, las normas técnicas ecológicas estatales y demás disposiciones aplicables*	El manejo y disposición final de los residuos de manejo especial (RME) y de los residuos sólidos urbanos (RSU) será gestionado ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo.
Artículo 8. Corresponde a los ayuntamientos el ejercicio de las atribuciones siguientes: *(…)/* *D) La autorización y regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos, en concordancia con la normatividad ambiental federal, la presente Ley, la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo y su respectivo Reglamento, las normas técnicas ecológicas estatales y demás disposiciones aplicables..*	Con sustento en lo dispuesto en este precepto, la promovente ajustará sus gestiones en cuanto a la generación, manejo, transporte y disposición final de los RSU a lo dispuesto en este artículo de la *Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Hidalgo.*
Artículo 148. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se consideran los siguientes criterios: *I. La generación de residuos sólidos debe ser controlada desde su origen, reduciendo y previniendo su producción; ubicando su procedencia e incorporando métodos y técnicas para su reúso, reciclaje, manejo y disposición final, en su caso.*	La promovente del presente proyecto compromete ajustar el procedimiento de gestión de los RSU que se pudieran generar en cualquier etapa de desarrollo del proyecto al alcance de este precepto.
Artículo 149. Los criterios enunciados en el artículo anterior, deberán considerar lo siguiente: *I…*	La promovente se asegurará que las empresas que presten los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos (RSU's), cumplan cabalmente este requerimiento; para documentar su cumplimiento se recabará la documentación oficial correspondiente, copia de la cual se agregará a los

[XVI] Secretaría: La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo;

PRECEPTO	VINCULACIÓN
II. La operación de los sistemas de recolección, traslado, manejo y disposición final de residuos de manejo especial y sólidos urbanos en rellenos sanitarios	informes periódicos que se presentarán a la autoridad responsable.
Artículo 150. El Estado, a través de la Secretaría, emitirá las normas técnicas ecológicas para la operación de los sistemas de manejo integral de los residuos de manejo especial, con arreglo a las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables en la materia.	Hasta el momento de elaboración de esta MIA-R, no se ha identificado alguna Norma Técnica Estatal para la operación de los sistemas de manejo integral de los residuos de manejo especial, por lo que, el alcance de esta disposición aún no es aplicable
Artículo 151. Queda prohibido descargar, derramar o depositar cualquier tipo de residuos de manejo especial o infiltración de sus lixiviados en la vía pública, carreteras estatales, caminos rurales y sitios no autorizados para tal fin.	La promovente compromete asegurar que evitará descargar, derramar o depositar cualquier tipo de residuos de manejo especial o infiltración de sus lixiviados en la vía pública, carreteras estatales, caminos rurales y sitios no autorizados para tal fin.
Artículo 153. Los residuos que se acumulen, depositen o infiltren en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar: *I. La contaminación del suelo.* *II. Las alteraciones en el proceso biológico de los suelos; y* *III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación y problemas de salud.*	La promovente del proyecto, se compromete a que los residuos que por sus características tenga que quedar en contacto con el suelo (principalmente RME's como tierra, rocas y residuos vegetales), reunirán las condiciones necesarias para prevenir la contaminación del suelo, alteraciones en el proceso biológico de los suelos y alteraciones que perjudiquen su aprovechamiento o uso y problemas de salud en términos de la ley en cuestión.
Artículo 154.- Los ayuntamientos son responsables del manejo integral de los residuos sólidos urbanos que consiste en la recolección, traslado, tratamiento y su disposición final, debiendo observar las disposiciones aplicables en la materia expedida sobre los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones.	La promovente se compromete, por este medio, a que la gestión de la generación, manejo, transportación y destino final de los RSU siguiendo las disposiciones que al respecto le indiquen las autoridades de los municipios de Epazoyucan y de Singuilucan.
Artículo 155.- Corresponde al Municipio el establecimiento, la observación y aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de residuos sólidos urbanos; y al Estado, a través de la Secretaría la regulación de los residuos de manejo especial provenientes de procesos productivos.	La promovente compromete, por este medio la gestión de la generación, manejo, transportación y destino final de los RSU y de los RME ante las autoridades del Ayuntamiento de Epazoyucan y, los RME ante la SEMARNATEH.
ARTÍCULO 156.- Las personas físicas o morales generadoras de residuos de manejo especial deberán presentar el manifiesto correspondiente y obtener el respectivo registro emitido por la secretaría e ingresar ante la secretaria sus planes y programas de manejo que definan acciones y medidas para la prevención, control, minimización, reutilización y reciclaje, su informe de avances y logros de forma semestral, el cual podrá ser modificado a fin de lograr objetivos de protección al ambiente.	La promovente manifiesta su interés por cumplir cabalmente con el alcance de este precepto, para lo cual, en su oportunidad, atenderá esta gestión a través de los instrumentos establecidos por la SEMARNATEH
ARTÍCULO 157.- Los generadores de residuos de manejo especial deberán contar con una bitácora autorizada por la secretaría en la que llevarán el registro del volumen de residuos de manejo especial que generan y las modalidades de manejo, así	La promovente manifiesta su disposición para cumplir cabalmente con el alcance de este precepto, para lo cual, en su oportunidad, abrirá y mantendrá actualizada la bitácora a la que se refiere esta

PRECEPTO	VINCULACIÓN
mismo, habrán de sujetar sus residuos a los planes de manejo aprobados, además de presentar semestralmente el reporte de generación correspondiente.	disposición e ingresará semestralmente los reportes de generación a la SEMARNATEH.

III.6.3.1 **Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo (LGIRH).**

La Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo tiene como propósito principal garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable. Para lograrlo, establece un marco normativo que regula la prevención en la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no estén expresamente atribuidos a la Federación. Asimismo, aborda la prevención de la contaminación y la remediación de suelos contaminados con residuos, conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Entre los objetivos específicos de esta ley se encuentran:

1. Prevenir la generación de residuos: Promoviendo prácticas que reduzcan la producción de residuos desde su origen.
2. Valorización de residuos: Fomentando la reutilización, reciclaje y aprovechamiento de los residuos para recuperar su valor económico y reducir su impacto ambiental.
3. Gestión integral de residuos: Estableciendo un conjunto de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo adecuado de los residuos desde su generación hasta su disposición final.
4. Prevención de la contaminación: Implementando medidas para evitar la contaminación del suelo, agua y aire por residuos.
5. Remediación de sitios contaminados: Desarrollando acciones para la limpieza y recuperación de áreas afectadas por la disposición inadecuada de residuos.
6. Promoción de la economía circular: Adoptando principios que buscan mantener el valor de los productos, materiales y recursos en la economía durante el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo la generación de residuos.
7. Participación ciudadana: Involucrando a la sociedad en la formulación de planes, programas y ordenamientos jurídicos relacionados con la gestión integral de los residuos, así como garantizando el acceso público a la información sobre todos los aspectos relacionados con esta gestión.

Estos objetivos se alinean con los principios establecidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y buscan fortalecer la sustentabilidad ambiental en el Estado de Hidalgo.

Tabla III. 17 Vinculación del proyecto con la LGIRH

LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DEL ESTADO DE HIDALGO (LGIR.). Ley publicada mediante el Decreto número 21798/LVII/07 del Congreso del Estado de Hidalgo.

Artículo 5. Son autoridades competentes para aplicar la presente Ley: *I. El Ejecutivo del Estado;* *II. La Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES Hgo); y* *III. Los Ayuntamientos.*	Las gestiones que realice la promovente las desahogara ante la instancia del orden de gobierno que proceda, según se detalle en las disposiciones de esta Ley.
Artículo 7. La Secretaria, además de las conferidas en la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, tendrá las siguientes atribuciones: I. Formular, conducir y revisar la política estatal en materia de residuos de manejo especial; II. Formular el Programa Estatal para la Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial (RME's); III. Autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial; IV. Autorizar el establecimiento y operación de centros de acopio de residuos de manejo especial destinados a reciclaje; V. Identificar y proponer a la Secretaria Federal los residuos de manejo especial que puedan agregarse al listado de las normas oficiales mexicanas, por considerarse sujetos a planes de manejo, de conformidad con lo señalado en el artículo 14 de esta Ley;	Para confirmar la aplicabilidad de esta disposición, de ser el caso, los RME's que se estima generar durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, serán cotejados con los alcances de la NOM-161.SEMARNAT-2011 y, consecuentemente su manejo se realizará ente la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable.
Artículo 8. Los Ayuntamientos tendrán las siguientes atribuciones: *I. Formular por sí o con el apoyo de la Secretaria y con la participación de representantes de los sectores sociales y privados, los Programas Municipales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU's), los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Gestión Integral de los Residuos;* *II. Expedir los reglamentos y demás disposiciones jurídico - administrativas de observancia general dentro de sus jurisdicciones respectivas, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la presente Ley y en la Ley General;* *III. Establecer programas graduales de separación de la fuente de residuos orgánicos e inorgánicos y los mecanismos para promover su aprovechamiento;* *IV. Prevenir la generación y controlar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos;* *V. …*	La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) que se generen en el proyecto, en cualquiera de las etapas de su desarrollo, será conducida ante las instancias que tenga dispuestas para el efecto la autoridad municipal competente en la materia.

VI. VII. Autorizar aquellas etapas del manejo integral de residuos sólidos urbanos que no sean consideradas como servicio público;	
Artículo 13. Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo, de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes y deberán ser acordes con el programa estatal para la gestión integral de residuos de manejo especial. *Los productores, importadores, comercializadores y distribuidores son únicamente responsables de la formulación y ejecución de planes de manejo de los productos desechados específicamente que ellos produzcan, importen, comercialicen o distribuyan.*	Como un primer paso para cumplir con la disposición que impone este precepto, la empresa promovente estima que, durante las etapas de preparación del sitio y construcción y, el cierre y abandono, se podrá alcanzar la categoría de "Gran Generador" de RME de acuerdo a lo dispuesto en el apartado XII del artículo 5º de la LGPGIR, en consecuencia de lo cual, en el proceso de planificación del proyecto, al disponer de su proyecto ejecutivo, de confirmarse este supuesto, la promovente compromete el cumplimiento del alcance de esta disposición por lo que se refiere a la formulación y ejecución del plan de manejo correspondiente.
Artículo 14. Para los efectos del artículo 7 fracción V, la determinación de residuos que podrán proponerse a la Secretaria Federal para ser incluidos en la norma oficial mexicana que identifique aquellos residuos sujetos a planes de manejo, se llevará a cabo conforme las normas oficiales mexicanas y en base a los siguientes criterios: *I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;* *II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores; y* *III. Que se trate de residuos que representen un riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.*	Derivado de la determinación y clasificación de los RME's que realice la promovente de acuerdo a los lineamientos que establece esta Ley y, consecuentemente la NOM aplicable (NOM-052-SEMARNAT-2011 y NOM-0161-SEMARNAT-1993), derivará la obligación de someter su manejo al Plan correspondiente abordado en este precepto y bajo los alcances que se definen en el mismo.
Artículo 19. Los grandes generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, deberán integrar una propuesta para sustentar el desarrollo de cada uno de los planes de manejo, que se entregará a la Secretaria para su validación y en la cual se asentará, entre otros, lo siguiente: *I. Acreditar la personalidad, con firma del interesado o su representante legal; II. Los residuos generados que serán objeto de los planes de manejo;* *III. Los procedimientos, métodos o técnicas que se emplearan en la reutilización, reciclado o tratamiento de los residuos;* *IV. Las empresas autorizadas y registradas como prestadoras de servicios que se ocuparan del manejo integral de los residuos sujetos a los planes de manejo, en cualquiera de sus etapas;* *V. Cronograma enunciando las principales actividades y sus fechas de implantación, así como la periodicidad para evaluación y entrega de actualizaciones;*	De ser procedente la vinculación del proyecto con esta disposición, lo cual derivará de la determinación de los volúmenes que se estimen generar de RME's y de RSU's, se definirá la propuesta que sustente el desarrollo de cada uno de los planes de manejo que se presentarán a la SEMADES Hgo para su validación, con los contenidos que se detallan en este precepto.

VI. Los responsables de la implantación y seguimiento de los planes de manejo correspondientes; y *VII. Los indicadores para evaluar el desempeño del plan de manejo.*	
Artículo 38. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos por la Ley General y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: *I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que solo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;* *II…* *VIII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;*	La promovente clasificará sus RME's conforme a la descripción que se detalla en este artículo.
Artículo 39. Los residuos de manejo especial sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas a que hace mención el artículo 14 de esta Ley, deberán ser manejados conforme al plan de manejo correspondiente en cumplimiento con las disposiciones que establezca esta Ley, su reglamento y los ordenamientos jurídicos de carácter local y federal que al efecto se expidan para su manejo, tratamiento y disposición final. *Los planes de manejo a que se refiere el párrafo anterior deberán ser registrados por la Secretaria.*	La gestión de los RME's que realice la promovente se ajustará a un Plan de Manejo elaborado conforme lo dispone esta Ley, mismo que será presentado a la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable para su aprobación y registro.
Artículo 41. Es obligación de toda persona física o jurídica generadora de residuos sólidos urbanos o de manejo especial: *I. Separar y reducir la generación de residuos;* *II. Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos;* *III. Cuando sea factible, procurar la biodegradabilidad de los mismos;* *IV. Participar en los planes y programas que establezcan las autoridades competentes para facilitar la prevención y reducción de la generación de residuos sólidos;* *VII. Separar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial evitando que se mezclen entre sí, y con residuos peligrosos, y entregarlos para su recolección conforme a las disposiciones que esta Ley y otros ordenamientos establecen;* *VI.…* *VII. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas aplicables en su caso;* *VIII. Almacenar los residuos correspondientes con sujeción a las normas oficiales mexicanas o los*	El manejo de los RSU's y de RME's, se realizará conforme lo dispone el presente precepto y la evidencia de ello será documentada para su trazabilidad y reportada en los Informes de Cumplimiento de Términos y Condicionantes (ICTyC) que periódicamente se presenten a la autoridad en cumplimiento al término o condicionante impuesta en la resolución de autorización del proyecto en materia de impacto ambiental. La separación de los residuos se realizará distinguiendo los RP's de los RME's y de los RSU's, evitando por todos los medios la mezcla de los mismos. En el mismo sentido, el almacenamiento de los residuos se realizará conforme a lo dispuesto por las NOM's o de acuerdo a los ordenamientos jurídicos del Estado de Hidalgo.

ordenamientos jurídicos del Estado de Hidalgo, a fin de evitar daños a terceros y facilitar su recolección; *IX. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas aplicables al manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial;* *X. Cumplir con las disposiciones de manejo establecidas en los planes de manejo correspondientes, de conformidad con lo que señala el artículo 18 de esta Ley; y* *XI. Las demás que establezcan los ordenamientos jurídicos aplicables.*	
Artículo 47. Se requiere autorización de la Secretaria para llevar a cabo las etapas del manejo integral de residuos de manejo especial, establecidas en las fracciones III y de la V a la XII del artículo 50 de la presente Ley. *Los Ayuntamientos deberán autorizar las etapas del manejo integral de los residuos sólidos urbanos señaladas en las fracciones V, VI, VII, IX y XI del artículo 50.* *Las autorizaciones deberán otorgarse por tiempo determinado y deberá refrendarse en los términos que establezca el reglamento de la presente Ley.*	De acuerdo a lo dispuesto en este precepto, la promovente acuerda que el manejo integral de los residuos que se generen en cualquiera de las etapas de desarrollo del proyecto se realizará al amparo de la autorización que promueva ante la SEMADES Hgo. El manejo que se detallará en el Plan correspondiente habrá de considerar, mínimamente lo dispuesto en las diversas fracciones del artículo 50 de la LGIR Edo. Hgo..

III.6.4 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ambiental son instrumentos de la política ambiental dirigidas al aseguramiento del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales según lo dispone el Artículo 36 de la LGEEPA y define como sus objetivos:

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en la producción, uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

II.- Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente;

III.- Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable;

IV.- Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación ambiental que ocasionen, y

V.- Fomentar actividades productivas en un marco de eficiencia y sustentabilidad.

La expedición y modificación de las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, se sujetará al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

En este mismo sentido y, respecto a su obligatoriedad, esta es impuesta en el artículo 37 TER de la misma LGEEPA, el cual lo dispone con el siguiente alcance:

"*ARTÍCULO 37: Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación"*

Ese alcance se concreta a través de la vinculación que se ponga en evidencia en el Capítulo III de la MIA-R, toda vez que, dicho precepto dispone:

"ARTICULO 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaria 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."*

Tomando en consideración el carácter obligatorio que le imprime el artículo antes transcrito de la LGEEPA a las NOM's en el PEIA, aquellas que resultan aplicables por su carácter vinculante, de acuerdo a la naturaleza, características y particularidades del proyecto, así como por los atributos ambientales del AeP, se analizan a continuación y, paralelamente se hace la determinación del cómo el proyecto satisface el alcance vinculante de la NOM aplicable (Tabla III.18):

Tabla III. 18 Normas Oficiales Mexicanas y su vinculación con el proyecto

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

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
	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 limites 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**. -** Limites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. (08-03-2018).	La presente norma establece los limites 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	Los objetivos de esta NOM son: ● Establecer los Limites Máximos Permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
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 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 Limites 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

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
	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

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN
	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:
PROTECCIÓN Y SEGURIDAD	
NOM-004-STPS-1999 Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	En todo momento se implementarán los sistemas de protección, así como los mecanismos de seguridad, en obediencia a esta Norma Oficial Mexicana en cuanto hace a la maquinaria y equipo necesarios dentro de la etapa de construcción del proyecto.

III.6 Vinculación con los instrumentos de planeación aplicables en materia ambiental

Los instrumentos de planeación son aquellos elementos que concretan las proyecciones del sistema nacional de planeación democrática, concretados en el Plan Nacional de Desarrollo y en los Programas sectoriales, los cuales, al conformar herramientas del sistema nacional de planeación democrática, son aplicables a las dependencias y entidades de la administración pública federal (artículo 12 de la Ley de Planeación)[32] y conforman los ejes rectores de su actuación programática y administrativa. Estos instrumentos no constituyen instrumentos vinculantes con la actuación de los regulados o los gobernados, sin embargo la gestión del proyecto retoma lineamientos y estrategias coincidentes para alinear su desarrollo a los alcances aplicables de dichos planes.

En general, los instrumentos de planeación del Gobierno Federal y, acotando el alcance al territorio del Estado de Hidalgo también los de alcance estatal, no son jurídicamente vinculantes de forma directa y automática para una iniciativa del proyeco promovido por una persona moral, sin embargo, estos instrumentos pueden tener efectos indirectos. No son jurídicamente vinculantes de forma directa porque: no son leyes ni reglamentos: son lineamientos políticos y técnicos, no normas con fuerza coercitiva inmediata. No imponen sanciones a particulares por no alinearse con sus contenidos y, están dirigidos principalmente a dependencias y entidades públicas, como guías para el ejercicio del gasto, permisos, obras públicas y prioridades de inversión.

Estos planes y programas, son condicionantes indirectos para para los proyectos de obras y actividades que promueven personas morales porque:

Las autoridades que otorgan permisos o autorizaciones (SEMARNAT, CRE, SENER, municipios, etc.) deben actuar conforme a estos instrumentos. Para el caso de esta MIA-R, pueden influir en la aprobación del proyecto en materia de impacto ambiental ya que la SEMARNAT evalúa la congruencia del proyecto con planes nacionales, regionales y estatales. Condicionan decisiones sobre interconexión eléctrica ya que CFE y SENER pueden priorizar ciertos proyectos o regiones alineadas con sus planes sectoriales. En otrtos casos, dan prioridad o exclusión a ciertos apoyos, estímulos o financiamientos. Por su parte, los municipios pueden aplicar restricciones en el uso de suelo y licencias de construcción, en función de sus planes de desarrollo urbano.

Los planes y programas que se abordan en este apartado del capítulo III de la MIA-R son:

III.6.1 -Plan Nacional de Desarrollo (PND) (2025 – 2030).

La incidencia del proyecto con los objetivos clave del **Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025–2030** son las siguientes:

Transición energética y energías limpias: el PND 2025–2030 establece como objetivo estratégico la **soberanía energética** y prioriza la **transición hacia fuentes renovables**. El PND propone desarrollar 51 proyectos estratégicos que se orientan a generar más de 22,000 mW adicionales, con la meta de que hasta el 45% de la energía eléctrica que se produzaca en el país, provenga de fuentes limpias para 2030 .

El proyecto contribuye directamente a estas metas, al añadir 257 mW de capacidad instalada proveniente de energía solar, una fuente renovable clave en la estrategia nacional.

Participación del sector privado en la generación eléctrica: el PND mantiene la proporción actual entre la generación de electricidad pública (54%) y privada (46%), estableciendo reglas claras dentro del marco legal y garantizando la estabilidad del sistema eléctrico .

Esto implica que proyectos privados comoque se promueve con la iniciativa del proyecto que se somete a dictaminación de la DGIRA/SEMARNAT, se alineen con las políticas públicas y se espera que contribuya a los objetivos nacionales de energía limpia y soberanía energética.

Potencial de la energía solar en México: El PND reconoce que México cuenta con un alto potencial para la generación de energía solar debido a su ubicación geográfica. El PND reconoce este potencial y promueve su aprovechamiento para diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles .

El proyecto Ocoptre Solar, al utilizar 440,181 módulos fotovoltaicos en un terreno de 551 hectáreas, se alinea con esta visión de aprovechar los recursos solares del país para generar energía limpia y sostenible.

Metas de energías limpias y compromisos internacionales: el PND establece metas concretas para la participación de energías limpias en la generación eléctrica, alineadas con compromisos internacionales como el Acuerdo de París. La meta es alcanzar un 45% de generación eléctrica proveniente de fuentes limpias para el año 2030 .

El proyecto Ocote Solar contribuye a estas metas al aumentar la capacidad instalada de energía solar, ayudando a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a cumplir con los compromisos internacionales de México en materia de cambio climático.

Con base en lo antes señalado en los párrafos precentes se destaca que el proyecto Ocote Solar se alinea con las políticas públicas, particularmente en lo relativo a el transito hacia la consolidación de la siberanía energética priorizando la transición hacia el uso de fuentes renovables; particpando con capital privado en este esfuerzo en estrecha colaboración con la CFE al concretar las oportunidades de colaboración con dicha Entidad, especialmente en aspectos relacionados con la interconexión a la red eléctrica y el fortalecimiento de la infraestructura de transmisión; en materia de obligaciones hacia el sector social mediante la la creación de empleos, el desarrollo regional y la reducción de emisiones y, en cuanto al cumplimiento normativo**,** aseguramdo que el proyecto cumple con las normativas y regulaciones vigentes en materia de energía y medio ambiente, incluyendo la obtención de permisos y autorizaciones necesarias

III.6.2 Programas Sectoriales (como el de Fortalecimiento y Expansión del Sistema Eléctrico Nacional (2025 – 2030).

Este Plan de Fortalecimiento y Expansión del Sistema Eléctrico Nacional 2025-2030 fue presentado el 5 de febrero del 2025; sus puntos clave que respaldan y fortalecen la ciativa por desarrollar el proyecto Ocote Solar son:

Impulso a la generación de energías limpias: el plan contempla una inversión total de aproximadamente **624,618 millones de pesos**, con el objetivo de añadir **29,074 MW** de capacidad de generación eléctrica al sistema nacional. De esta cifra, **22,674 MW** serán aportados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y **6,400 MW** por el sector privado, priorizando proyectos de energías renovables como la solar y la eólica, el proyecto Ocote Solar se alinea directamente con esta estrategia, contribuyendo a la meta nacional de incrementar la participación de fuentes limpias en la matriz energética.

Modernización de la infraestructura eléctrica: el plan también prevé una inversión significativa en la infraestructura de transmisión y distribución; en el rubro de la **transmisión** se destinarán **124,524 millones de pesos** para fortalecer la Red Nacional de Transmisión, con la ejecución de 158 proyectos estratégicos orientados a mejorar la capacidad y confiabilidad del sistema y, por lo que se refiere a la d**istribución** se invertirán **72,470 millones de pesos** en la modernización y expansión de las redes de distribución, incluyendo 42,221 obras de electrificación y la construcción de 97 nuevas subestaciones.

Estas mejoras en la infraestructura facilitan la integración de nuevos proyectos de generación, como lo es Ocote Solar, asegurando una interconexión eficiente y confiable al sistema eléctrico nacional.

Participación del sector privado con reglas claras: el gobierno ha establecido un modelo de participación donde la CFE mantiene el 54% de la generación eléctrica, mientras que el sector privado aporta el 46%, especialmente en proyectos de energías limpias. Se han implementado mecanismos como contratos de largo plazo y una ventanilla única para agilizar los trámites y garantizar la legalidad y transparencia en la inversión privada; el proyecto Ocote solar puede beneficiarse de este entorno favorable, accediendo a esquemas de colaboración y financiamiento que respaldan iniciativas alineadas con los objetivos nacionales de transición energética.

Programa Sectorial Medio Ambiente 2025 - 2030: el 12 de mayo del presente año la Secretaróa de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), impulsó la celebración de cinco foros simultáneos para la elaboración del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales y programas derivados del Plan Nacional de Desarrollo del sector ambiental, con el objetivo de recabar propuestas y opiniones de la ciudadanía para elaborar, actualizar y ejecutar los citados programas.

Consecuentemente no se dispone aún este instrumento de planeación, por lo que el análisis que se describe a continuación se basa en los alcances del PROMARNAT 2020 – 2024, (D.O.F., 2020)[33]

Este programa se fundamenta en dos artículos de la CPEUM, el artículo 4º y el artículo 26, el primero de los cuales garantiza el derecho a un medio ambiente sano, mismo que debe garantizar el Estado y el segundo determina que corresponde al Estado la organización del Sistema Nacional de Planeación Democrática (SNPD) y que los planes sectoriales se vincularán al PND.

También se fundamenta en la Ley de Planeación, particularmente a los preceptos contenidos en los artículos 2º, 3º y 4º, 9º, 12º, 20, 21, 22, 26 28, 29, 32 y 33, en los cuales se establece la responsabilidad del Poder Ejecutivo Federal para conducir la planeación nacional del desarrollo a través del SNPD y del PND y, al aludir a la fracción III del artículo 16 de dicha Ley, destaca que corresponde a las dependencias de la Administración Pública Federal Elaborar los Programas Sectoriales.

En el mismo sentido, al fundamentar el PROMARNAT en el PND destaca que este instrumento enuncia los problemas nacionales y enumera las soluciones en una proyección sexenal.

Por último, el PROMARNAT relaciona 38 diversos Tratados, Acuerdos, Protocolos, Estrategias y Declaraciones internacionales, de los cuales nuestro país forma parte contratante y que como obligaciones equivalentes a las de una Ley Federal (Carvajal, M.G. y F. Flores-Gómez G., 1996, *op. Cit*) tienen, en la figura del Estado Mexicano el ente obligado a cumplir los acuerdos que deriven de ellas según lo dispone el artículo 133 de la CPEUM; en el PROMARNAT dichos instrumentos son asumidos como complemento a las diversas disposiciones jurídica que sustentan no solo su ejecución, sin la proyección de los objetivos prioritarios que atenderá el programa a través de las estrategias y de un conjunto de metas, todas las cuales son materia de las obligaciones

que se impone la propia dependencia (la SEMARNAT), como cabeza del Sector Medio Ambiente del Gobierno Federal.

El análisis de la lectura de los contenidos sustantivos del PROMARNAT pone en evidencia que se trata de un instrumento programático que se impone el Estado Mexicano en el lapso que ocupará la gestión administrativa que les compete, baste por ejemplo seleccionar el objetivo prioritario que pudiera tener coincidencia nominal con el objetivo del proyecto del cual se ocupa esta MIA-R, el objetivo prioritario 1, el cual establece:

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

Para el alcance de lo antes transcrito se definen cuatro estrategias prioritarias, de las cuales la correspondiente al número 2 define el siguiente contenido: *"Promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad, basado en la planeación participativa con respeto a la autonomía y libre determinación, con enfoque territorial, de cuencas y regiones bioculturales, impulsando el desarrollo regional y local",* misma que se desagrega en cinco acciones puntuales:

1.2.1.- Impulsar, con la participación de las comunidades, actividades productivas y reproductivas sustentables en áreas naturales protegidas y zonas de influencia, considerando el enfoque agroecológico y contribuyendo a generar redes locales de valor reduciendo las condiciones de marginación y las desigualdades de género.

1.2.2.- Orientar el manejo forestal sustentable, en particular el comunitario, y las actividades del sector forestal hacia regiones prioritarias, considerando su situación de vulnerabilidad y marginación social y con pertinencia biocultural.

1.2.3.- Diseñar y coordinar la implementación de instrumentos para apoyar y gestionar sistemas agroecológicos, agroforestales y agrosilvopastoriles promoviendo la participación efectiva de mujeres y jóvenes.

1.2.4.- Impulsar el desarrollo forestal sustentable y la competitividad del sector forestal a través de la efectiva aplicación del marco normativo y regulatorio y con técnicas apropiadas.

1.2.5.- Fortalecer esquemas de aprovechamiento sustentable extractivos y no extractivos de la biodiversidad, considerando prácticas tradicionales y promoviendo la participación en términos de género, curso de vida, comunidades y pueblos indígenas y afromexicanos.

El análisis de estas acciones (obligaciones) evidencia que se trata de compromisos de ejecución que competen exclusivamente a la autoridad sectorial del medio ambiente y no responsabilidades que puedan ser imputadas a las personas físicas o jurídicas, antes, por el contrario, los gobernados tienen la atribución de reclamar a las autoridades sectoriales su cumplimiento, toda vez que el incluirlas en el PROMARNAT y éste, formar parte del SNPD, la autoridad está obligada a cumplir en todo su alcance.

Se reitera, los programas sectoriales son instrumentos que comprometen la actuación de las estructuras administrativas del Estado e un conjunto de compromisos que ellas

mismas diseñaron y establecieron para dirigir su actuación a determinados objetivos que asumió la administración pública federal como metas del período de gobierno, lo cual es definido de tal forma por la Ley de Planeación; lo mismo puede colegirse del resto de los objetivos prioritarios del PROMARNAT y, por extensión se *Ipso jure* de todos los otros programas sectoriales.

En síntesis, los objetivos, estrategias y acciones de los programas sectoriales, del PND y, en general del SNPD, no conforman, bajo ninguna circunstancia, obligaciones vinculantes para las actuaciones, iniciativas o proyectos promovidos por las personas físicas o jurídicas y, por tal motivo el presente proyecto no puede vincular sus alcances a obligaciones que no le competen jurídicamente.

- Planes Estatales y Municipales de Desarrollo
- Política Energética Nacional y estatal

Conclusiones:

El análisis vinculatorio desarrollado en este capítulo, respecto a los diversos instrumentos jurídicos, reglamentarios, normativos y aquellos otros derivados de instrumentos de la política ambiental como el ordenamiento ecológico del territorio y las normas oficiales mexicanas, así como de los instrumentos de planeación jurídicamente aplicables, pone en evidencia que no se registran disposiciones, lineamientos criterios ecológicos o especificaciones que el diseño del proyecto y/o las características ambientales de su área de establecimiento no pueda ser cumplidas en su desarrollo.

El cumplimiento de tales obligaciones se sustenta en los alcances que se detallan en las medidas de prevención, mitigación y/o compensación del capítulo VI de esta MIA-R y en los programas que se relacionan en dicho apartado.

Literatura citada

1 SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.

2 DOF. 2023. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Ley expedida del 29 de diciembre de 1976. Reforma más reciente publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 2023.

3 RI SEMARNAT, 2022. Decreto por el que se expide el Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Diario Oficial de la Federación (DOF), 27 de julio de 2022.

4 Flores Gómez F. y G. Carbajal M. 1996. Nociones de Derecho Positivo Mexicano. Editorial Porrúa. México. 341 pp.

5 Carmona Lara, Ma. Del C., 2001. Derechos en relación con el Medio Ambiente. LVIII Legislatura, Cámara de Diputados. Instituto de Investigaciones Jurídicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

6 Avendaño López Raúl. 2008. Análisis y comentarios a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Editorial SISTA. México.

7 UNESCO. 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, (Convención Ramsar). Ramsar, Irán. 2 de febrero de 1971.

8 UICN. 1973. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Washington, EUA.

9 OIT. 1989. Convenio sobre Pueblos Indígenas y Tribales (Núm. 169) de la Organización Internacional del Trabajo. (Convenio 169 de la OIT).

10 D.O.F., 2021. DECRETO Promulgatorio del Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, hecho en Escazú, Costa Rica, el cuatro de marzo de dos mil dieciocho

11 Ezcurra, E. 2010. Humedales mexicanos de importancia internacional, En: Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (Coordinadores). 2010. Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

12 Travieso Bello, A.C., sf. La legislación aplicable a los sitios Ramsar en México. Universidad Veracruzana, México.

13 Mohr, A. C. T.2012. Interpretación y aplicación del Convenio 169 de la OIT en Chile, en especial sobre el Derecho de consulta. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Escuela de Derecho. Valdivia, Chile,

14 Mereminskaya, Elina. “El Convenio 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales: Derecho internacional y experiencias comparadas” en Centro de Estudios Públicos, Núm. 121. Chile. 2011. Documento en línea, disponible en <hhttp://www.cepchile.cl/Lang_1/doc_4768.html>

15 Barié, C.G., 2003. Pueblos Indígenas y Derechos Constitucionales en América Latina: un panorama. En: Courtis, Ch. 2009. Apuntes sobre la aplicación del Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas por los Tribunales de américa Latina. Sur. Revista Internacional de Direitos Humanos, Sao Paulo, Brasil.

16 D.O.F. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico del Territorio, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014.

17 Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. 2025. Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo. Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, Tomo CLIV. Alcance Cuatro. Nº 8. 25 de febrero de 2022.

18 D.O.F. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Última Reforma DOF 31-10-2014.

19 P.O. del Edo. De Hgo. 2007. Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo, Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Hidalgo, 17.Septiembre.2007, Última Reforma publicada en el P.O. del Edo. De Hgo. Del 17 septiembre del 2024.

[20] D.O.F. 2013. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Ultima reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de mayo de 2013.

21 Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

[22] 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.

[23] D.O.F. 2021. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2021.

[24] D.O.F., 2021. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 2021.

[25] DOF. 2014. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, Modificaciones al Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Diario Oficial de la Federación. 31 de octubre de 2014.

[26] D.O.F. 2022. Ley General de Cambio Climático. Última reforma publicada el 11 de mayo de 2022.

[27] D.O.F., 2014. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014.

[28] Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. México. 609 pp.

[29] D.O.F., 2025. Ley de Planeación y Transición Energética. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2055.

[30] Carmona Lara, María del Carmen. 2003. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, comentarios y concordancias. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. México.

[31] P.O., 20.08.2024. Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo. Ley publicada en el alcance al Periódico Oficial, el 24 de enero de 2011. Última reforma publicada en el alcance uno, del Periódico Oficial de fecha 20 de agosto de 2024.

[32] D.O.F., 1983. Ley de Planeación. Diario Oficial de la Federación, 5 de enero de 1983. Última reforma publicada D.O.F., 8 de mayo de 2023.

[33] D.O.F. 2020. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de julio de 2020.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:
KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:
OCOTE SOLAR

CAPÍTULO IV
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

JUNIO 2025

Página intencionalmente sin texto

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[1]

Página intencionalmente sin texto

TABLA DE CONTENIDO

IV. Descripción del sistema ambiental regional (SAR) y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región. 1
A. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto 3
B. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional 14
IV.1 Medio abiótico.....17
A. Clima.....18
B. Fenómenos meteorológicos 20
C. Geomorfología.....23
D. Suelo.....25
E. Hidrología.....27
IV.2 Medio biótico.....30
IV.2.1 Vegetación 32
IV.2.2 Fauna.....161
IV.2.2.1 Metodología para caracterización de la fauna. 165
IV.2.2.2 Análisis de la información de la prospección en campo. 183
IV.2.2.3 Eficiencia del muestreo.....186
IV.2.2.4 Niveles de significancia estadística.....188
IV.2.2.5 Resultados 193
IV.3 Medio socioeconómico 234
IV.4 Paisaje 239
IV.5 Diagnóstico ambiental 254
IV.5.1 Deterioro ambiental y capacidad de carga del ecosistema 256
IV.5.2 Integridad funcional del ecosistema.....257
IV.6 Árbol de factores ambientales 260
IV.7 Bibliografía: 262

Índice de Tablas

Tabla IV. 1 Proceso cartográfico para la superposición de cartas que sustenten la delimitación del SAR....5
Tabla IV. 2 Elementos de la cartografía utilizados para la delimitación del SAR....11
Tabla IV. 3 Tipo de climas en el Sistema Ambiental Regional....18
Tabla IV. 4 Normales climatológicas en un periodo de 1981 – 2010....19
Tabla IV. 5 Fenómenos meteorológicos en el SAR y en el AeP....21
Tabla IV. 6 Topoformas o unidades geomorfológicas en el SAR y en el AeP....24
Tabla IV. 7 Unidades litológicas en el sistema ambiental regional....24
Tabla IV. 8 Unidades edafológicas en el sistema ambiental regional....25
Tabla IV. 9 Resultados de la estimación de erosión....27
Tabla IV. 10 Cobertura forestal y no forestal en el estado de Hidalgo....34
Tabla IV. 11 Superficie por uso de suelo y vegetación del SAR (Serie VII; INEGI)....34
Tabla IV. 12 Características principales de los tipos de vegetación presentes en el SAR....34
Tabla IV. 13 Superficie por uso de suelo y vegetación del AiP (Serie VII; INEGI)....37
Tabla IV. 14 Especies potenciales en el SAR, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010....39
Tabla IV. 15 Distribución de las especies endémicas de México con potencial de presencia en el SAR....39
Tabla IV. 16 Superficie por uso de suelo en el AeP (INEGI serie VII-Determinación In Situ)....43
Tabla IV. 17 Diseño de muestreo en el AeP y el SAR....63
Tabla IV. 18 Coordenadas de los PM de vegetación en el AeP y el SAR....67
Tabla IV. 19 Comparativo de especies de flora en el AeP y en el SAR primer muestreo....69
Tabla IV. 20 Riqueza especifica de flora en el AeP por estrato y tipo de vegetación para el primer muestreo....71
Tabla IV. 21 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el AeP para el primer muestreo....72
Tabla IV. 22 Riqueza especifica de flora en el SAR por estrato y tipo de vegetación primer muestreo....73
Tabla IV. 23 Comparativo de especies de flora registradas en el AeP y en el SAR segundo muestreo....76
Tabla IV. 24 Riqueza especifica de flora en el AeP por estrato y tipo de vegetación para el segundo muestreo....78
Tabla IV. 25 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el AeP para el segundo muestreo....78
Tabla IV. 26 Riqueza especifica de flora en el SAR por estrato y tipo de vegetación segundo muestreo....81
Tabla IV. 27 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el SAR segundo muestreo....81
Tabla IV. 28 Comparativa riqueza especifica por especie entre primer y segundo muestreo....84
Tabla IV. 29 Comparativa presencia/ausencia de especies entre primer y segundo muestreo del AeP....86
Tabla IV. 30 Comparativa presencia/ausencia de especies entre primer y segundo muestreo del SAR....87
Tabla IV. 31 modelo matemático propuesto por Dauber y Carrera....91
Tabla IV. 32 número de puntos de muestreo trabajados en AeP y SAR....92
Tabla IV. 33: número de puntos de muestreo trabajados en AeP y SAR para condición forestal....93
Tabla IV. 34 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación general en el SAR y el AeP (enero 2024)....94
Tabla IV. 35 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación en el uso de suelo agrícola en el SAR y el AeP (enero 2024)....95
Tabla IV. 36 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación forestal en el SAR y el AeP (enero 2024)....96
Tabla IV. 37 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación general en el SAR y el AeP (octubre 2024)....97
Tabla IV. 38 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación en el uso de suelo agrícola en el SAR y el AeP (octubre 2024)....99
Tabla IV. 39 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación forestal en el SAR y el AeP (octubre 2024)....100
Tabla IV. 40 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en el primer muestreo....113
Tabla IV. 41 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en áreas agrícolas durante el primer muestreo....114

Tabla IV. 42 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal del primer muestreo 115
Tabla IV. 43 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en el primer muestreo 116
Tabla IV. 44 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola primer muestreo 117
Tabla IV. 45 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal primer muestreo 118
Tabla IV. 46 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en el segundo muestreo 119
Tabla IV. 47 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en áreas agrícolas durante el segundo muestreo 121
Tabla IV. 48 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal del segundo muestreo 123
Tabla IV. 49 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en el segundo muestreo 124
Tabla IV. 50 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola segundo muestreo 125
Tabla IV. 51 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal segundo muestreo 127
Tabla IV. 52 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP primer muestreo 130
Tabla IV. 53 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo agrícola primer muestreo 131
Tabla IV. 54 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal primer muestreo 133
Tabla IV. 55 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en primer muestreo 135
Tabla IV. 56 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola primer muestreo 136
Tabla IV. 57 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal primer muestreo 139
Tabla IV. 58 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP segundo muestreo 140
Tabla IV. 59 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo agrícola segundo muestreo 141
Tabla IV. 60 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal segundo muestreo 144
Tabla IV. 61 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en segundo muestreo 146
Tabla IV. 62 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola segundo muestreo 147
Tabla IV. 63 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal segundo muestreo 150
Tabla IV. 64 Comparación de índices de diversidad alfa (AeP y SAR) primer y segundo muestreo 152
Tabla IV. 65: Índice de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y SAR primer muestreo (diversidad beta) 154
Tabla IV. 66 Índice de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y SAR segundo muestreo (diversidad beta) 155
Tabla IV. 67 Hábitat de las especies registradas en el AeP durante los dos muestreos 157
Tabla IV. 68 Transectos y tipos de vegetación 169
Tabla IV. 69 Geo referenciación de los transectos de muestreo de fauna 170
Tabla IV. 70 Fuentes principales consultadas para la obtención del listado potencial 193
Tabla IV. 71 Listado de especies de anfibios de presencia potencial 195
Tabla IV. 72 Listado de especies de reptiles de presencia potencial 195
Tabla IV. 73 Listado de especies de aves de presencia potencial 195
Tabla IV. 74 Listado potencial de mamíferos terrestres 198
Tabla IV. 75 Listado de especies de mamíferos voladores de presencia potencial 199
Tabla IV. 76 Listado de especies de fauna registrada 201

Tabla IV. 77 Valores de eficiencia del muestreo para vertebrados 205
Tabla IV. 78 Valores de eficiencia del muestreo para herpetofauna 208
Tabla IV. 79 Valores de eficiencia del muestreo para la avifauna 212
Tabla IV. 80 Valores de eficiencia del muestreo para la mastofauna 215
Tabla IV. 81 Diversidad de cada uno de los componentes de Gamma 224
Tabla IV. 82Análisis de descomposición y valor de Gamma 225
Tabla IV. 83 Rutas migratorias. El color negro indica que si la especie de interés utiliza la ruta de noche y el amarillo de día 230
Tabla IV. 84 Información a nivel municipal 235
Tabla IV. 85 Contribución de las actividades económicas al PIB estatal 235
Tabla IV. 86 Factores utilizados para medir la fragilidad del paisaje 244
Tabla IV. 87 Modelo de calidad visual del paisaje (Solari & Cazorla, 2009) 246
Tabla IV. 88 Factores del paisaje determinantes de la CAV (Yeomans, 1986) 252
Tabla IV. 89 Factores del paisaje determinantes de la CAV del SAR y AeP 252
Tabla IV. 90 Cambios en la superficie de uso de suelo en el SAR, a través del tiempo 254
Tabla IV. 91 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR 256
Tabla IV. 92 Indicadores para la valoración de los SEc´s en el SAR 259
Tabla IV. 93 Valoración de la calidad de los SEc´s en el SAR 260
Tabla IV. 94 Árbol de factores ambientales 261

Índice de Figuras

Figura IV. 1 Proceso de delimitación por superposición cartográfica del SAR 9
Figura IV. 2 Trazado de algunos de los límites del SAR con base en la cartografía utilizada 10
Figura IV. 3 Imágenes comparativas de los terrenos en los cuales pretende establecerse el proyecto 16
Figura IV. 4 Climograma de la estación meteorológica 13022 20
Figura IV. 5 Mapa de usos de suelo y vegetación en el SAR 36
Figura IV. 6 Mapa de usos de suelo y vegetación en el AiP 37
Figura IV. 7 Metodología para la caracterización de la composición florística 38
Figura IV. 8 Diversidad potencial de flora en el SAR 39
Figura IV. 9 Mapa de uso de suelo y vegetación en el AeP (CUS, INEGI) 44
Figura IV. 10 Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Táscate (VSa/BJ) 44
Figura IV. 11 Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (VSa/MC) 45
Figura IV. 12 Uso de suelo Agrícola 45
Figura IV. 13 Uso de suelo asentamientos humanos 46
Figura IV. 14 DDV Carretera federal Pachuca-Tulancingo 46
Figura IV. 15 Uso de suelo plantación de agaves-opuntias 47
Figura IV. 16 DDV Gasoducto 47
Figura IV. 17 Cuerpos de agua 48
Figura IV. 18 Caminos existentes 48
Figura IV. 19 Banco de extracción de material 49
Figura IV. 20 Actividades dentro de los PM del primer muestreo (enero 2024) 57
Figura IV. 21 Actividades dentro de los PM del segundo muestreo (octubre 2024). 58
Figura IV. 22 Forma de los puntos de muestreo para la caracterización vegetal 60
Figura IV. 23 Trabajo de campo durante el primer muestreo de vegetación enero 2024 61
Figura IV. 24 Trabajo de campo durante el segundo muestreo de vegetación octubre 2024 62
Figura IV. 25 Mapa de uso de suelo y vegetación en el AeP determinación In Situ 65

Figura IV. 26 Ubicación de los PM de vegetación en el AeP ambos muestreos 68
Figura IV. 27 Ubicación de los PM de vegetación en el SAR ambos muestreos 68
Figura IV. 28 Riqueza especifica por estrato, comunidad y unidad de análisis (primer muestreo) 75
Figura IV. 29 Riqueza especifica por estrato, comunidad y unidad de análisis muestreada segundo muestreo 83
Figura IV. 30 Curva de acumulación de especies en el AeP primer muestreo 102
Figura IV. 31 Curva de acumulación de especies en el AeP uso de suelo agrícola primer muestreo 102
Figura IV. 32 Curva de acumulación de especies en el AeP suelo forestal primer muestreo 103
Figura IV. 33 Curva de acumulación de especies en el AeP segundo muestreo 104
Figura IV. 34 Curva de acumulación de especies en el AeP uso de suelo agrícola segundo muestreo 104
Figura IV. 35 Curva de acumulación de especies en el AeP suelo forestal segundo muestreo 105
Figura IV. 36 Curva de acumulación de especies en el SAR primer muestreo 106
Figura IV. 37 Curva de acumulación de especies en el SAR uso de suelo agrícola primer muestreo 106
Figura IV. 38 Curva de acumulación de especies en el SAR suelo forestal primer muestreo 107
Figura IV. 39 Curva de acumulación de especies en el SAR segundo muestreo 108
Figura IV. 40 Curva de acumulación de especies en el SAR uso de suelo agrícola segundo muestreo 108
Figura IV. 41 Curva de acumulación de especies en el SAR suelo forestal segundo muestreo 109
Figura IV. 42 Componentes del índice de valor de importancia 111
Figura IV. 43 Dendrograma de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y el SAR primer muestreo 154
Figura IV. 44 Dendrograma de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y el SAR segundo muestreo 156
Figura IV. 45 Condiciones y uso actual del AeP enero 2024 158
Figura IV. 46 Condiciones y uso actual del AeP octubre 2024 160
Figura IV. 47 Metodología para la caracterización de la fauna 167
Figura IV. 48 Modelo esquemático del proceso para la elaboración de un listado potencial 168
Figura IV. 49 Ubicación de transectos en el AeP y en el SAR 169
Figura IV. 50 Obtención de los datos meteorológicos en el AeP y SAR 172
Figura IV. 51 Dron utilizado en el proyecto 172
Figura IV. 52 Método línea transecta 173
Figura IV. 53 Metodología para la herpetofauna 175
Figura IV. 54 Registros de cantos y verificación de especies 176
Figura IV. 55 Redes de niebla y guía de campo 177
Figura IV. 56 Metodología para la mastofauna 180
Figura IV. 57 Registros con cámaras trampa 181
Figura IV. 58 Registros de llamados con equipo ultrasónico 182
Figura IV. 59 Uso de Cámara Termográfica 183
Figura IV. 60 Riqueza de especies observada y estimada 187
Figura IV. 61 Interpretación de los intervalos de confianza 188
Figura IV. 62 Ejemplo de la magnitud del cambio de la diversidad 189
Figura IV. 63: Metodología para elaboración del listado potencial 193
Figura IV. 64 Curvas de acumulación de especies. 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% 204
Figura IV. 65 Curvas de acumulación de especies. Estimadores con base en presencia - ausencia 206
Figura IV. 66 Curvas de acumulación de especies. 209
Figura IV. 67 Curvas de acumulación de especies. 213
Figura IV. 68 Determinación la cantidad de transectos requeridos para evitar el Error tipo II en las interpretaciones de diversidad alfa, beta y gamma en el presente estudio considerando un nivel de diferenciación entre las muestras de 0.4 216
Figura IV. 69 Número de individuos y especies registradas en los 60 transectos (30 en el AeP y 30 en el SAR) 217

Figura IV. 70 Análisis de diversidad de los 60 transectos (barra de color amarillo) y el SAR (barras de color gris). Los transectos 10 y 28 del AeP no se incluyen en la gráfica ya que no presentaron registros 218
Figura IV. 71 Dendrograma de Jaccard que muestra la diversidad Beta del proyecto Fv El Ocote 222
Figura IV. 72 Estructura del análisis Gamma 223
Figura IV. 73 Áreas de descanso de aves rapaces 227
Figura IV. 74 Áreas de descanso de aves no rapaces 228
Figura IV. 75 Ubicación del proyecto respecto a las rutas migratorias 229
Figura IV. 76 Especies de aves migratorias potencialmente presentes en el SAR y el tipo de ruta donde se concentra la mayor parte de la población en la época no reproductiva 230
Figura IV. 77 Población Económicamente Activa (PEA) y No Activa (PNEA) 236
Figura IV. 78 Flujo de migración en el Estado de Hidalgo 237
Figura IV. 79 Causas de migración 237
Figura IV. 80:Paisaje actual del AeP 241
Figura IV. 81 Elementos del paisaje (Burdel y Baudry, 2011) 242
Figura IV. 82 Mosaico paisajístico del SAR 243
Figura IV. 83 Vista panorámica del AeP 246
Figura IV. 84 Componentes del paisaje presente en el AeP 248
Figura IV. 85 Visibilidad en el área de establecimiento de proyecto 251
Figura IV. 86 Modificación en el uso de suelo y vegetación en la superficie del SAR a través del tiempo 257

Página intencionalmente sin texto

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

La estructura del apartado se fundamenta en la necesidad de presentar a la autoridad un análisis detallado de las características del sistema ambiental regional (SAR), en el cual se pretende desarrollar el proyecto "**Ocote Solar**". El principal objetivo que se abordara en este capítulo es el realizar una correcta delimitación del SAR y del área de influencia del proyecto (AiP) y sintetizar las condiciones ambientales del SAR), y con esto poder realizar un análisis y diagnóstico del entorno para definir su línea base o situación ambiental en el T_0, describiendo paralelamente las principales tendencias de desarrollo y deterioro de la región que pudieran asociarse al mismo.

El concepto de sistema ambiental regional es asumido como una unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en la evaluación del impacto ambiental que conlleve a identificar y caracterizar un espacio geográfico en el cual se pretende establecer un proyecto determinado. La singularidad de este proceso hace que el binomio ambiente-proyecto, alcance su concreción objetiva en términos de valoración de sus efectos en el ecosistema, lo cual solo puede ser posible si previamente existe una valoración de las características del espacio geográfico y de su delimitación, utilitaria, pero precisa.

Es necesario mencionar que ni la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), (D.O.F., 2021)[2], ni su reglamento en materia de impacto ambiental (RLGEEPAMEIA) (D.O.F., 2014)[3] ofrece una definición de lo que puede entender como sistema ambiental regional; sin embargo, en la guía para elaborar la MIA-regional (SEMARNAT, 2012, *op. Cit.*), se plantean lineamientos para definir el espacio geográfico del SAR, con base en la congruencia y detalles con las que se identifiquen y caracterizan cada uno de los ecosistemas que influyen en el área de estudio, con un soporte científico, que permita el análisis para la integración ambiental de cada uno de sus factores (abióticos y bióticos).

Derivado de lo anterior, el área se circunscribe como una unidad geográfica, inventariable y cartografiable de un ecosistema, así como un espacio finito, definiéndolo como base en las interacciones entre lo biótico, abiótico y socioeconómico del espacio geográfico en donde se pretende desarrollar el proyecto, habitualmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se empleará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales de aprovechamiento.

La división del territorio en proporciones de menor extensión, subordinadas entre sí, constituye uno de los pasos importantes en el desarrollo de una línea base para alcanzar el diagnostico que describa sus atributos, sus propiedades y los procesos que se presentan. En este sentido, desde el objetivo y alcances de esta MIA-R, los diversos espacios geográficos considerados durante su desarrollo son:

- **Región ecológica**: la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes; definida en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, POEGT, (SEMARNAT, 2012)[4].

- **Sistema Ambiental Regional (SAR)**: es el espacio geográfico, dentro del cual pretende insertarse el proyecto, cuyos elementos constitutivos son ambientalmente representativo de la región ecológica correspondiente y cuya delimitación deriva de la extensión que alcanza la uniformidad y continuidad de los factores ambientales regionales más carismáticos, la cual pude ser cartografiable e inventariable.
- **Área de influencia del proyecto (AiP)**: el concepto de este espacio geográfico se asume en este documento como lo indica la guía para elaborar la MIA-R, que lo define como: "el espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que altera algunos elementos naturales.
- **Área de establecimiento del proyecto (AeP)**: es el espacio físico que se ocupa para desarrollar el proyecto. Sus límites corresponden a las demarcaciones físicas del mismo.

Se reconoce la existencia de designaciones en las que se establecen la presencia de ecosistema que carecen de límites definidos y, por lo tanto, que conforman sistemas continuos sin fronteras, en donde los ecosistemas no tienen escala ni soporte espacial definido, así como tampoco disponen de una especificidad en y con el tiempo, al referirse a la escala de actividades y transformaciones humanas del medio natural. Para el caso de la evaluación de impacto ambiental es necesario contar con un sistema de referencia, el cual permite un análisis de la estructura y funcionamiento del ecosistema al contar, precisamente, con límites territoriales.

Lo anterior involucra el uso de un enfoque sistémico, geográfico y administrativo orientado a la necesidad de concretar la delimitación del sistema ambiental regional, que se puede alcanzar con la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales de homogeneidad relativa, como herramienta inicial para lograr un diagnóstico ambiental de una porción del territorio, con la validez del proyecto, para evaluar el impacto ambiental de un espacio del territorio. Por lo tanto, mediante esta noción des sistema ambiental regional es factible identificar y evaluar las interrelaciones e interdependencias que caracteriza la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, así como efectuar previsiones respecto a los efectos de las interrelaciones entre el ambiente y el proyecto.

La conceptualización del SAR se asume en esta MIA-R para disponer de una herramienta operativa, debido a la imposibilidad de establecer límites artificiales en los procesos ecológicos que definen un ecosistema. Po ello, se busca alcanzar una expresión territorial objetiva, inventariable y cartografiable, la cual pueda ajustarse al concepto de sistema ambiental regional donde se desarrollará el proyecto, incorporando los atributos (sinergia, biostasias[i] y resiliencia[ii]) que le caracterizan desde la óptica ecológica.

Para justificar la aplicación del concepto de sistema ambiental regional como se señala en párrafos anteriores, se hace referencia a los elementos por los cuales se puedan delimitar, describir y comprender la estructura y funcionalidad del SAR, para esto se asume el modelo de caracterización regional de las zonas hidrológicas prioritarias y del POEGT (SEMARNAT, 2012, *op. Cit.*) que presentan una regionalización con sustento

[i] Biostasia: es una situación de equilibrio entre el suelo, el clima, y la vegetación, que dificulta los procesos de transporte de material edafológicos. Asociación Francesa para Estudios del Sol (AFES).

[ii] Resiliencia: es la capacidad de resistencia o elasticidad del ecosistema ante influencia externa.

jurídico en la fracción I, del artículo 20 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (D.O.F. 2021)[5].

La definición y descripción de las características del subsistema biótico del espacio geográfico en el cual se ubica el SAR ponen en evidencia que amplias áreas del mismo están perturbadas y han sido sustituidas por una cubierta vegetal agrícola de maíz, cebada y trigo (de temporal) anual y permanente, así como, en menor media potreros y asentamientos humanos. Al interior del SAR, esta situación de perturbación que, además caracteriza a la unidad ambiental biofísica que describe el POEGT (SEMARNAT, 2012. *Op. Cit*), la vegetación natural queda representada por algunas especies que pertenecen a ecosistemas de vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate y vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule.

A. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto

El principal objetivo que se abordara en este capítulo es el realizar una correcta delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del área de influencia del proyecto (AiP) y sintetizar las condiciones actuales de nuestra unidad de análisis (SAR), y con esto poder realizar un diagnóstico ambiental y una síntesis del entorno donde se pretende desarrollar el proyecto, describiendo las principales tendencias de desarrollo y deterioro de la región que pudieran asociarse al mismo.

El concepto de sistema ambiental regional, es asumido como una unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en la evaluación del impacto ambiental que conlleve a identificar y caracterizar un espacio geográfico en el cual se pretende establecer un proyecto determinado. La singularidad de este proceso hace que el binomio ambiente-proyecto, alcance su concreción objetiva en términos de valoración de sus efectos en el ecosistema, lo cual solo puede ser posible si previamente existe una valoración de las características del espacio geográfico y de su delimitación, utilitaria, pero precisa.

La importancia de representar el sistema ambiental regional, para efectos del estudio de impacto ambiental, reside en el reconocimiento del estado cero o sin proyecto del espacio geográfico en donde se pretende establecer el proyecto, para después valorar cuáles serán los impactos adversos, así como los beneficios que resulten de su ejecución, cuyas alternativas, diseño y medidas de mitigación que se propongan serán de acuerdo a los resultados de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

La división secuencial de la observación del territorio en proporciones de menor extensión, pero con un análisis más detallado y subordinadas entre sí, constituye uno de los pasos importantes en el desarrollo de una línea base para alcanzar el diagnostico que describa sus atributos, sus propiedades y los procesos que se presentan. En este sentido, desde el objetivo y alcances de esta MIA-R, esa porción, relativamente pequeña del territorio conforma lo que el marco jurídico denomina “sistema ambiental regional” y los diversos espacios considerados durante su desarrollo son:

- **Región ecológica**: la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.
- **Sistema Ambiental Regional (SAR)**: es el espacio geográfico, dentro del cual pretende insertarse el proyecto, cuyos elementos constitutivos son ambientalmente representativo de la región ecológica correspondiente y cuya delimitación deriva de la

extensión que alcanza la uniformidad y continuidad de los factores ambientales regionales más carismáticos, la cual pude ser cartografiable e inventariable.

- **Área de influencia del proyecto (AiP)**: el concepto de este espacio geográfico se asume en este documento como lo indica la guía para elaborar la MIA-R, que lo define como: “el espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que altera algunos elementos naturales.
- **Área de establecimiento del proyecto (AeP)**: es el espacio físico que se ocupa para desarrollar el proyecto. Sus límites corresponden a las demarcaciones físicas del mismo.

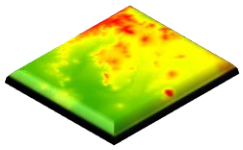
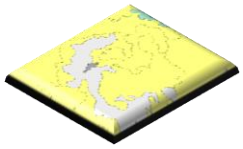
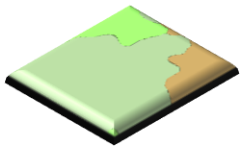
La propuesta de sistema ambiental regional para este proyecto está definida bajo un enfoque ecosistémico, debido a que su área de establecimiento se localiza en un espacio perturbado, con remanentes de vegetación secundaria, en el que se debe considerarla interacción entre los distintos factores bióticos (flora y fauna), abióticos y socioeconómicos del área geográfica estudiada, por ello, el concepto que se asume en esta MIA-R se ajusta a la definición de “sistema”: conjunto de elementos que interactúan de manera dinámica hacía un objetivo único.

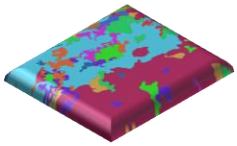
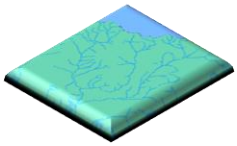
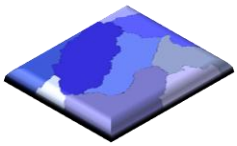
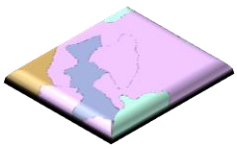
El proceso de la delimitación del SAR, se desarrolló en dos fases: la primera de análisis y la segunda de síntesis. En la primera, se recopiló la información cartográfica del espacio geográfico donde se pretende ubicar el proyecto (información vectorial y ráster), de los factores bióticos y abióticos más relevantes para el estudio ambiental, definiendo las unidades ambientales que delimitaban particularmente a aquellos factores como la vegetación, la topografía, los usos de suelo, etc., para obtener la zonificación de cada una de ellas denominadas en este proceso como unidades naturales significativas lo cual permitió englobar las características bióticas y abióticas más singulares del espacio geográfico, y delimitar un espacio en el cual unidades naturales interactúen uniforme y continuamente

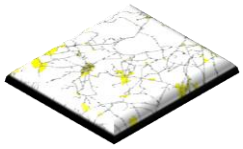
Las principales fuentes de información fueron: SEMARNAT, CONABIO, CONAGUA e INEGI y el programa temático de Google Earth, además de datos recabados en los trabajos realizados en el área geográfica del proyecto; lo anterior permitió identificar y seleccionar los principales factores ambientales de utilidad para determinar el espacio del sistema ambiental regional.

Para realizar la delimitación de las unidades de análisis se consultaron las capas cartográficas disponibles del POEGT, de los factores topografía, edafología, topoformas, uso de suelo, microcuencas, degradación de suelos y características sociales (tabla IV.1); se intentó hacer lo propio con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo (POETEH), lo cual no fue posible ya que aún la autoridad responsable de su administración no publica su enlace cartográfico por UGA.

Tabla IV. 1 Proceso cartográfico para la superposición de cartas que sustenten la delimitación del SAR

Capa cartográfica	Representación	Características	Fuente
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.		El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Se uso el conjunto de datos vectoriales de la unidad ambiental biofísica UAB 57 "Depresión Oriental Tlaxcala-Puebla escala 1:1,000,000.). Esta UAB tiene una superficie de 12,108.51 km^2)	Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Relieve (Topografía)		Los datos del Relieve Continental e Insular permiten representar de manera simplificada las formas que adquiere o tiene la corteza terrestre en su parte superficial como son las montañas, mesetas, valles, planicies, depresiones, terrazas, mesetas, entre las principales, con el fin de modelar los espacios geográficos para conocer aspectos tales como alturas, pendientes, secciones, desniveles, áreas sujetas a inundación, delimitación de cuencas, entre otros. Modelo Digital de Elevación tipo terreno con 12.5 m de resolución derivado de datos de sensores remotos satelitales y aerotransportados.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
Edafología		Información geoespacial que muestra la distribución de los principales tipos de suelo en el territorio nacional, así como los atributos físicos, químicos y limitantes físicas y químicas presentes, de acuerdo con la base referencial mundial del recurso suelo de la FAO (WRB por sus siglas en inglés). Se uso el conjunto de datos vectoriales edafológico. Escala 1:250,000 Serie II	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
Topoformas		Visión general de las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, para formar unidades relativamente homogéneas. Se uso el conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo nacional serie I sistema de topoformas, escala 1:250,000.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Capa cartográfica	Representación	Características	Fuente
Usos de suelo y vegetación.		Información geoespacial de Interés Nacional que muestra la distribución del uso del suelo agrícola, de la vegetación natural e inducida del país, además indica el uso pecuario y forestal y otros usos que se presentan en el territorio relacionados con la cubierta vegetal. Se uso el conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelos y vegetación Serie VII del INEGI escala 1:250,000	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
Hidrología		Es información estructurada como un sistema lineal que modela el drenaje a través de arroyos y ríos en cada cuenca hidrográfica. Útil para el análisis de caudales y de cuencas. Sus componentes son Líneas de Flujo de Agua (red hidrográfica), Puntos de Drenaje o salida de cuencas, Divisorias de Subcuenca (Polígonos), Cuenca y Región Hidrológica e información complementaria como cuerpos de agua y toponimia. Se uso el conjunto de la red hidrográfica edición 2.0 región H. Pánuco.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
Microcuencas		Se uso la capa de microcuencas desarrolladas por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) fundamentalmente para la identificación y unidades territoriales definidas para el desarrollo integral de proyectos específicos para el beneficio social y desarrollo integral y conservación de los recursos naturales.	Comisión Nacional del Agua
Degradación de suelos		La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la actualización de la evaluación de la degradación del suelo, causada por el hombre a nivel nacional. Dentro de los principales resultados muestran un 45 % del territorio en proceso de degradación (89 millones de hectáreas), entre los que se muestran los procesos de degradación química en 18% (36 millones de hectáreas), erosión hídrica en 12% (24 millones de hectáreas), la erosión eólica en 9% (18	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Capa cartográfica	Representación	Características	Fuente
		millones de hectáreas) y la degradación física en 6% (12 millones de hectáreas). Se uso el conjunto de datos vectoriales del mapa de "Degradación del suelo causada por el hombre, escala 1:250000"	
Características sociales		La información es sobre el desarrollo social que se tiene en el espacio geográfico, que son las actividades antrópicas desarrolladas por el hombre. Se uso el marco geoestadístico 2024, y la red nacional de caminos RNC de caminos.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El análisis de la superposición geográfica de las cartas antes referidas se desarrolló con apoyo del software GIS ArcGIS, estas capas fueron cruzadas espacialmente para delimitar un área común a través de lo cual se fueron definiendo los límites del SAR (figura IV.1). La justificación para usar **ArcGIS** en un sistema de información geográfica (GIS) para delimitar el área que reúna características específicas a partir de la superposición de múltiples factores ambientales y un programa de ordenamiento ecológico tiene múltiples ventajas clave, especialmente en contextos de perturbación por cambio de uso de suelo, como es el que domina el espacio geográfico de la región ecológica; las más relevantes son:

1. **Integración de múltiples capas temáticas**:
   ArcGIS permite superponer capas de información espacial (vegetación, edafología, topografía, uso de suelo, etc.) para identificar áreas que cumplan con criterios específicos de forma simultánea. Esto es esencial para análisis de sitios óptimos o de compatibilidad ecológica.
2. **Análisis espacial avanzado:** ArcGIS cuenta con herramientas robustas para realizar:

- Análisis multicriterio (MCE)
- Modelado de adecuación (*Suitability Modeling*)
- Análisis de proximidad y conectividad ecológica
- Evaluación de impactos acumulativos en áreas perturbadas

Estas capacidades son fundamentales cuando hay múltiples variables ambientales y sociales en juego.

3. **Visualización clara y detallada:** Permite representar gráficamente los resultados, facilitando la interpretación de:

- Zonas aptas para conservación o restauración
- Áreas vulnerables por presión antrópica
- Compatibilidad de uso del suelo con el ordenamiento ecológico

Esto favorece la toma de decisiones basada en evidencia geoespacial.

4. **Apoyo a la planeación ecológica territorial:** ArcGIS puede incorporar y cruzar los lineamientos de un **Programa de Ordenamiento Ecológico como el POEGT**, facilitando:

- La zonificación ecológica.
- La identificación de usos del suelo compatibles.
- El seguimiento del cumplimiento normativo y la evaluación de escenarios de uso futuro.

5. **Manejo de datos heterogéneos:** ArcGIS permite trabajar con diferentes formatos de datos (raster, vectorial, tablas, imágenes satelitales), lo que facilita la integración de información de distintas fuentes, incluyendo:

- Fotografías aéreas
- Modelos de elevación digital
- Censos y datos socioeconómico.

6. **Automatización y repetibilidad:** Mediante herramientas como ***ModelBuilde*r** o *scripts* en ***Python*** **(ArcPy)**, es posible:

- Automatizar procesos complejos
- Repetir análisis con nuevos datos o escenarios
- Documentar los pasos para trazabilidad y validación técnica

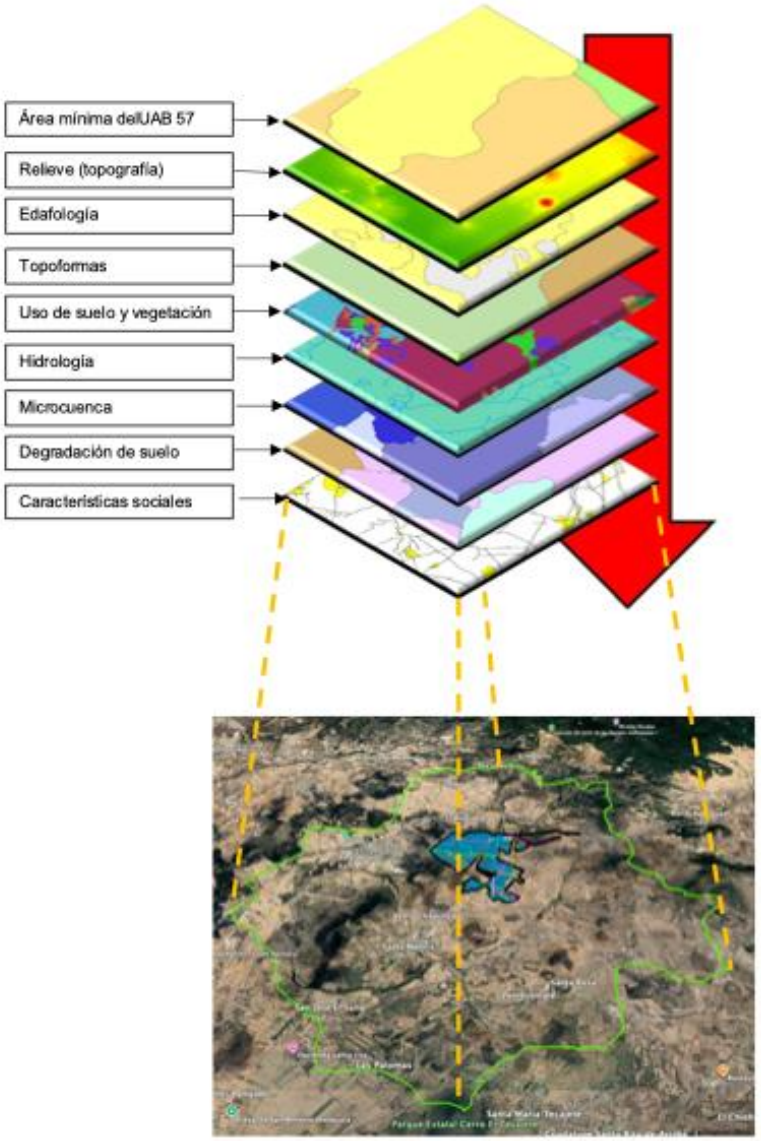
7. **Adaptabilidad en entornos perturbados:** ArcGIS permite identificar:

- Grados de perturbación en el paisaje
- Pérdida de conectividad ecológica
- Sitios prioritarios para restauración o conservación

Esto es muy útil en áreas transformadas por agricultura, infraestructura o asentamientos humanos.

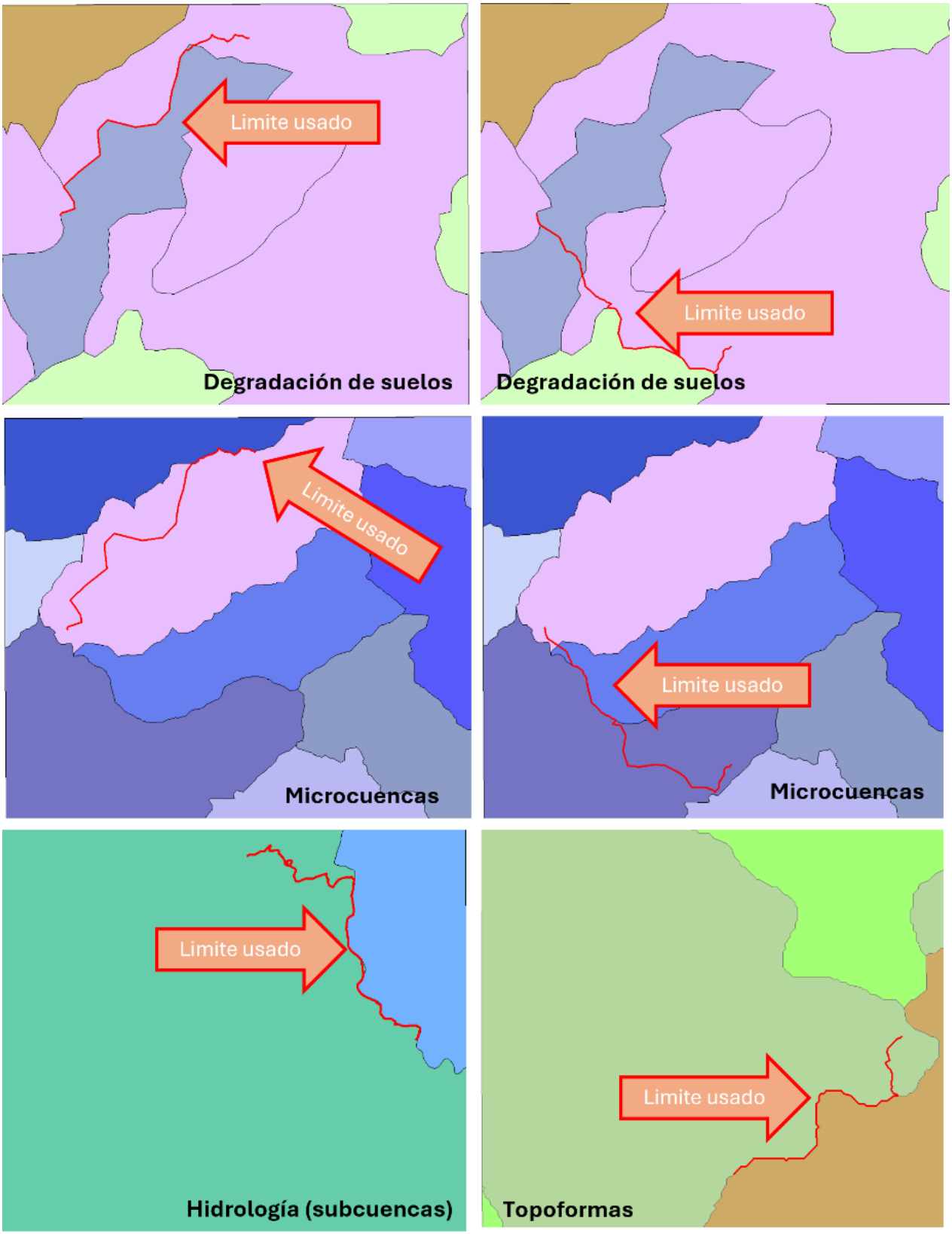
Así, al estar trabajando en una región con alta transformación del paisaje, el uso de **ArcGIS como plataforma de análisis geoespacial** no solo es conveniente, sino casi indispensable para asegurar decisiones informadas, replicables y alineadas con criterios técnicos y normativos.

Figura IV. 1 Proceso de delimitación por superposición cartográfica del SAR



El polígono del SAR que se representa en esta figura, es el resultado final de todo el proceso de superposición, al cual se llegó tomando como base el polígono resultante en el SIG de la superposición cartográfica se trabajó el detalle para definir los límites del SAR asumiendo la referencia de los límites de cada una de estas capas (cartas) (Figura IV.2)

Figura IV. 2 Trazado de algunos de los límites del SAR con base en la cartografía utilizada



Estos cruces espaciales fueron dando como resultado el trazado de los límites del sistema ambiental regional (tabla IV.2), a título de ejemplo se definen los límites del área geográfica noreste, norponiente, sur poniente y sureste.

Tabla IV. 2 Elementos de la cartografía utilizados para la delimitación del SAR

FRACCIÓN	CRITERIOS TOMADOS PARA LA DELIMITACIÓN
Noreste	Los limites usados fueron: 1. Límites de las subcuencas hidrológicas 2. Límites de las microcuencas 3. Límites de los usos de suelo
Norponiente	Los limites usados fueron: 1. Límites de las microcuencas 2. Límites de la degradación de suelos 3. Límites de los usos de suelo 4. Límites de los limites urbanos
Surponiente	Los limites usados fueron: 1. Límites de las topoformas 2. Límites de la degradación de suelos 3. Límites del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (entre la UAB 52 y 121) 4. Límites de los limites urbanos
Sureste	Los limites usados fueron: 1. Límites de las topoformas 2. Límites de microcuencas

Debido a las peculiaridades del espacio geográfico en donde se pretende establecer el proyecto, la delimitación del SAR se confirmó al concluir la etapa de la identificación del impacto ambiental (capítulo V de esta MIA-R) y, proyectar el alcance de los distintos impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, lo que resultó en la confirmación final de ese espacio geográfico.

Un criterio sustantivo para definir la delimitación del SAR fue el que el espacio resultante coincidiera en cuanto a la proyección del el estado actual del medio ambiente (2008) que define el POEGT para la UAB en la cual se encuentra el área del sistema ambiental y que el POEGT la describe en los siguientes términos: "*inestable; conflicto sectorial bajo. No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los suelos, muy alta degradación de la vegetación; sin degradación por desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Porcentaje de zona urbanas: media; Longitud de carreteras: muy alta; densidad de población (hab/km^2): alta; con disponibilidad de agua subterránea; proporción relativa de zona funcional: alta: 66.6; Alta marginación social. Bajo índice de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda; Medio indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Media importancia de actividad minera; Alta importancia de la actividad ganadera"* (POEGT 2012, *op. Cit.*).

Esto criterios fueron considerados para asegurar que, al delimitar el espacio geográfico del SAR, a su interior estuvieran representadas las características de la UAB, de la

topografía, de la edafología, de las topoformas del uso de suelo y vegetación, de la hidrología, de la microcuenca, de la degradación de los suelos y de las características sociales de la comunidades establecidas en ese espacio.

La Justificación del uso de factores ambientales y sociales para la delimitación de unidades ambientales, se sustenta en el hecho de que la delimitación de unidades ambientales como lo es conceptualmente el SAR, requiere un enfoque integrador que considere la complejidad y multidimensionalidad del territorio. Para ello, se emplean diversos factores físicos, bióticos y sociales que, en conjunto, permiten identificar zonas con características internas relativamente homogéneas en cuanto a su estructura, funcionalidad y dinámica ambiental. A continuación, se justifica la inclusión de los factores considerados:

Relieve (topografía): El relieve condiciona la distribución de los flujos hídricos, los procesos erosivos, la formación de suelos y la distribución de la vegetación. Asimismo, influye en el tipo de actividades humanas posibles en un territorio. La pendiente y la altitud son determinantes en la definición de zonas ecológicas y productivas diferenciadas.

Edafología: Las características físicas y químicas del suelo, tales como su textura, profundidad, capacidad de retención de agua y fertilidad, definen en gran medida la capacidad de uso del territorio, así como el tipo de vegetación natural o inducida que puede sostener. Además, los suelos reflejan procesos geomorfológicos y climáticos pasados, lo cual les confiere un valor diagnóstico para la clasificación ambiental.

Topoformas: Las formas del terreno, o topoformas, representan unidades morfodinámicas que reflejan procesos geológicos y geomorfológicos activos o heredados. Su análisis permite identificar áreas con comportamientos ambientales semejantes, especialmente en lo que respecta a la circulación del agua, la estabilidad del terreno y la acumulación de materiales.

Uso del suelo y vegetación: La cobertura vegetal y el uso actual del suelo son expresiones de la interacción entre factores biofísicos y actividades humanas. Su análisis permite distinguir entre áreas conservadas, transformadas o en proceso de recuperación, y constituye una base para establecer estrategias de manejo diferenciado.

Hidrología y microcuenca: El agua es un elemento estructurador del paisaje. La delimitación por microcuencas hidrológicas permite entender la dinámica del escurrimiento superficial, la infiltración, la erosión hídrica y la disponibilidad de recursos hídricos. Esta unidad funcional es particularmente útil para la planificación del manejo integral del territorio.

Degradación del suelo: El estado de conservación o degradación del suelo incide directamente en la capacidad productiva y ecológica del territorio. Procesos como la erosión, salinización, compactación o pérdida de materia orgánica afectan la sostenibilidad de los usos del suelo y son indicativos clave del nivel de presión ambiental.

Características sociales: Las variables sociales —como el tipo de asentamientos humanos, las prácticas productivas, los sistemas de tenencia de la tierra y las dinámicas socioculturales— determinan, en gran medida, el uso y transformación del espacio. La incorporación de estas variables permite una delimitación más realista y operativa de las unidades ambientales, con base en su viabilidad de gestión y gobernanza.

La integración de estos factores en la delimitación de unidades ambientales responde a la necesidad de comprender el territorio como un sistema complejo, donde los elementos físicos, biológicos y sociales interactúan y se co-determinan. Este enfoque posibilita una planificación territorial más precisa, orientada a la conservación, restauración y uso sostenible de los recursos naturales, así como a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones locales.

Posteriormente, se profundizo en el análisis de la estructura y funcionalidad del entorno del espacio en donde se pretende desarrollar el proyecto, por medio del análisis a los parámetros físicos como lo son: el clima, la topografía, geología, edafología e hidrología, así como la composición abiótica del espacio geográfico, como lo es el tipo de vegetación y la fauna asociada a la misma (Gómez Orea, 2013)[6].

Estos fueron los principales criterios que se emplearon para definir los límites del sistema ambiental regional, con estos elementos se logró determinar las interrelaciones de dichos factores de manera horizontal y vertical, y con ello delimitar un espacio geográfico que englobara todas estas características sustantivas de todas las capas, para definir y establecer los elementos naturales en el área de nuestra unidad de análisis SAR.

El resultado del análisis y síntesis se concretó en un la delimitación de un espacio geográfico que conforma el SAR con una superficie de 11.980.27 ha, que se caracteriza por tener uniformidad y continuidad en los componentes bióticos y abióticos más destacables de la región, esto de acuerdo a las características del proyecto y a las cualidades del territorio. La extensión del SAR se ubica en los municipios de Epazoyucan y Singuilucan, Estado de Hidalgo.

El **área de influencia del proyecto (AiP)** corresponde al espacio geográfico determinado por los límites que pudieran alcanzar los impactos potenciales del proyecto y los impactos acumulativos identificados en el SAR. Este espacio se determina, inicialmente con la delimitación preliminar del alcance de los impactos ambientales que directamente pudiera ocasionar el proyecto y cuyo alcance rebase el área de establecimiento del proyecto para que, una vez identificados y valorados los impactos acumulativos que pudieran registrarse en el SAR, ampliar la estimación del área de afectación para de esta forma, disponer de una poligonal envolvente del territorio que, potencialmente podrá recibir los efectos del proyecto y, de manera asociada, los efectos acumulativos de otros proyectos que previamente se hubieran establecido en ese espacio o de aquellos que estén por establecerse.

Así, el AiP no solo es la parte del ambiente en que tendrán lugar los efectos producidos por las acciones del proyecto, lo que conforma el área de establecimiento del proyecto (AeP), sino algo más amplio, o sea la parte del medio que interacciona con el proyecto, y con otros proyectos ahí establecidos o por establecerse, produciendo influencias mutuas (Conesa, 2010)[7].

Por lo expuesto, la ubicación y la delimitación de este espacio geográfico está acotada por el alcance de los efectos del proyecto, incrementados por los efectos correspondientes a otros proyectos establecidos dentro del SAR y que conforman los impactos de acumulación y/o de residualidad que influyen en la trayectoria de la calidad ambiental del SAR.

Convencionalmente las técnicas recomendadas para la delimitación del AiP (IFC, 2012)[8] recomiendan incluir como elementos determinantes del AiP los siguientes:

- Proximidad del proyecto a áreas de valor ambiental conocida.
- Áreas que prestan servicios ecosistémicos importantes.
- Potencial del proyecto a favorecer nuevos accesos (por parte de terceros) a áreas remotas.
- Distribución de especies que puedan recibir los impactos acumulativos.
- La conectividad de los procesos ecológicos.

De estos elementos, solo es viable tener en cuenta los dos últimos en la delimitación del AiP, ya que los tres primeros no pueden concretarse en el espacio geográfico que la conformará, dada la perturbación antrópica que caracteriza el ambiente de la UAB (POEGT).

Al igual que en la delimitación del SAR, la incertidumbre del proceso de identificación (pronóstico) de los impactos ambientales acumulativos y/o residuales en esta zona derivada además de la escasez de datos característica de todo proceso de interpretación de la disponibilidad, cuantificación y calificación de los recursos naturales, en un escenario de prevención, obliga a concebir el área de la AiP con una escala de mayor magnitud.

Considerando los rubros antes reseñados, el AiP fue delimitado utilizando los siguientes criterios:

- Alcance estimado de los impactos acumulativos (IAAC).
- Alcance estimado de los impactos residuales (IAR).
- Ubicación de los factores ambientales potencialmente receptores de los IAAC y IAR.
- Distribución de especies que puedan verse afectadas por los IAAC.

Con base en lo antes expuesto, se delimitó el AiP (Anexo.VIII.IV.2) la cual alcanzó una cobertura de 3,629.35 ha.

B. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

La caracterización del espacio geográfico del sistema ambiental regional, nos 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 donde se establecerá y tendrá influencia el proyecto.

El espacio geográfico donde se pretende ubicar el proyecto se localiza en el estado de Hidalgo, en el municipio del mismo Epazoyucan. El área geográfica se caracteriza por su climas templado sub – húmedo, lo que los tipos de vegetación que se encuentran establecidos en esa región del Estado nos permite prescribir que la vegetación potencial en este espacio geográfico es, además de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate y vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule considerar que se ubica en la Región Hidrológica 26 “Pánuco” la cubre prácticamente todo el Estado de Hidalgo.

Para efectos de la EIA y conceptualmente, se entiende que el ambiente es la parte del entorno que interactúan con el proyecto al ser fuente de recursos (naturales, energéticos y de mano de obra) de tal manera 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 un subsistema como lo son:

I. **Medio físico o subsistema físico**: constituido por las transformaciones del ambiente natural, tal y como se encuentran en la actualidad (se refiere al "tiempo cero" T_0 o línea base).

II. **Factores bióticos y abióticos**: la funcionalidad de los ecosistemas derivados de la interacción de la topografía, climas, geología, suelos, hidrología, vegetación y fauna relacionado con la estructura del ambiente.

III. **Paisaje**: las interacciones que se producen con el resto de los factores ambientales.

De acuerdo a las dos campañas de muestreo en campo realizadas en el SAR y en el AeP[iii], el 79.99% de la cobertura del SAR se usa para la actividad agrícola de temporal, el 6.08 % está cubierto por vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate, el 1.44 % tiene una cobertura de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y el 1.95 % corresponde a matorral crasicaule; estos registros son ligeramente diferentes a los que reporta el INEGI en su serie VII (INEGI, 2024)[9], lo cual pudiera derivar de la escala a la que se formulan las cartas del INEGI y del año de publicación de dicha cartografía, por lo que ese reporte cartográfico pudiera corresponder a una cobertura que actualmente (2024) ya ha sido más perturbada.

Como resultado de este procedimiento cartográfico, se concluyó que el área del sistema ambiental regional se encuentra alterado, como consecuencia del desarrollo de la actividad agrícola.

Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

Considerando un estudio realizado por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2015)[10], que consiste en el monitoreo de los cambios de cobertura del suelo en América del Norte de un periodo del 2010 al 2024, se corrobora que el área del SAR tiene una tendencia a la degradación que data de hace más de 15 años (figura IV.3).

Para dimensionar la degradación del SAR, se elaboró una imagen comparativa entre dos imágenes satelitales de distintos años, una del 2015 y otra 2024 (Google E., 2024)[11] con la intención de caracterizar y ejemplificar de qué manera el área del sistema ambiental regional ha ido evolucionando durante casi 14 años; como resultado se destaca que durante este periodo se mantiene la condición dentro del sistema ambiental regional, que es el de los procesos degradativos derivado de los factores antes ya citados, lo que pone en evidencia la descripción que hace el POEGT para la UAB respectiva, el cual es caracterizado con una alta degradación de los suelos y alta degradación en la vegetación.

Derivado del análisis de las fuentes cartográficas (vectores y raster) y fuentes bibliográficas, se concluye que la calidad del espacio geográfico del SAR se ha comprometido como resultado de la evolución económica y demográfica que se ha desarrollado en la región, lo que se ve reflejado en el incremento en la extensión de las áreas para uso de la actividad agrícola, en el impulso de las vías de comunicación y crecimiento de las áreas urbanas; así como el desarrollo de infraestructura para el transporte eléctrico (líneas de transmisión).

[iii] Primera campaña desarrollada en la estación de invierno (8 al 12 de enero de 2024); segunda campaña realizada al inicio del otoño (14 al 18 de octubre de 2024).

Figura IV. 3 Imágenes comparativas de los terrenos en los cuales pretende establecerse el proyecto (2010 – 2024)

Imagen de 2010	Imagen de 2024
	

Fuente: *Google Earth*, Noviembre 22 de 2024.

IV.1 Medio abiótico

Estudiar el medio abiótico (clima, geología, edafología, hidrología, relieve, etc.) a partir de registros sistemáticos directos de años previos derivados de la recopilación de registros y descripciones publicadas en revistas científicas y reportes técnicos tiene una trascendencia clave en la integración de la MIA.

Proporciona una línea base sólida y contextualizada: La información publicada permite establecer el **estado original** o de referencia del medio abiótico antes del desarrollo del proyecto. Esta línea base es fundamental para:

- Comparar condiciones previas y posteriores al proyecto.
- Detectar alteraciones ambientales.
- Evaluar la magnitud de los impactos esperados.

Aporta datos validados y de alta calidad: Los estudios científicos y técnicos revisados por pares o por instituciones oficiales aportan:

- Datos confiables y verificables
- Metodologías robustas y replicables
- Criterios comparables entre regiones o ecosistemas similares

Esto incrementa la credibilidad técnica y legal del EIA.

Optimiza tiempo y recursos: En áreas ya estudiadas, recurrir a fuentes secundarias permite:

- Ahorrar costos en trabajo de campo innecesario
- Complementar la información cuando hay restricciones logísticas o de acceso
- Enfocar los esfuerzos en vacíos de información específicos.

Ayuda a identificar riesgos naturales y limitaciones del sitio: Estudios previos permiten detectar:

- Zonas con susceptibilidad a inundaciones, deslizamientos, sismos o erosión
- Presencia de suelos frágiles o contaminados
- Fragilidad ecológica por condiciones climáticas extremas

Esto es esencial para una **evaluación de riesgos** realista y preventiva.

Informa la predicción y modelado de impactos: La calidad del análisis predictivo en un EIA depende del conocimiento detallado del entorno físico. Con datos previos se pueden construir o alimentar modelos para:

- Ciclos hidrológicos
- Dispersión de contaminantes
- Cambios en microclima o balance hídrico

Facilita la toma de decisiones sustentadas: Tanto la autoridad ambiental como los desarrolladores y comunidades interesadas requieren argumentos técnicos claros. La incorporación de bibliografía científica y técnica permite:

- Justificar medidas de mitigación o compensación.
- Comparar alternativas de ubicación o diseño del proyecto.
- Sustentar la viabilidad ambiental del proyecto con base objetiva.

Contribuye a un enfoque ecosistémico

Al integrar información abiótica de distintas fuentes y escalas, se puede:

- Comprender mejor la interacción entre componentes del ecosistema
- Evaluar sinergias o acumulación de impactos
- Considerar la conectividad ecológica y funcional del paisaje

Estudiar el medio abiótico con fuentes secundarias confiables **no sustituye al trabajo de campo**, pero sí lo **fortalece, enriquece y justifica** dentro de un EIA bien estructurado. Es una práctica indispensable para generar evaluaciones ambientalmente responsables, técnica y legalmente defendibles.

El trabajo de campo en el cual se verifican algunos de los registros que se exponen a continuación se desarrolló en dos temporadas de trabajo que se reseñan más adelante.

A. Clima

Derivado del 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 modificado por Enriqueta García (1981)[12], en el sistema ambiental regional, se caracteriza un tipo de clima (Tabla IV.3).

Tabla IV. 3 Tipo de climas en el Sistema Ambiental Regional

Tipo de clima	Clave	Descripción	Precipitación
CÁLIDO	**Awo**	Clima cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Para recopilar registros meteorológicos necesarios y con ello evidenciar los criterios climatológicos que se caracterizan en el espacio geográfico del SAR y AeP, se consultaron las normales climatológicos de la red de estaciones climatológicas, del servicio meteorológico nacional (SMN), la estación más próxima es la 13022 Pachuca, que tiene un periodo de registros 1981 al 2010. A partir del análisis de los datos, es posible inferir que la temperatura media anual es de 26.0°C, por lo que se trata de una zona cálida.

La temporada de calor se presenta en los meses de abril a septiembre, siendo el mes de mayo con la mayor sensación térmica 37.7°C y de octubre a marzo, se representan las temperaturas más frías, siendo el mes de enero con la sensación térmica mínima durante el año 13.7°C. En cuanto a la precipitación media anual en el espacio geográfico de acuerdo a los datos de esta estación meteorológica es de 1,159.1 mm, el periodo de las lluvias es en verano de junio a septiembre, siendo este último mes en el que más llueve (Tabla IV. 4).

Tabla IV. 4 Normales climatológicas en un periodo de 1981 – 2010

Clave de la estación meteorológica: 13022
Estación meteorológica: Pachuca
Altitud: 2’425 msnm
Periodo: 1981-2010

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T. Máxima normal (ºC)	18.7	20.2	22.1	23.6	23.4	21.5	20.2	20.3	19.5	19.2	19.1	19.1	**20.6**
T. Media normal (º)	12.5	13.7	15.4	17.0	17.2	16.5	15.6	15.7	15.3	14.3	13.4	10.0	**15.0**
T. Mínima mensual (ºC)	6.3	7.2	8.6	10.4	11.1	11.5	11.1	11.1	11.0	19.4	7.8	6.8	**9.4**
Precipitación (mm)	44.9	158.3	17.2	64.3	79.5	67.8	255.2	159.0	109.6	104.4	17.4	6.0	**1083.6**

Fuente: Normales climatológicas por Estado, Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2025)[13]. de la estación meteorológica 4023

Considerando la información de las normales climatológicas que caracterizan el espacio geográfico del SAR, AiP y AeP, el clima, se caracteriza por ser templado y semiseco, con variaciones marcadas entre estaciones debido a su altitud de aproximadamente 2,400 metros sobre el nivel del mar.

La Temperatura **promedio anual** es de alrededor de 15 °C; el **mes más cálido es** mayo, con temperaturas promedio de 17.2 °C, en tanto que el mes más frío es .diciembre, con temperaturas promedio de 10.0 °C**.**

La precipitación **anual promedio** (período de 29 años) es de 1083.6 mm. La **temporada de lluvias** cubre de mayo a octubre, siendo septiembre el mes más lluvioso, el estiaje se registra de noviembre a abril.

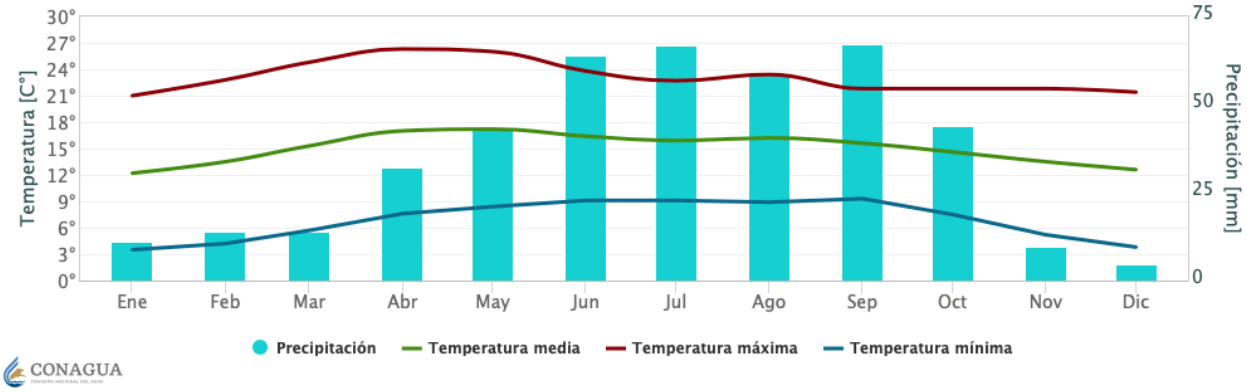
Las lluvias suelen estar acompañadas de tormentas eléctricas y, ocasionalmente, granizo.

Heladas y nevadas: las heladas son comunes en los meses de diciembre y enero, con una frecuencia de 40 a 70 días al año. Las nevadas son raras; la última registrada en la zona fue el 24 de enero de 1906.

Insolación y humedad: la **humedad relativa media anual es de** alrededor del 62% y la **insolación** es de aproximadamente el 70% del tiempo, lo que indica una buena cantidad de días soleados.

En resumen, el Sar y, consecuentemente el AeP registran un clima templado con estaciones bien definidas, ideal para quienes disfrutan de temperaturas moderadas y una combinación de días soleados y lluviosos.

Figura IV. 4 Climograma de la estación meteorológica 13022 (1981 – 2010)



B. Fenómenos meteorológicos

Los **fenómenos meteorológicos** son eventos naturales que ocurren en la atmósfera y determinan las condiciones del tiempo, como la lluvia, el viento, la temperatura, las tormentas, entre otros. Estos fenómenos, que antes seguían patrones relativamente predecibles, se están viendo alterados por el **cambio climático**.

El cambio climático, causado principalmente por las actividades humanas que emiten gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono), está modificando la frecuencia, intensidad y duración de muchos fenómenos meteorológicos. Por ejemplo, ahora son más comunes las olas de calor más intensas, lluvias más fuertes en menos tiempo, sequías prolongadas, huracanes más potentes o tormentas fuera de temporada.

Esto significa que el cambio climático alcanza ya una importancia a nivel mundial y que no solo afecta el clima a largo plazo, sino que también está transformando los eventos meteorológicos que experimentamos día a día, con consecuencias importantes para los ecosistemas, la agricultura, la salud humana y la seguridad.

En general, el hombre no puede anular o incidir revirtiendo completa y, directa o indirectamente mente los fenómenos meteorológicos, ya que son procesos naturales a gran escala, derivados principalmente de la dinámica de la atmósfera, los océanos y la energía del sol. Sin embargo, sí puede influir de manera negativa en su intensidad y frecuencia, especialmente de forma indirecta, a través de actividades que afectan el clima.

Por ejemplo, en las megalópolis, al emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero como consecuencia del uso masivo de vehículos con motores de combustión interna que utilizan hidrocarburos como combustible, el ser humano ha intensificado ciertos fenómenos meteorológicos, como las olas de calor, las lluvias extremas o los huracanes más poderosos. Esto no significa que el ser humano "cree" estos fenómenos, pero sí está alterando las condiciones que los hacen más severos o frecuentes.

Por otro lado, existen tecnologías para modificar localmente algunos aspectos del clima, como la siembra de nubes para inducir lluvia, pero su efectividad es limitada, no puede aplicarse a gran escala y no evita eventos extremos.

La escala de un proyecto, como el parque fotovoltaico que se somete a evaluación con esta MIA no incrementa los efectos negativos de los fenómenos meteorológicos, y de hecho, ayuda a reducir las causas del cambio climático que intensifican esos fenómenos dado que no emite gases contaminantes ni de efecto invernadero, por lo tanto no contribuye al calentamiento global**;** disminuye la dependencia de combustibles fósiles**,** que son los principales responsables del cambio climático y, puede integrarse de forma sostenible al entorno.

Por lo expuesto y dada la importancia que actualmente alcanza la problemática planetaria del cambio climático la Comisión Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) publica un documento base para dar a conocer el grado de peligro que tienen los principales fenómenos hidrometeorológicos y geológicos en cada municipio del territorio nacional y por ese conducto da a conocer la frecuencia de declaratorias de emergencia y de desastres y, consecuentemente se proyecta el nivel de vulnerabilidad que enfrenta el municipio ante el cambio climático con una escala de tres categorías (sin datos, alto y bajo); para el caso de los municipio de Epazoyucan y Singuilucan, los diversos indicadores utilizados los ubican como un espacio con indicadores de baja vulnerabilidad.

Tomando como referencia los registros que ofrece el Atlas Nacional de Riesgos para los Municipios de Epazoyucan y Singuilucan, se resumen los siguientes indicadores (CENAPRED, 2024)[14], (Tabla IV. 5).

Tabla IV. 5 Fenómenos meteorológicos en el SAR y en el AeP

Fenómeno meteorológico	Descripción	Riesgo en el SAR y AeP		
		Grado de peligro	Declaratoria de desastre	Declaratoria de emergencia
Onda de calor	La onda u ola de calor es un período de temperatura excesiva, casi siempre combinada con humedad, que se mantiene durante varios días consecutivos.	Bajo	Ninguna	Ninguna
Bajas temperaturas	Efecto que se presenta de noviembre a enero, como consecuencia de ello se presentan enfermedades respiratorias y aumentan las probabilidades de intoxicación por monóxido de carbono.	Medio	Ninguna	Ninguna
Tormentas eléctricas	Descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan en un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). La tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación	Alto	Ninguna	Ninguna

<table>
<tr><th rowspan="2">Fenómeno meteorológico</th><th rowspan="2">Descripción</th><th colspan="3">Riesgo en el SAR y AeP</th></tr>
<tr><th>Grado de peligro</th><th>Declaratoria de desastre</th><th>Declaratoria de emergencia</th></tr>
<tr><td></td><td>en forma de chubascos o, en ocasiones, por nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Ciclones tropicales</td><td>Son sistemas atmosféricos cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj (en el hemisferio norte)y en el sentido de las manecillas del reloj (en el hemisferio sur). En latitudes templadas, como lo es al área del SAR del proyecto, los ciclones solo son referidos como depresiones o ciclones extra tropicales.
Con base en la información histórica sobre estos fenómenos climatológicos en el estado de Hidalgo, en el periodo de 1970-2021 el estado en lo general y el municipio de Epazoyucan en particular, han sido afectados por remanentes de 35 ciclones tropicales que se desarrollaron en el Océano Atlántico, de los cuales, solo tres de ellos han tocado tierra directamente en esta entidad Federativa.
En el área que ocupa el SAR, únicamente nueve fenómenos han alcanzado este espacio geográfico, los cuales se indican a continuación:
<table>
<tr><th>Evento</th><th>Nombre</th><th>Año</th><th>Fecha</th></tr>
<tr><td>Tormenta tropical</td><td>Cristóbal</td><td>2020</td><td>Jun 01 a jun 12</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Karl</td><td>2010</td><td>Sep. 13 a sep. 18</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Dolly</td><td>1996</td><td>Ago. 19 a ago. 28</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Roxanne</td><td>1995</td><td>Oct 07 a oct 21</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Carmen</td><td>1974</td><td>Ago. 29 a sep. 10</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Edith</td><td>1971</td><td>Sep. 05 a sep. 18</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Sin nombre</td><td>1942</td><td>Nov 05 a nov 11</td></tr>
<tr><td>Huracán</td><td>Sin nombre</td><td>1933</td><td>Sep. 10 a sep. 16</td></tr>
<tr><td>Tormenta tropical</td><td>Sin nombre</td><td>1922</td><td>Jun 12 a jun 16</td></tr>
</table></td><td>Muy bajo</td><td>Ninguno</td><td>Ninguno</td></tr>
<tr><td>Nevada</td><td>Una nevada es una tormenta de nieve, cuya precipitación es sólida en forma de copos; los fenómenos meteorológicos que provocan nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno cuando el área es invadida por masas de aire polar y concurren de manera simultánea frentes fríos que llegan a interactuar con corrientes de chorro, líneas de vaguada o la entrada de humedad de los océanos.</td><td>Muy bajo</td><td>Ninguna</td><td>Ninguna</td></tr>
<tr><td>Granizada</td><td>El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo. Éstas se forman dentro de una nube cumulonimbos, en alturas superiores al nivel de congelación, y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo contra gotas de agua sobre enfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación y que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja.</td><td>Bajo</td><td>Ninguna</td><td>Ninguna</td></tr>
<tr><td>Tornado</td><td>Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, aparece en la base de una nube tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de este.</td><td>Nulo</td><td>Ninguna</td><td>Ninguna</td></tr>
<tr><td>Sequias</td><td>Esta anomalía climatológica puede tener una duración de 2 a 3 días dentro del sistema ambiental regional, que debido a su ubicación geográfica la vulnerabilidad a estos fenómenos es muy alta. Por medio de los registros en nuestra unidad de análisis se tiene un registro debido a estas anomalías que es en el año de 1960 a 1964.</td><td>Severo</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Inundaciones</td><td>Presencia de agua en zonas donde normalmente no se encuentra que, de manera general, provoca afectaciones a la población. Este fenómeno es generado por el desbordamiento de un cauce, desfogue de presas o falla de infraestructura hidráulica (fluviales), acumulación de agua en las zonas urbanas por incapacidad de drenaje (pluviales) o el incremento de ésta en</td><td>Bajo</td><td>Una (en el período de 2000 a 2019).</td><td></td></tr>
</table>

Fenómeno meteorológico	Descripción	Riesgo en el SAR y AeP		
		Grado de peligro	Declaratoria de desastre	Declaratoria de emergencia
	cuerpos de agua de origen lacustre y costero debido a la presencia de ciclones tropicales o tsunamis.			
Inestabilidad de laderas	El término se refiere a los movimientos, pendiente abajo, de masas de suelo, rocas y vegetación que constituyen la superficie inclinada de una ladera o talud, bajo la influencia de la gravedad.	En el 73% de la superficie del municipio, susceptibilidad baja a media.	Sin información	Sin información
Sismos	El área del SAR y, lógicamente el AeP se localizan en el espacio que la regionalización sísmica de México cataloga como “Sismicidad baja”, la cual se caracteriza por ser una región en la cual no se registran sismos con frecuencia y porque las amplificaciones del suelo no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.			
Riesgos volcánicos	Los efectos del vulcanismo (erupciones, efecto de gases volcánicos, caída de cenizas, caída de material rocoso, lava, etc.), son propios de áreas cercanas a volcanes activos y, se destaca que el territorio del municipio de Epazoyucan se ubica a poco más de 100 km de un volcán activo (Popocatépetl) y que, en un radico de 20 km alrededor de su territorio no se ubica la presencia de ningún volcán.			
Vulnerabilidad estructural	La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado de funcionalidad equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada	El 95.95% de las viviendas establecidas en el municipio reportan riesgo de vulnerabilidad baja a muy baja.		
Incendios forestales.	Un incendio forestal es un fuego que se extiende de manera descontrolada y afecta a los bosques, las selvas o la vegetación de zonas áridas o semiáridas.	Medio	Ninguna	Ninguna

Fuente: Sistema Nacional de Información sobre Riesgo (CENAPRED, 2024, *op. Cit*.)

C. Geomorfología

Los municipios de **Epazoyucan** y **Singuilucan**, ubicados en el estado de Hidalgo, presentan características geomorfológicas distintivas que reflejan su compleja historia geológica y su ubicación dentro del Eje Neovolcánico. Las principales características de cada municipio:

Geomorfología de Epazoyucan: este municipio se localiza en la subprovincia "Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo" del Eje Neovolcánico, caracterizada por un relieve de mesetas elevadas y disectadas, así como sierras volcánicas. Presenta una variedad de formaciones volcánicas, incluyendo domos, conos monogenéticos, cuellos volcánicos, derrames de lava y flujos piroclásticos. Su relieve es variado integrado por lomeríos (50%), llanuras (31%) y sierras (19%), con altitudes que varían entre 2,400 y 3,100 metros sobre el nivel del mar. Los suelos dominantes en

Epazoyucan son leptosoles, luvisoles, phaezomes y regosoles, que reflejan la influencia de la actividad volcánica en la región.

Geomorfología de Singuilucan: Singuilucan se encuentra en dos subprovincias del Eje Neovolcánico: "Lagos y Volcanes de Anáhuac" (81%) y "Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo" (19%). El municipio presenta un relieve variado compuesto por lomeríos (50%), llanuras (31%) y sierras (19%). La geología corresponde principalmente al periodo Neógeno (86%) y Cuaternario (13.47%), con presencia de rocas ígneas extrusivas como basaltos (57%), tobas ácidas (19%), andesitas (7%) y brechas volcánicas básicas (4%). Los suelos predominantes son phaeozem (55.47%), umbrisol (24%), luvisol (8%), regosol (5%), vertisol (4%) y leptosol (3%).

Ambos municipios forman parte del **Geoparque Comarca Minera**, reconocido por la UNESCO, que destaca por su riqueza geológica y geomorfológica, incluyendo una variedad de geo sitios que evidencian la historia volcánica y minera de la región.

Tabla IV. 6 Topoformas o unidades geomorfológicas en el SAR y en el AeP

Unidad geomorfológica	Descripción	Pendiente
Llanuras	En el sistema ambiental regional se caracteriza esta unidad geomorfológica, en una planicie con ligeras ondulaciones, con elevaciones de los 2,160 a los 2,278 msnm. Se puede identificar un suelo rocoso, debido a la acumulación de depósitos aluviales, lacustres y rocas extrusivas	Suaves

Geología

Las peculiaridades geomorfológicas del sistema ambiental regional, tienen cierta influencia en el origen y características geológicas que hay en el espacio geográfico de la unidad de análisis y el área donde se pretende ejecutar el proyecto.

De acuerdo a la información cartográfica del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2024)[15] en el sistema ambiental regional se caracteriza por rocas calizas de la edad del Eoceno y Paleoceno; así como 2 unidades litológicas (Tabla IV. 7)).

Tabla IV. 7 Unidades litológicas en el sistema ambiental regional

Unidad litológica	Tipo de roca	Descripción
Caliza-Marga	Sedimentaria	
Aluvial	Sedimentaria	

Las peculiaridades del proyecto tendrán un mínimo impacto a estas características físicas ya que no se realizarán cortes a las laderas y con ello afectar la estratigrafía de las unidades litológicas, solo se ejecutarán perforaciones para la instalación de los paneles solares.

Fallas y Fracturas

Debido a las peculiaridades antes descritas de la formación geomorfológica y la estructura estratigráfica que se caracteriza en el sistema ambiental regional, no se

registraron fallas o fracturas. Esta información se pudo corroborar de acuerdo a la carta de fallas y fracturas del INEGI.

Sismos

Debido a las peculiaridades en donde se ubica el territorio nacional, se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, y se debe a dos tipos de movimiento entre las placas de subducción y desplazamiento natural en donde se encuentra el país. Debido a lo anterior la Comisión Federal de Electricidad (CFE), realizo una regionalización de acuerdo con el número de eventos presentados y a la aceleración o magnitud con que se presente en el espacio geográfico mexicano.

El sistema ambiental regional se encuentra en la región A, esta área no tiene registro histórico de sismos y la aceleración del terreno es menor al 10%, lo que la hace una zona de menor riesgo en estos fenómenos.

D. Suelo

Este apartado fue elaborado a partir de la carta de unidades edafológica serie II del INEGI, que de acuerdo a esta carta en el espacio geográfico del sistema ambiental regional se caracterizan 3 unidades edafológicas.

Tabla IV. 8 Unidades edafológicas en el sistema ambiental regional

Unidad edafológica	Clave	Textura	Descripción
Leptosol	LP	Fina y Media	Estos suelos se caracterizan en la zona con mayor altitud, son suelos con menos de 20 a 25 cm de espesor, o más del 60% su volumen es ocupado por gravas. Estos suelos son susceptibles a la erosión, y en gran parte de su extensión se pueden encontrar afloramientos de caliza.
Vertisol	VR	Fina	Son suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. Suelos con considerable potencial agrícola.
Nitisol	NT	Fina	Son suelos rojos tropicales profundos, bien drenados, con límites difusos entre horizontes y un horizonte subsuperficial con por lo menos 30% de arcilla y estructura en bloques angulares moderada a fuerte con elementos que fácilmente se deshacen en los característicos elementos brillantes, de bordes planos o nuciformes.

Debido a las peculiaridades antes descritas el impacto que tendrá este componente del ambiente es mínimo, ya que la remoción de suelo será mínima; sin embargo, y de acuerdo a las actividades a realizar durante las obras podría tener un impacto mayor, sin embargo, se mitigaran con actividades que evitaran el mayor impacto en el desarrollo de la erosión en el espacio geográfico de interés.

- **Degradación de los suelos (Erosión).**

La degradación de los recursos naturales, especialmente el suelo en México es un problema que exige una atención prioritaria. Los procesos más importantes de degradación del suelo son (1) química (principalmente por la pérdida de fertilidad), (2) erosión hídrica y (3) erosión eólica. Estos tres procesos son responsables del 87% de los suelos degradados en el país. Entre las principales causas de degradación causada por el hombre, SEMARNAT (2013)[16] reporta que el 44.9% del territorio nacional presentaba evidencias de degradación en 2002, mientras que en el 55.1% restante no mostraba indicios de degradación aparente. Con respecto a la superficie afectada por los diferentes procesos de degradación, la degradación química ocupaba el primer lugar (34.04 millones de hectáreas, 17.8% del país), seguida por la erosión hídrica (22.72 millones, 11.9%), eólica (18.12 millones, 9.5%) y la degradación física (10.84 millones, 5.7%).

Derivado de las actividades que se caracterizan en el espacio geográfico en donde se ubica el SAR, y también a sus peculiaridades orográficas, en las llanuras es en donde los procesos erosivos, debido a la perdida de suelos superficial por la red de drenaje que se desarrolla en esta área del sistema ambiental y una parte del área de establecimiento del proyecto.

De acuerdo a la carta de erosión del INEGI, serie I, en el SAR, el proceso erosivo se debe a la acción pluvial, de grado leve a moderado, en forma laminar. Estos elementos son más evidentes durante la temporada de lluvias y debido a que los suelos están desnudos, derivado de la modificación del uso de suelo ha disminuido su espesor, así como sus propiedades orgánicas.

De otra parte, en la carta de degradación de la SEMARNAT, en el SAR se desarrolla un proceso erosivo: degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, de grado ligero por actividades agrícolas, siendo estas el origen de la perturbación del área donde se pretende desarrollar el proyecto.

Para estimar los índices de erosión en el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) se desarrolló un estudio cuyos detalles se presentan en el Anexo ANX VIII.IV.1.

De acuerdo con la información expuesta en dicho anexo , una vez desarrollada la metodología y sustituidos los valores en las ecuaciones para el cálculo de erosión hídrica actual (T_0) y erosión eólica actual (T_0), y considerando que el valor depende de las variables indicadas previamente, considerando que en el AeP se identificó un tipo de suelo, un uso de suelo (agrícola) y dos ecosistemas (vegetación primaria y secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate), la tasa de erosión para el AeP en las condiciones actuales es de **1,161.23.17 ton/ha/año**; una vez iniciados los trabajos de preparación del sitio, principalmente después de las actividades de desmonte y despalme, se podrá alcanzar una erosión de **1,677.91 ton/ha/año**.

Ahora bien, al finalizar la construcción del proyecto, los valores de erosión no serán los mismos que fueron estimados una vez que se realice el desmonte y despalme, toda vez que, los suelos no quedaran desnudos en todo momento. En el caso del

área donde serán colocados los paneles (308.6519 ha), al iniciar la etapa operativa se favorecerá la revegetación de herbáceas; los caminos internos y el camino de acceso no serán sellados con material impermeable (concreto o asfalto), sino solamente con materiales que impidan la pérdida de suelo y, únicamente, se prevé que las áreas donde se encontrarán las subestaciones, serán selladas con materiales impermeables.

En este sentido, una vez aplicadas las medidas propuestas, se tendrían tres usos de suelo en el AeP: de pastizal (cubierta herbácea) para el área de paneles y las áreas donde fueron instaladas las obras temporales; sin vegetación aparente en el DDV de la línea de transmisión y de zona urbana para los caminos internos, el camino de acceso y las subestaciones. Así, la erosión que se prevé es de **68.80 ton/ha/año**, valor que se ve disminuido con respecto al T_0 considerando que las áreas agrícolas dejaran de tener esa vocación y se prevé una sucesión a vegetación natural.

Al realizar la comparativa de los valores obtenidos en los tres escenarios se puede observar un incremento en los valores potenciales de erosión estimados entre las condiciones actuales y la remoción de vegetación (etapa de construcción) y, posteriormente, con la aplicación de las medidas propuestas, el valor disminuye nuevamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla IV. 9 Resultados de la estimación de erosión

	Tasa de erosión		
	Hídrica	**Eólica**	**Total**
Escenario	**Ton/ha/año**		
Línea base	1,157.39	3.84	1,161.23
Remoción vegetación	1,670.59	7.32	1,677.91
Incremento	513.20	3.48	516.68
Con la aplicación de medidas	67.71	1.10	68.80

E. Hidrología.

La **hidrología** estudia la distribución, movimiento y propiedades del agua en la Tierra, abarcando tanto su presencia en el subsuelo como en la superficie. Se divide principalmente en dos ramas: la hidrogeología **o** hidrología subterránea, que se enfoca en el estudio de los mantos freáticos o acuíferos, es decir, el agua almacenada bajo la superficie terrestre en el subsuelo, en capas permeables de roca o sedimento y la hidrología superficial, que analiza cuerpos de agua como ríos, lagos, arroyos y escurrimientos pluviales. Ambas dimensiones son fundamentales para comprender el ciclo hidrológico y gestionar adecuadamente los recursos hídricos.

Hidrología subterránea: los municipios de **Epazoyucan** y **Singuilucan**, en el estado de Hidalgo, están ubicados sobre distintos acuíferos que abastecen de agua subterránea a la región.

Acuíferos en el municipio de Epazoyucan: el territorio de este municipio se ubica sobre los **Acuíferos Cuautitlán-Pachuca (Clave 1508) y Huasca-Zoquital (1315).**

El Acuífero 1508, se extiende desde el Norte de la Ciudad de México y hasta el límite sureste del Estado de Hidalgo; cubre una superficie de 2,850 km^2 (285,000 ha) incluyendo áreas de Epazoyucan. Es uno de los acuíferos más importantes de la región, pero enfrenta problemas de sobreexplotación debido a la alta demanda de agua para uso urbano, industrial y agrícola. Se caracteriza por la sobreexplotación ha llevado a una disminución en los niveles freáticos, lo que puede afectar la disponibilidad futura del recurso (CONAGUA, 2024a)[17].

El Acuífero Huasca-Zoquital (Clave 1315)**:** Este acuífero abarca parte de los municipios de Atotonilco El Grande, Huasca de Ocampo, Omitlán de Juárez, Santiago y una pequeña área de Tulantepec Epazoyucan; está formado principalmente por rocas volcánicas, este acuífero descansa sobre lutitas y calizas del Cretácico. Aunque no se encuentra en sobreexplotación, CONAGUA dispone que es esencial monitorear su uso para garantizar su sostenibilidad (CONAGUA, 2024b)[18].

Acuíferos en el municipio de Singuilucan: el territorio del Municipio de Singuilucan se ubica sobre parte de los **acuíferos Valle de Tulancingo (Clave 1317) y Acuífero de Tecocomulco (Clave 1319).**

El Acuífero 1317 El acuífero Valle de Tulancingo, definido con la clave 1317 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción suroriental del Estado de Hidalgo, en el límite con el Estado de Puebla, entre los paralelos 19° 55´ y 20° 19' de latitud norte y entre los meridianos 98°10’ y 98° 33’ de longitud oeste, cubriendo una superficie de 1,054 km^2. Limita al norte con el acuífero Metztitlán, del Estado de Hidalgo; al noreste con el acuífero Álamo- Tuxpan, del Estado de Veracruz; al este con Acaxochitlán; al oeste con Huasca-Zoquital; al sur con el acuífero Tecocomulco, pertenecientes al Estado de Hidalgo; al suroeste con el acuífero Cuautitlán-Pachuca del Estado de México, y al sureste con el acuífero Tecolutla, perteneciente al Estado de Veracruz. Geopolíticamente el acuífero comprende la totalidad del municipio Santiago Tulantepec de Lugo; casi la totalidad de los municipios Acatlán, Cuautepec de Hinojosa, Metepec, Tulancingo de Bravo; parcialmente los municipios Huasca de Ocampo y Singuilucan; así como pequeñas porciones de los Municipios Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide y Tenango de Doria; todos ellos del Estado de Hidalgo (CONAGUA, 2024c)[19].

Por su parte, el Acuífero Tecocomulco (Clave 1319), El acuífero Tecocomulco, definido con la clave 1319 por la Comisión Nacional del Agua, cubre 476 km2 aproximadamente pertenece a la Cuenca del Valle de México la que a su vez corresponde a la Región Hidrológica XIII y que constituye la Cuenca Alta del Río Panuco, dicha región está conformada a la vez por dos subcuencas, la del Valle de México y la del Río Tula atendiendo el parteaguas de estas cuencas; la superficie física de la Región XIII es de aproximadamente 16,150 km2 sin embargo

administrativamente cubre esta región 17,126 km2 ajustándose a la conveniencia de conservar la unidad municipal evitándose en lo posible los problemas político-administrativos.

La autoridad administradora del Agua (CONAGUA) dispone implementar medidas de gestión sostenible en estos acuíferos para asegurar la disponibilidad de agua para las generaciones futuras. La sobreexplotación y el uso inadecuado pueden llevar a problemas como la disminución de niveles freáticos y la pérdida de calidad del agua.

Hidrología superficial: La hidrología superficial de los municipios de **Epazoyucan** y **Singuilucan**, ubicados en el estado de Hidalgo, está influenciada por su ubicación en la región hidrológica del Pánuco y por las características geológicas del Eje Neovolcánico. A continuación, se describen los principales aspectos hidrológicos de cada municipio:

Hidrología de Epazoyucan: en este Municipio se registran ocho corrientes superficiales (arroyos) de las cuales tres destacan, aunque se trata de pequeñas corrientes superficiales de carácter intermitente que nacen en el cerro conocido como Cerro Alto, drenando superficialmente hacia el noroeste del valle de Epazoyucan. A la altura del Rancho Piedra Blanca, los arroyos se juntan con el dren superficial que nace en la Barranca llamada Piedras Negras ubicada a 1.5 km de la comunidad de Suchipango, ubicada también en las cercanías de la carretera Tulancingo – Pachuca. Este arroyo también es de carácter intermitente; sigue una dirección suroeste hacia el poblado de Santa Cruz, donde su cauce no es muy marcado y desaparece prácticamente en el Valle de Zempoala.

- **Región y cuenca hidrológica**: Epazoyucan se encuentra en la región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca del río Moctezuma. Específicamente, el 97% del municipio pertenece a la subcuenca del río Tezontepec y el 3% restante a la subcuenca del río Metztitlán.

- **Corrientes superficiales**: El municipio cuenta con ocho corrientes de agua intermitentes que atraviesan gran parte de su territorio.

- **Cuerpos de agua**: Entre los cuerpos de agua más destacados se encuentra la presa El Guajolote, ubicada en la comunidad del mismo nombre.

- **Fuentes subterráneas**: Existen varios pozos y manantiales que abastecen de agua a las comunidades locales.

Hidrología superficial de Singuilucan: La hidrología superficial de Singuilucan, en el estado de Hidalgo, se caracteriza por su ubicación dentro de la región hidrológica del río Pánuco, específicamente en la cuenca del río Moctezuma. El territorio municipal se divide entre las subcuencas de los ríos Metztitlán (44 %), Tezontepec (43 %) y, en menor medida, Tochac y Tecocomulco (13 %) . Esta configuración hidrográfica da lugar a una red de escurrimientos superficiales que alimentan diversos cuerpos de agua, incluyendo veintiún cuerpos y dos manantiales ubicados en Las Canoas (comunidad de Francisco I. Madero) y Las Fuentes (cabecera municipal) . La presencia de estas fuentes hídricas es fundamental para las actividades agrícolas y el abastecimiento local, aunque el municipio enfrenta

desafíos relacionados con la disponibilidad y gestión del agua (CONAGUA 2024b, *op. Cit.*)

Ambos municipios comparten características hidrológicas similares debido a su ubicación geográfica y geológica. Sin embargo, presentan diferencias en la distribución y cantidad de cuerpos de agua y manantiales, lo que influye en la disponibilidad y gestión del recurso hídrico en cada localidad.

IV.2 Medio biótico

El medio biótico, lo componen los factores vivos del ecosistema, que en términos generales y en el alcance de una MIA, se refiere a la biodiversidad de flora y fauna que caracterizan al área de establecimiento del proyecto (AeP) y al Sistemas Ambiental regional (SAR).

En esta MIA-R se asume el concepto de biodiversidad a "*la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas*" (Artículo 3, fracción IV de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[iv]). Es decir, es la variedad de vida en la Tierra en todos los niveles, desde genes hasta poblaciones mundiales de una misma especie; de comunidades de especies que comparten una misma pequeña área de un hábitat hasta ecosistemas mundiales. Con base en lo anterior, las políticas definidas por la autoridad ambiental federal para proteger la biodiversidad en diferentes niveles, considera en particular a los:

- **Ecosistemas** que se caracterizan por tener altos niveles de riqueza de especies, especies endémicas o protegidas por algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, flujo de especies migratorias; o por su relevancia social a niveles económicos, culturales y científicos. Por tanto, se considera que los ecosistemas son la unidad de referencia en los procesos y ciclos bióticos y abióticos de nuestro planeta.
- **Especies y comunidades** que se encuentran bajo algún estatus de riesgo, aquellas que han sido domesticadas o cultivadas, también las que tienen un valor agregado del tipo médico, agrícola o social (económica, cultural o científica) y especies indicadoras (de deterioro o conservación).
- **Genotipos** que se refieren al linaje y continuidad de las especies lo cual conlleva un significado social, económico y/o científico.

En cada uno de estos niveles, desde genes hasta ecosistemas, podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función. La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a

[iv] Última reforma DOF 18-01-2021

la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, etc.).

Ahora bien, la información disponible en los alcances de este estudio, no permite hacer un análisis a nivel genético, pero sí con un enfoque refiriéndose a los ecosistemas que se localizan en el área de interés donde las especies encuentran áreas de refugio, alimentación y reproducción. Y a nivel de especies, considerando la riqueza específica y los indicadores de diversidad.

En este sentido, para avanzar en este análisis es importante destacar el concepto de "especie", definido en la fracción VIII del artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS) como *"La unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, que comparten rasgos morfológicos, fisiológicos y conductuales".* **Esta definición establece la diferencia entre especie e individuo**, la especie es un conjunto de individuos (población) y, consecuentemente un individuo no es una especie, sino miembro de una especie.

En este orden de ideas y para efectos de la aplicación del mandamiento que establece el inciso b) "*Negar la autorización solicitada, cuando… 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*", de la fracción III del artículo 35 de la LGEEPA, desde el enfoque de la taxonomía y de la sistemática, por **especie** se entiende a la unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos (población) que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, que comparten rasgos taxonómicos y requieren de hábitats semejantes (Scheinvar, 2004).

Sobre este mismo contexto, la afectación de una especie significa que se está incidiendo sobre determinados aspectos vitales de su población y no sobre los de un individuo o, incluso, sobre un determinado número de individuos; en consecuencia, para determinar si se está incidiendo sobre una especie o sobre un individuo o un determinado número de individuos es importante disponer de algún indicador del tamaño de la población de dicha especie; así como de algunas características significativas de dicha población que definan su fragilidad y vulnerabilidad; así como su susceptibilidad a los efectos de la intervención antropogénica. En tal sentido, en el presente capítulo, de esta MIA-r se hace la identificación de los individuos pertenecientes a cada especie cuya presencia fue corroborada en campo y se ofrece una perspectiva de aquellas especies que de acuerdo con los registros bibliográficos podrían estar distribuidas dentro de los límites del SAR, lo que en conjunto con los análisis de la diversidad alfa, permiten perfilar un escenario del estatus de las poblaciones de las especies de interés, en su caso, haciendo énfasis sobre aquellas con algún estatus de riesgo y en el capítulo V de esta MIA-r se hace un análisis del impacto potencial que podría tener el proyecto sobre esas especies.

IV.2.1 Vegetación

En los estudios ecológicos, el conocimiento de la composición y la estructura de la vegetación es un componente fundamental para arribar a planteamientos relativos a la calidad ambiental y el estatus de conservación o perturbación del espacio geográfico correspondiente. Para estudiar la vegetación, el muestreo de las poblaciones en campo es esencial y su diseño, es la parte que requiere mayor atención ya que de sus resultados depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse; para que un muestreo sea suficientemente representativo y confiable, la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda la población, así la representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores ambientales que puedan influir en una determinada variable.

A diferencia de la particularidad que tiene la fauna al registrar desplazamientos derivados de las variaciones del clima, de la disponibilidad de alimentos o de la ubicación de la pareja reproductora (Andrewartha, H.G., 1973)[20] y ello puede evidenciarse en períodos cortos de tiempo (meses o temporadas del año), en el caso de las plantas esas variaciones ocurren en periodos vinculados a variaciones macro ambientales que provocan cambios drásticos en ciertos atributos del ambiente como lo puede ser actualmente el cambio climático, por ello puede aseverarse que la estabilidad de las poblaciones vegetales perdura por periodos amplios de tiempo y, esa permanencia es modificada solo por la variación de la fisonomía de los individuos de las poblaciones establecidas en un determinado espacio, la cual varía de acuerdo a las etapas de su ciclo de vida, las cuales al conformar parte de un ciclo, al siguiente periodo regresan al estado propio de dicha etapa.

Para complementar la validez de los trabajos de muestreo en campo es de utilidad recopilar información técnica y científica de registros de presencia de poblaciones y especies en el área de interés obtenida también con trabajos de muestro realizados en períodos previos, las cuales generalmente están publicadas en revistas científicas, reportes de investigación o bases de datos.

Por lo antes expuesto, para poder determinar la composición vegetal del área de interés (AeP y SAR), en primera instancia se generó un listado potencial de especies probables a encontrar, así como la clasificación de los usos del suelo en los terrenos del AeP, AiP y SAR a partir de la carta de usos de suelo y vegetación del INEGI, Serie VII, cuya información fue corroborada *in situ* mediante la planeación y ejecución de un muestreo aleatorio estratificado en dos diferentes temporadas del año, logrando con esto contar con un comparativo de especies registradas en ambas temporadas, los cuales son estadísticamente representativos y exhiben niveles de confianza del 95%, ello afirmado con base en el cálculo de la estimación del número de muestras representativas, que se presenta más adelante en este apartado. Se realizaron 38 puntos de muestreo en el AeP y 56 en el SAR para cada una de dos temporadas en que se realizaron los trabajos de campo, sobre los mismos usos de suelo que se caracterizaron al interior del área del proyecto. Considerando el área mínima que cada estrato requiere para desarrollar o demostrar su composición y estructura característica, el registro de especies en

cada uno de los puntos de muestreo tuvo una superficie de 500,100 y 1 m^2 en función del estrato a caracterizar y componentes del proyecto. Del trabajo de campo, se obtuvieron datos como nombre de las especies presentes en cada sitio, frecuencias y datos dasométricos (en el caso del estrato arbóreo). Posterior a los dos muestreos, se procedió a realizar el trabajo de gabinete, donde se destaca que, de todas las especies registradas, 3 se encuentran con la categoría de sujeta a protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010**,** la especie *Cupressus lusitánica* está registrada al interior del AeP, sin embargo esta fue reforestada por propietarios y no se encuentra de forma natural, las especies *Eryngium proteiflorum* y *Stenocactus coptonogonus* fueron únicamente registradas en el SAR, estos registros tienen similitud entre ambas temporadas, se identificó que el uso de suelo dominante pertenece a agricultura de temporal (TA) y al interior del AeP el 5.34% sustenta vegetación forestal del tipo Matorral crasicaule y Bosque de táscate ambos en estado secundario en un estrato arbustivo esto de acuerdo a la carta de usos de suelo y vegetación del INEGI Serie VII.

La riqueza específica en lo que refiere a la temporada de invierno (enero de 2024) fue de 46 especies en el AeP, todas estas se encuentran representadas dentro de las 58 especies que fueron registradas en el SAR, en lo que respecta a los trabajos realizados en la temporada de otoño (octubre de 2024), la riqueza es de 61 especies registradas en el AeP y para el SAR se obtuvo un total de 72 especies, lo que denota un incremento de especies observadas entre las distintas temporadas debido a los diversos factores que se presentan entre cada temporada, dichas especies registradas se encuentran distribuidas en tres tipos de uso de suelo que fueron muestreados (Agricultura (TA), Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (VSa/MC) y Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Táscate (VSa/BJ). Del análisis de diversidad, destaca que las especies con mayor valor de importancia en cada comunidad y sus índices de diversidad alfa (medido a través del índice de Shannon) coinciden con lo reportado por otros autores para las mismas comunidades vegetales y con cierto grado de disturbio, así mismo, los valores de Shannon en este trabajo se mantuvieron por debajo del valor estimado de H´max, lo que respalda la afirmación del estado perturbado de la vegetación en el área del proyecto y sus inmediaciones dentro del SAR.

Dentro de este apartado en párrafos subsecuentes, se describe de forma más detallada el procedimiento realizado para la caracterización de la vegetación y los resultados obtenidos.

Escenario estatal y regional: de acuerdo con la CONABIO (2017)[21], México cuenta con un registro de 25 mil especies de plantas vasculares, lo que equivale aproximadamente al 9.1% de las 272 mil especies descritas en el mundo. Particularizando sobre el estado de Hidalgo, la extensión territorial del estado es de 2’065,454.57 hectáreas, según el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2010 en SEMARNAT-CONAFOR, 2014[22]), donde las superficies forestales suman 876,652.99 hectáreas (42.44 % de su superficie), mientras que las restantes 1, 188,801.58 ha (57.56 %) son zonas no forestales que incluyen áreas agrícolas, asentamientos humanos, zonas urbanas, cuerpos de agua y áreas desprovistas de

vegetación. En tanto que, poco más de la mitad de su superficie forestal se encuentra en estado secundario de sucesión, evidenciando que existe una fuerte presión antrópica sobre la mayoría de la superficie estatal (Tabla IV.10).

Tabla IV. 10 Cobertura forestal y no forestal en el estado de Hidalgo

Cobertura	Superficie (ha)	%
Superficie forestal con vegetación primaria	413,389.10	20.01
Superficie forestal con vegetación secundaria	463,263.89	22.43
Áreas no forestales	1,188,801.58	57.56
Superficie total	**2,065,454.57**	**100.00**

El SAR, como se ha mencionado anteriormente, se localiza dentro del estado de Hidalgo en los municipios de Singuilucan, Epazoyucan y Zempoala, y comprende una superficie de 11,980.2701 ha donde, de acuerdo con la serie VII del INEGI, domina el uso de suelo agrícola que ocupa el 79.99% de su superficie, en tanto que la vegetación forestal representada por el bosque de encino, matorral crasicaule y bosque de táscate, en estado primario y secundario de vegetación, ocupan en conjunto tan sólo el 16.04% de la superficie del SAR, con el 2.65% se encuentra representado el pastizal inducido y el 1.32% restante está considerado para los asentamientos humanos (Tabla IV. 11 y Figura IV. 5) cuyas características principales se describen en la Tabla IV.9.

Tabla IV. 11 Superficie por uso de suelo y vegetación del SAR (Serie VII; INEGI)

Id	Uso de suelo y vegetación	Clave	Superficie (ha)	%
1	Agricultura de temporal anual	TA	3,793.1287	31.66
2	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	4,904.4449	40.94
3	Agricultura de temporal permanente	TP	885.2145	7.39
4	Asentamientos humanos	AH	157.9339	1.32
5	Bosque de encino	BQ	0.4397	0.00
6	Matorral crasicaule	MC	233.7965	1.95
7	Pastizal inducido	PI	317.8352	2.65
8	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	787.4864	6.57
9	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	VSa/BJ	728.0172	6.08
10	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	171.9731	1.44
Total			**11,980.2701**	**100.00**

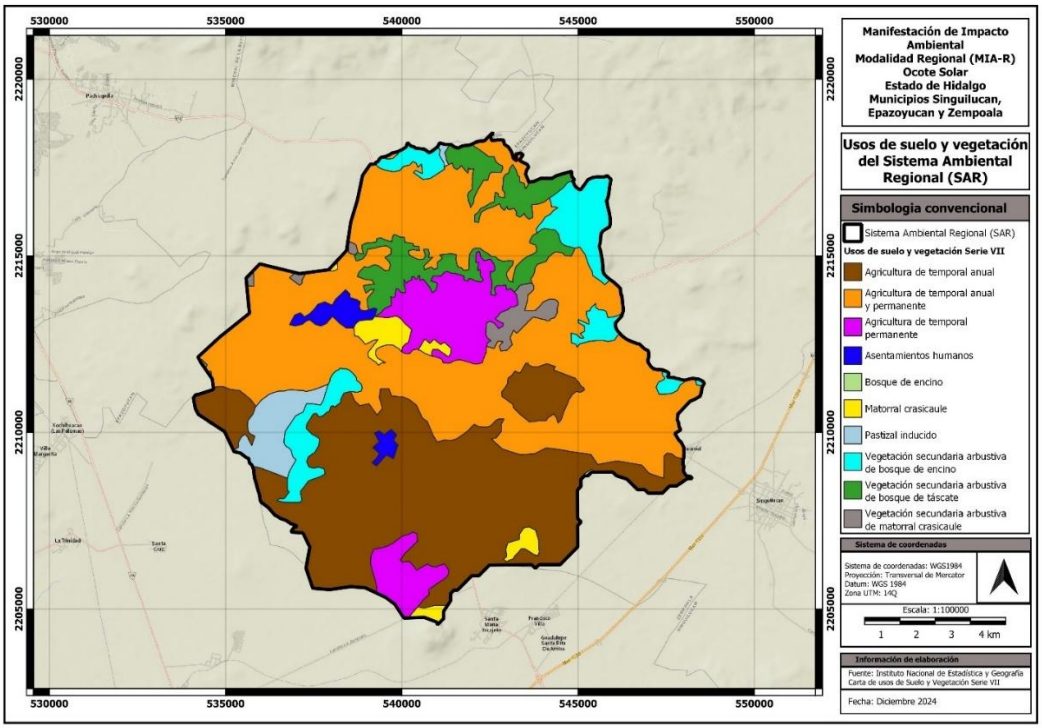
Tabla IV. 12 Características principales de los tipos de vegetación presentes en el SAR

TIPO DE VEGETACIÓN		CARACTERÍSTICAS
Bosque de encino	BQ	Comunidades vegetales distribuidas en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo Sur con excepción de la Península de Yucatán. En climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000 mm. Se desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altitud. El tamaño de los árboles varía de los 4 a 30 m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos. Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género

TIPO DE VEGETACIÓN		CARACTERÍSTICAS
		Quercus que son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto. Este tipo de comunidad se encuentra muy relacionada con los bosques de pino y generalmente como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas.
Matorral crasicaule	MC	Se localiza principalmente en las zonas semiáridas del centro y norte del país, su distribución marcaría los límites tropical y templado al interior del desierto Chihuahuense para las especies de portes más altos. Estas comunidades 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 600mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual y con temperaturas mínimas de 10-12°C. El Matorral Crasicaule se presenta como cubierta vegetal de plantas del género *Opuntia*, siendo las principales especies dominantes de estas "nopaleras" *Opuntia streptacantha* (Nopal Cardón) y *Opuntia leucotricha.* Algunas especies comunes son: *O. hyptiacantha, O. robusta, O. leucotricha, O. cantabrigiensis, O. tomentosa, O. violacea, O. imbricata* (Cardenche), *O. cholla* (Cholla), y otras diversas asociaciones que dependiendo del gradiente latitudinal y de tipos de suelos puede tener una diferente fisonomía. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4m, excepcionalmente más, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la presencia de numerosas plantas herbáceas y otras cilindropuntias.
Bosque de táscate	BJ	Comunidad vegetal distribuida desde Baja California hasta Chiapas, concentrándose en el Eje Neovolcánico, en los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, y en menor proporción en partes de la Península de Baja California, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur. Los climas en que se desarrolla varían, desde el frío de las altas montañas hasta el templado subhúmedo y el semiseco de las zonas áridas. Se encuentra en altitudes entre los 1 000 y 2 600m, con una temperatura media anual que va de los 12 a 22°C y una precipitación que fluctúa de los 200 a los 1 200mm. El bosque está conformado por árboles con hojas en forma de escama (escuamifolios) del género *Juniperus* conocido como táscate, enebro o cedro. Tienen una altura promedio de 8 a 15m, y están siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas. Las especies más comunes y de mayor distribución en estos bosques son *Juniperus flaccida, J. deppeana, J. monosperma* y algunas especies del género *Quercus* y P*inus*.
Vegetación secundaria	Vs	Hace referencia un estado sucesional de la vegetación después de la presencia de algún disturbio causado por factores humanos o naturales, que modifica la estructura y composición florística de la comunidad vegetal original. Con base en las formas de vida presentes y su altura, se consideran tres fases: vegetación secundaria herbácea (Vsh), vegetación secundaria arbustiva (Vsa) y vegetación secundaria arbórea (VsA). Son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada, pero en general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado. Estas especies forman la "Vegetación Secundaria" que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

TIPO DE VEGETACIÓN		CARACTERÍSTICAS
Pastizal inducido	PI	Es una comunidad dominada por gramíneas que aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Esta vegetación inducida, pueden corresponder a una fase del proceso natural de sucesión vegetal, y otras veces no pertenecen a ninguna serie de sucesión y por el contrario son favorecidas por efecto de un intenso y prolongado disturbio (tala, incendio, pastoreo, etc.) al interrumpirse el proceso natural de sucesión. El pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene por efecto de un intenso y prolongado disturbio, por lo anterior este tipo de uso de suelo corresponde a una superficie perturbada y no a un área con vegetación forestal o natural.
Agricultura de temporal	TA	Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

Figura IV. 5 Mapa de usos de suelo y vegetación en el SAR

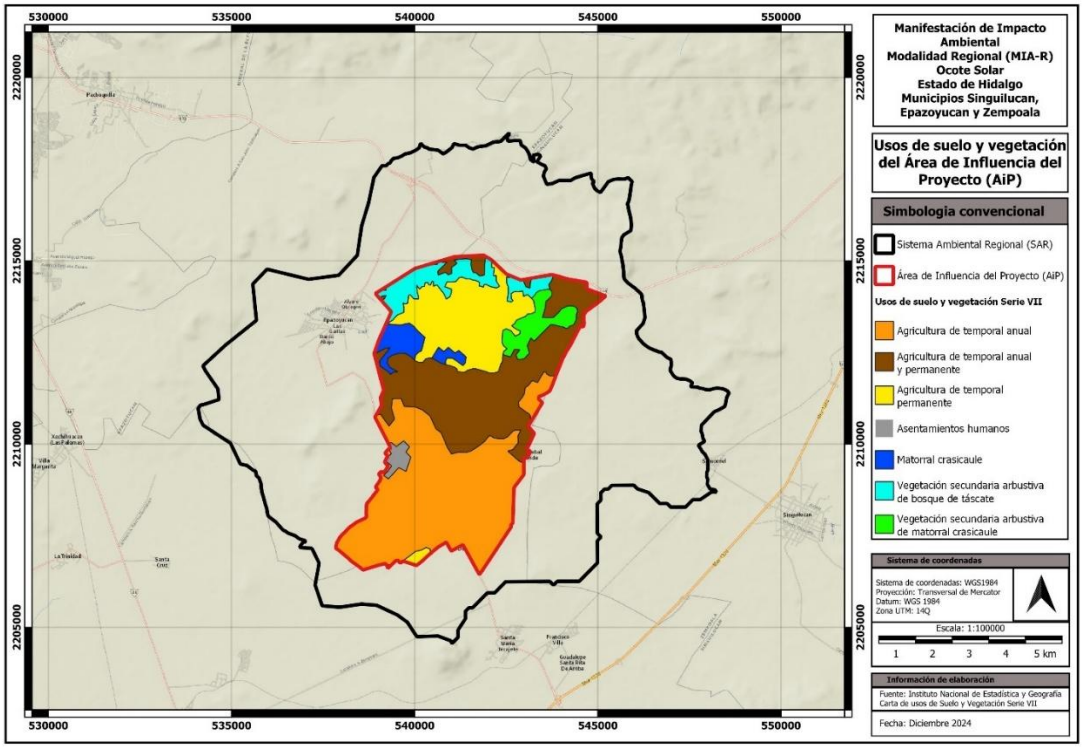


La superficie de la delimitación del AiP se localiza en los municipios de Singuilucan, Epazoyucan y Zempoala y comprende una superficie de 3,629.3488 ha donde, de acuerdo con la serie VII del INEGI, domina el uso No forestal que ocupa el 86.08% (3,124.2199 ha) de su superficie, la representación pertenece a cuatro usos de suelo Agricultura de temporal anual, Agricultura de temporal anual y permanente, Agricultura de temporal permanente y Asentamientos humanos, mientras que para el uso de suelo forestal 505.1289 ha (13.92%) se registran 2 tipos de vegetación, donde tenemos que 234.9970 ha (6.47%) pertenecen a Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate (VSa/BJ), 125.7119 ha (3.46%) son del tipo Matorral crasicaule y 144.4200 ha (3.98%) son igualmente de Matorral crasicaule pero en estado secundario donde el estrato arbustivo es el dominante cuyas superficies individuales se describen en la Tabla IV.13 y Figura IV.6

Tabla IV. 13 Superficie por uso de suelo y vegetación del AiP (Serie VII; INEGI)

Id	Uso de suelo y vegetación	Clave	Superficie (ha)	%
1	Agricultura de temporal anual	TA	1,394.5695	38.42
2	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	1,059.1582	29.18
3	Agricultura de temporal permanente	TP	628.9011	17.33
4	Asentamientos humanos	AH	41.5911	1.15
5	Matorral crasicaule	MC	125.7119	3.46
6	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	VSa/BJ	234.9970	6.47
7	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	144.4200	3.98
Total			**3,629.3488**	**100**

Figura IV. 6 Mapa de usos de suelo y vegetación en el AiP



La caracterización de la composición florística fue desarrollada en tres etapas (Figura IV. 7), en primera instancia se realizó la recopilación bibliográfica, de las especies vegetales con potencial de presencia en el SAR previamente delimitado, de acuerdo con los tipos de vegetación presentes en él. En la segunda etapa se realizó un monitoreo en campo para verificar la información recabada y determinar las especies vegetales presentes en el área de establecimiento del proyecto, y finalmente en la tercera etapa, los resultados arrojados por los trabajos de campo fueron analizados estadísticamente.

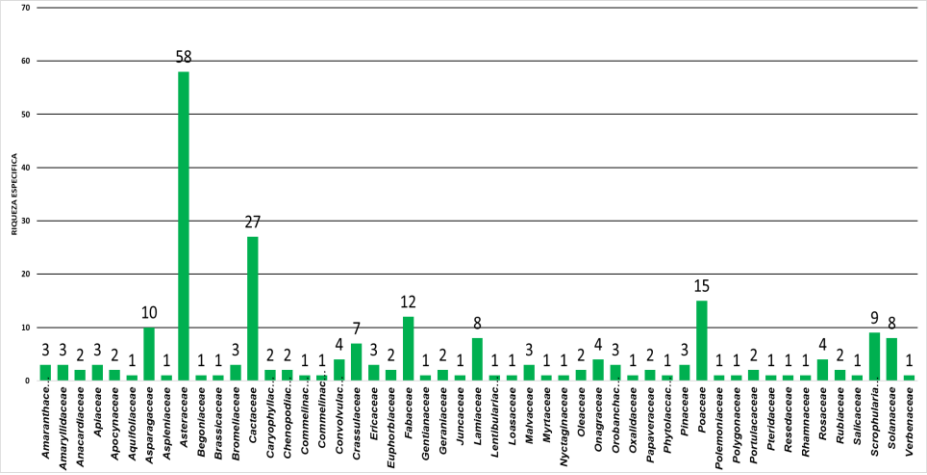
Figura IV. 7 Metodología para la caracterización de la composición florística



Flora de presencia potencial en el SAR.

Con base en la delimitación del polígono del SAR 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 **231 especies de flora con presencia potencial** en uno o varios de los tipos de vegetación presentes en el espacio geográfico que ocupa el SAR y/o adaptadas a zonas agrícolas o perturbadas (especies arvenses o ruderales), jerarquizada por familia, género y especie **(Anexo ANX.VIII.IV**.2 Listado potencial de flora en el SAR), donde las familias mejor representadas, de un total de 51 registradas, son Asteraceae, Cactaceae y Poaceae con 58, 27 y 15 especies respectivamente (Figura IV. 8)

Figura IV. 8 Diversidad potencial de flora en el SAR



Cabe señalar que **ocho de las especies de presencia potencial en el SAR**, que derivaron de la consulta realizada, **se encontraron** con estatus de protección establecido **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**[v]**,** dos en estatus de Amenazadas (A), cuatro están sujetas a protección especial (Pr) y dos están consideradas en peligro de extinción (P) todas presentan una distribución endémica, mientras que en la lista roja de la UICN, se ubicaron 66 especies, de las cuales 57 están incluidas como especies de preocupación menor (LC), 3 como casi amenazada (NT), 2 como vulnerables (VU), 1 como en peligro (EN) y 3 con déficit de datos (DD) para evaluar su estatus de riesgo; asimismo, se identificaron 27 especies incluidas en el apéndice II del CITES y 78 especies presentan una distribución endémica a México, pero no exclusiva a los límites geográficos del SAR ni al estado de Hidalgo, toda vez que su distribución bibliográfica se reporta en más estados de la República (Tabla IV. 14).

Tabla IV. 14 Especies potenciales en el SAR, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
Asparagaceae	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	Endémica	A
Crassulaceae	*Echeveria elegans*	Rosa de alabastro	Endémica	P
Cactaceae	*Echinocactus platyacanthus*	Biznaga burra	Endémica	P
Cactaceae	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	Endémica	Pr
Apiaceae	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	Endémica	Pr
Cactaceae	*Ferocactus histrix*	Biznaga barril de acitrón	Endémica	Pr
Gentianaceae	*Gentiana spathacea*	Cola de tlacuache	Endémica	Pr
Cactaceae	*Mammillaria rhodantha*	Biznaga de flores rosadas	Endémica	A

NOM-059-SEMARNAT-2010: A = amenazada; Pr = protección especial; P= En peligro de extinción.

Tabla IV. 15 Distribución de las especies endémicas de México con potencial de presencia en el SAR

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
1	*Agastache mexicana*	Toronjil morado	Chih., Gto., Hgo., Jal., Mich., Mor., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
2	*Agave applanata*	Maguey de Castilla	Chih., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Oax., Pue., Qro., Tlax., Ver., Zac.
3	*Agave filifera*	Lechuguilla Mansa	Ags., Chih., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro., S.L.P., Sin., Ver., Zac.

[v] Última modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019.

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
4	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Ags., Coah., Col., Chis., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
5	*Agave striata*	Maguey espadín	Ags., Coah., Dgo., Hgo., Jal., N.L., Qro., S.L.P., Tamps., Ver., Zac.
6	*Ageratina espinosarum*	Estrellita	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tab., Tamps., Tlax., Zac.
7	*Ageratina glabrata*	Chamisa	Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
8	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., N.L., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
9	*Arbutus bicolor*	Madroño rojo	Chih., Dgo., Hgo., Jal., Mich., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
10	*Argemone platyceras*	Chicalote	B.C., B.C.S., Coah., Dgo., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., Son., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
11	*Atriplex muricata*	Atriplex	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., N.L., Pue., Qro., S.L.P., Son., Ver., Zac.
12	*Bidens anthemoides*	Mozotillo	Col., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Tlax., Ver.
13	*Bidens serrulata*	Aceitilla	Coah., Chis., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
14	*Bouvardia longiflora*	Flor de San Juan	Ags., Col., Chis., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tlax., Ver., Zac.
15	*Buddleja parviflora*	Sayolisco	Ags., Coah., Col., Chis., Chih., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Son., Tab., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
16	*Castilleja scorzonerifolia*	Garallona	Ags., Coah., Col., Chis., Chih., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Son., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
17	*Cephalocereus polylophus*	Tetecho costilludo	Gto., Hgo., Qro., S.L.P.
18	*Cirsium ehrenbergii*	Cardo santo	Ags., Coah., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
19	*Coryphantha cornifera*	Biznaga partida de cuernos	Ags., Gto., Hgo., Jal., Qro., S.L.P., Zac.
20	*Coryphantha octacantha*	Biznaga Partida de Ocho Espinas	Hgo., N.L., Qro., S.L.P., Tamps.
21	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	CDMX, Hgo., Pue., Qro., Ver.
22	*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	Ags., Gto., Hgo., Jal., Pue., Qro., S.L.P., Ver., Zac.
23	*Dugesia mexicana*	Alchicolia	CDMX, Hgo., Mich., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver.
24	*Echeveria agavoides*	Conchita maguey	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., S.L.P., Zac.
25	*Echeveria coccinea*	Conchita escarlata	Chis., Gto., Gro., Hgo., Jal., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
26	*Echeveria elegans*	Rosa de alabastro	Chih., Coah., Hgo., Jal., N.L., Qro., Ver., Zac.
27	*Echeveria secunda*	Conchita	Chih., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
28	*Echeveria subrigida*	Oreja de burro	Gto., Hgo., Mich., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tlax., Ver.
29	*Echinocactus platyacanthus*	Biznaga burra	Coah., Gto., Hgo., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Zac.
30	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	CDMX, Gto., Hgo., N.L., Qro., S.L.P., Tamps., Zac.
31	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	Ags., Gto., Hgo., Jal., S.L.P., Zac.
32	*Stenocactus crispatus*	Biznaga Ondulada Crespada	Hgo., Oax., Pue., Qro., Tlax.
33	*Stenocactus heteracanthus*	Biznaguita	Gto., Hgo.
34	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	Ags., Gto., Hgo., Jal., Qro., S.L.P., Zac.
35	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	CDMX, Hgo., Jal., Mich., Pue., Tlax., Ver.

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
36	*Ferocactus histrix*	Biznaga barril de acitrón	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro., S.L.P., Tamps., Zac.
37	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Ags., CDMX, Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Zac.
38	*Gentiana spathacea*	Cola de tlacuache	Ags., Col., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tab., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
39	*Geranium potentillifolium*	Moradillo chico	CDMX, Hgo., Jal., Mich., Mor., Pue., Qro., Ver.
40	*Hechtia podantha*	Cordón	Ags., Coah., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
41	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	Ags., Coah., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
42	*Isocoma veneta*	Falsa damiana	Ags., B.C., Chih., Coah., CDMX, Gto., Gro., Hgo., Jal., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
43	*Lamourouxia dasyantha*	Chupamiel rosa	Coah., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
44	*Lophocereus marginatus*	Chilayo	Ags., Col., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
45	*Mammillaria discolor*	Biznaga de diversos colores	CDMX, Hgo., Mor., Oax., Pue., Tlax., Ver.
46	*Mammillaria elongata*	Biznaga elongada	Gto., Hgo., Qro.
47	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Ags., CDMX, Gto., Hgo., Jal., N.L., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
48	*Mammillaria rhodantha*	Biznaga de flores rosadas	Ags., Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro., Zac.
49	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Zac.
50	*Mentzelia hispida*	Zazálic	Ags., B.C.S., Coah., Col., Chis., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Son., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
51	*Myrtillocactus geometrizans*	Garambullo	Ags., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
52	*Nyctocereus serpentinus*	Gigante	Gto., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Zac.
53	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Ags., CDMX, Gto., Hgo., Jal., Mich., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Zac.
54	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Ags., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., N.L., Qro., S.L.P., Tamps., Zac.
55	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Ags., Chih., CDMX, Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., N.L., Qro., S.L.P., Son., Zac.
56	*Opuntia spinulifera*	Nopal ardilla	Hgo., Qro., Tlax.
57	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Ags., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Zac.
58	*Penstemon roseus*	Campanita rosa	Ags., Chih., Col., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Son., Tlax., Ver., Zac.
59	*Picradeniopsis pringlei*	Bahia	Gto., Hgo., Pue., Qro., S.L.P., Tlax., Ver.
60	*Pinguicula acuminata*	Pinguicula	CDMX, Gro., Hgo., Mich., Qro.
61	*Pinus leiophylla*	Pino chimonque	Ags., Chih., Col., Chis., CDMX, Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Son., Tlax., Ver., Zac.
62	*Pittocaulon praecox*	Palo loco	Ags., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
63	*Psacalium peltatum*	Matarique	Ags., Coah., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tamps., Tlax., Zac.
64	*Rhus standleyi*	Vara negra	Chis., Gro., Hgo., Oax., Pue., Qro., Tlax., Ver.
65	*Rubus liebmannii*	Zarzamora	Col., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Qro., S.L.P., Tlax., Ver.
66	*Salix paradoxa*	Borreguito	Chih., Coah., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
67	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Col., Chis., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tlax.
68	*Salvia elegans*	Hierba del burro	Ags., Chih., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., Sin., Son., Tlax., Ver., Zac.

ID	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
69	*Salvia patens*	Flor del gallito	Ags., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Ver.
70	*Sedum dendroideum*	Lágrima de María	Chis., Gto., Hgo., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., Tamps., Ver.
71	*Sprekelia formosissima*	Lirio azteca	Ags., Chih., Col., Chis., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tlax., Zac.
72	*Tagetes lunulata*	Cinco llagas	Ags., Chih., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tlax., Zac.
73	*Tridax coronopifolia*	Coronilla	Ags., Coah., Col., Chis., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
74	*Tridax rosea*	Tridax	Gto., Hgo., Qro., S.L.P., Tamps., Ver.
75	*Yucca filifera*	Palma pita	Ags., Chih., Coah., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
76	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Ags., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Qro., S.L.P., Tlax., Ver., Zac.
77	*Zaluzania triloba*	Hediondilla	Ags., Coah., Gto., Hgo., Jal., N.L., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Son., Tamps., Tlax., Ver., Zac.
78	*Zephyranthes fosteri*	Mayito	Ags., B.C.S., Col., CDMX, Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., Tlax., Ver., Zac.

Particularizando sobre el área de establecimiento del proyecto (en adelante, AeP) que corresponde a una **superficie de 536.3269 ha**, dentro de las cuales, de acuerdo con la carta temática de uso de suelo y vegetación del INEGI serie VII, se reportan **28.6968 ha de vegetación forestal** (0.1634 ha de MC, 18.3717 ha de VSa/BJ y 10.1617 ha de VSa/MC) mientras que el resto 507.6301 ha ocupan superficie agrícola de temporal la cual se considera como No forestal (Tabla IV.16 y Figura IV.9)

Sin embargo, mediante un análisis exhaustivo con ayuda de las imágenes satelitales de la plataforma *Google Earth* y los trabajos de muestreo realizados *in situ*, se determinó un área forestal dentro del AeP de 32.4515 ha con presencia de bosque de táscate (24.4601 ha) (VSa/BJ) (Figura IV.10) y matorral crasicaule (7.9914 ha) (VSa/MC) (Figura IV.11)**,** de las cuales el 100% están en estado secundario de sucesión vegetal donde dominan el estrato arbustivo**,** por otro lado, resultó coincidente con el análisis cartográfico del INEGI que la mayor superficie del AeP (459.6738 ha, 85.71%) está ocupada por uso de suelo agrícola (Figura IV.12), adicional se determinaron 8 usos de suelo (Asentamientos humanos 1.4967 ha (Figura IV.13), DDV Carretera federa Pachuca-Tulancingo 0.1821 ha (Figura IV.14), Plantación de Agaves- Opuntias 19.0102 ha (Figura IV.15), Trazo gasoducto 8.4733 ha (Figura IV.16), Ducto PEMEX 0.4565 ha, Cuerpos de agua 2.6481 ha (Figura IV.17), Caminos existentes 10.7528 ha (Figura IV.18) y Banco de material 1.1819 ha (Figura IV.19), los diferentes usos de suelo registrados son distintos al agrícola y forestal (Tabla IV.16) y algunos se observaron sin vegetación aparente (SVA).

La diferencia que se reporta en las superficies y tipos de vegetación estimada en la carta de uso de suelo y vegetación serie VII del INEGI (carta base de referencia que utiliza el SIGEIA) y la derivada de los muestreos realizados en campo puede explicarse por dos razones: la primera es la escala a la que es elaborada dicha carta (1:250,000) con equidistancias entre las curvas de nivel de 20, 50 y 100 m (INEGI)[23] y con errores potenciales de determinación cartográfica acordes a la magnitud de dicha escala; la segunda razón deriva de la fecha de origen de los datos; en este

sentido cabe citar que los conjuntos de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250.000 Serie VII, contiene información del uso del suelo y vegetación obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes de satélite Landsat TM 8 seleccionadas del año 2021 (IDEGeo, 2022)[24]. Esta interpretación está apoyada con trabajos de campo realizado antes de 2020. Los Conjuntos de datos contienen la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes en tipos de vegetación, de usos agrícolas, e información ecológica relevante. Dicha información geográfica digital contiene datos estructurados en forma vectorial codificados de acuerdo con el Diccionario de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000 (versión 3) aplicables a las diferentes unidades ecológicas (comunidades vegetales y usos antrópicos) contenidos en el conjunto de datos. Consecuentemente, con esas variaciones potenciales derivadas de la escala del levantamiento y la determinada en campo pudo reflejarse en la diferencia registrada.

Tabla IV. 16 Superficie por uso de suelo en el AeP (INEGI serie VII-Determinación In Situ)

Id	Uso de suelo y vegetación	Clave	DETERMINACIÓN INEGI SERIE VII		DETERMINACIÓN IN SITU		Formación
			Superficie (ha)	% Superficie	Superficie (ha)	% Superficie	
1	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	85.1835	15.88	0.0000	0.00	No Forestal
2	Agricultura de temporal permanente	TP	422.4466	78.77	459.6738	85.71	No Forestal
3	Matorral Crasicaule	MC	0.1634	0.03	0.0000	0.00	Forestal
4	Vegetación secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	VSa/BJ	18.3717	3.43	24.4601	4.56	Forestal
5	Vegetación secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC	10.1617	1.89	7.9914	1.49	Forestal
6	Asentamientos humanos	AH	0.0000	0.00	1.4967	0.28	No Forestal
7	DDV Carretera federal Pachuca-Tulancingo	S/C	0.0000	0.00	0.1821	0.03	No Forestal
8	Plantación de Agaves-Opuntias	S/C	0.0000	0.00	19.0102	3.54	No Forestal
9	Trazo gasoducto	S/C	0.0000	0.00	8.4733	1.58	No Forestal
10	Ducto PEMEX	S/C	0.0000	0.00	0.4565	0.09	No Forestal
11	Cuerpos de agua	H2O	0.0000	0.00	2.6481	0.49	No Forestal
12	Caminos existentes	S/C	0.0000	0.00	10.7528	2.00	No Forestal
13	Banco de material	S/C	0.0000	0.00	1.1819	0.22	No Forestal
Total			**536.3269**	**100.00**	**536.3269**	**100.00**	

Figura IV. 9 Mapa de uso de suelo y vegetación en el AeP (CUS, INEGI)

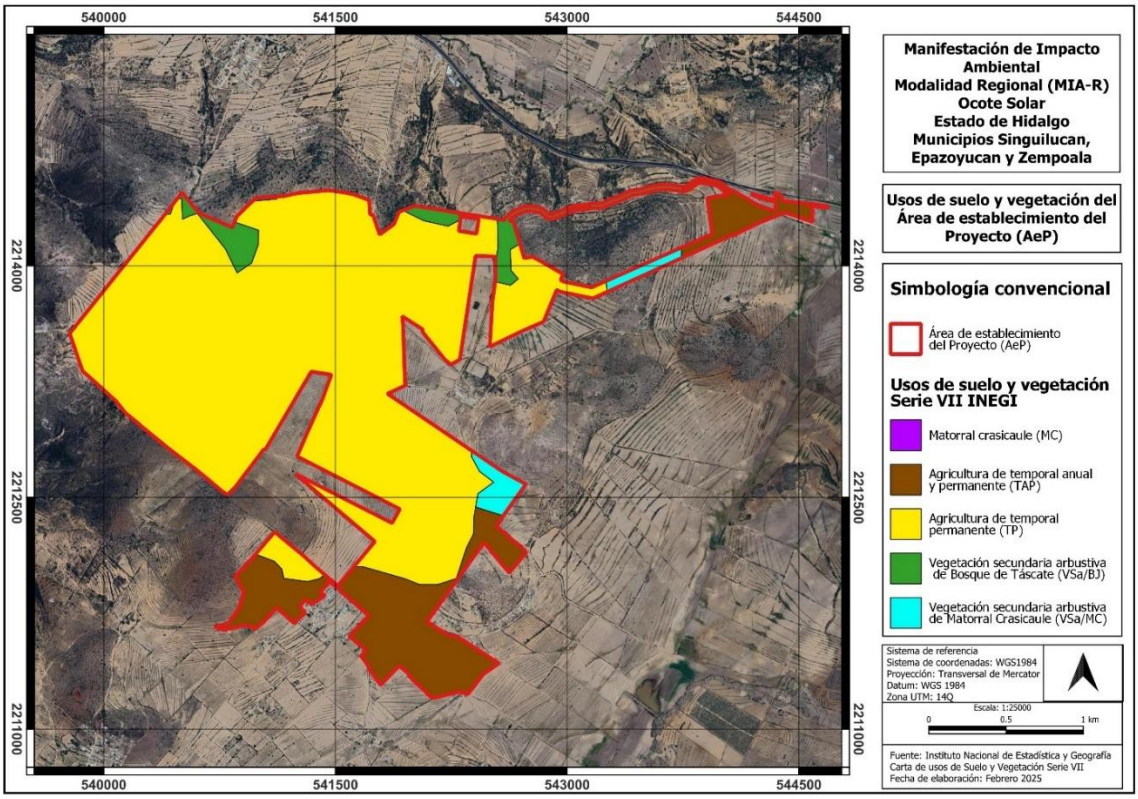


Figura IV. 10 Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Táscate (VSa/BJ)



Figura IV. 11 Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (VSa/MC)



Figura IV. 12 Uso de suelo Agrícola



Figura IV. 13 Uso de suelo asentamientos humanos



Figura IV. 14 DDV Carretera federal Pachuca-Tulancingo



Figura IV. 15 Uso de suelo plantación de agaves-opuntias



Figura IV. 16 DDV Gasoducto



Figura IV. 17 Cuerpos de agua



Es importante destacar que con la construcción del proyecto no se afectara ninguno de los 4 embalses de agua toda vez que ningún componente del proyecto se ubica al interior de algún cuerpo de agua, por lo que se asegura que estos no sufrirán modificaciones.

Figura IV. 18 Caminos existentes



Figura IV. 19 Banco de extracción de material



El trabajo de diagnóstico de la vegetación presente en el AeP, cuyos resultados derivaron en los datos presentados en la Tabla IV.16, se basó en la planeación de un trabajo técnico forestal correspondiente a dos muestreos del área del proyecto levantados en dos temporadas diferentes (invierno 1er muestreo enero 2024, otoño 2do muestreo octubre 2024), empleando las técnicas de muestreo de recursos forestales convencionalmente aplicadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para el levantamiento del inventario nacional forestal. El diseño del muestreo se describe más adelante en este capítulo. Y los resultados alcanzados con el muestreo antes referido, ponen en evidencia que la representación cartográfica que hace INEGI en su carta de uso de suelo serie VII es inexacta ya que dicha definición no coincide totalmente con lo encontrado en campo sobre el AeP. La situación anterior corrobora el hecho reconocido en el ámbito profesional de quienes elaboran estudios de cobertura forestal en el territorio nacional, respecto a que la carta de uso de suelo de INEGI, es un instrumento de referencia inicial, pero que para alcanzar determinaciones precisas de los tipos de comunidades establecidas en cualquier espacio, ello queda sujeto a la corroboración con muestreos estadísticamente válidos, que fue lo que se desarrolló en este estudio para poner en conocimiento a la DGIRA que, sobre la base de determinaciones concretas en campo y no únicamente de aproximaciones cartográficas, en los terrenos sobre los cuales se pretende el desarrollo del proyecto la cobertura vegetal en su mayoría corresponde a agricultura de temporal, y está considerado como un uso de suelo no forestal, si bien la superficie es menor los terrenos de interés presentan vegetación forestal.

Para entender la naturaleza forestal de una comunidad florística es importante tomar en cuenta lo dispuesto por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, última reforma DOF 28-04-2022); en este sentido, las siguientes definiciones resultan trascendentales:

ARTICULO 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

> ***XXIII. Ecosistema Forestal:*** *La unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados;*
>
> ***LXXI. Terreno forestal:*** *Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales;* ***Fracción reformada DOF 13-04-2020***
>
> ***LXXX. Vegetación forestal:*** *Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando* ***bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas,*** *dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;*
>
> **LXXX Bis. Vegetación Forestal de Zonas Áridas:** Aquella que se desarrolla en forma espontánea en zonas de clima seco y muy seco. Se incluyen todos los tipos de matorral, selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 600 milímetros; **Fracción adicionada DOF 11-04-2022**

En este mismo sentido, el **Reglamento de la LGDFS** en la fracción XXV de su artículo 2, define lo siguiente:

> ***Artículo 2. Para efectos del presente Reglamento, además de las definiciones previstas en el artículo 7 de la Ley, se entenderá por:***
>
> ***XXV. Vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas,*** *aquella que se desarrolla en forma espontánea en regiones de clima árido o semiárido,* ***formando masas mayores a 1,500 metros cuadrados****. Se incluyen todos los tipos de matorral, Selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 500 milímetros.*

De la interpretación de dichos artículos y fracciones correspondientes se concluye que la vegetación forestal es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales. Derivado del concepto de terreno forestal, son aquellos que se encuentran cubiertos por vegetación forestal o vegetación

secundaria nativa y la vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas son las que forman masas mayores a 1,500 m^2, incluyendo todos los tipos de matorral bosques y selvas listados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en su Clasificación de Usos de Suelo y Tipos de Vegetación serie VII según corresponda, por lo cual, estos listados se convierten en una herramienta no solo útil, sino jurídicamente válida, la cual, para actuaciones de mayor precisión queda sujeta a su validación en campo, de acuerdo con lo antes descrito se toma en cuenta lo dispuesto en la Guía para la interpretación de cartografía[25]; por lo que en el AeP, se determinó la existencia de vegetación forestal en el 6.05% de la superficie total del proyecto esto en dos tipos de vegetación, bosque de táscate y matorral crasicaule ambos en fase secundaria arbustiva, toda vez que se observaron remanentes de la vegetación que anteriormente cubrían los terrenos de interés.

Analizando las características de la vegetación presente en el AeP, se justifica la presencia de vegetación forestal, toda vez que se forman masas de cubierta vegetal secundaria nativa superiores a los 1,500 m^2 lo que cumple con la definición de terreno forestal y la de vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas, de igual manera analizando los tipos de vegetación del INEGI que de acuerdo con la LGDFS incluyen y desarrollan los tipos de ecosistemas de zonas áridas deberán considerarse como vegetación forestal, toda vez que existen conjunto de plantas que crecen y se desarrollan en forma natural, los cuales forman bosques y selvas y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales. En contraste, la agricultura de temporal que de acuerdo con la misma Clasificación de Usos de Suelo y Tipos de Vegetación serie VII, se considera un uso de suelo NO forestal, al quedar fuera de la definición de la fracción XXV, artículo 2**, del Reglamento de la LGDFS,** donde se enmarca que *la vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas corresponde a todos los tipos de matorral, Selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 500 milímetros.*

En este contexto, destaca la importancia de realizar los muestreos in situ para verificar la información cartográfica del INEGI. La carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (Serie VII), puede ser usada como una herramienta de referencia para conocer que usos y vegetación hay en un espacio geográfico determinado, sin embargo, la misma carta tiene inconsistencias al clasificar las áreas, debido a que una de las bases para elaborar la carta son las propias series antecesoras a estas (serie I, II, III, IV, V, VI), las manifestaciones de impacto ambiental que resguarda la SEMARNAT y a la escala a la que está elaborada de 1:250,000 misma que es una escala considerable para definir con precisión el uso de suelo actual en espacios determinados del territorio; la información correspondiente de la carta solo representa proyecciones generales de un territorio, ya que la escala de 1:250,000 son alcanzadas por síntesis de mapas de escalas diferentes (de 1:50,000 a 1:1,000,000), es por ello que a este tipo de carta también se les conoce como un mapa derivado, útil para tener una idea preliminar pero no eficaz para tomar decisiones en la materia.

La carta de usos de suelos y vegetación del INEGI escala 1:250 000, consta de 149 conjuntos de datos digitales y un conjunto nacional en formato shape y con datum de referencia ITRF92, la información de cada uno de los conjuntos de datos de la serie VII de uso de suelo y vegetación, se obtuvo a partir de la información de la serie VI e interpretación de Geomedianas generadas a partir de imágenes digitales Landsat y con apoyo de información complementaria. Presenta la distribución de los diferentes tipos de vegetación natural e inducida de nuestro país, determinada con base en registros de instrumentos anteriores; también se muestra la ubicación de las áreas agrícolas y se organiza a partir de un sistema jerárquico el cual podrá formar parte de un sistema de información geográfica.

El proceso metodológico para la elaboración de la serie VII de Información de uso del suelo y vegetación, si bien es básicamente el mismo que se ha generado desde la primera serie, ha sufrido modificaciones y adecuaciones considerando la utilización de nuevos insumos digitales (imágenes de satélite ortorrectificadas e información vectorial tanto temática como de series anteriores), las características del formato digital y la necesidad de generar información confiable y de calidad en el menor tiempo posible.

La información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, cuenta con seis cubrimientos denominados: Serie I (SI), elaborada entre 1979 y 1991 Serie II (SII), entre 1993 y 1999, Serie III (SIII), entre 2002 y 2005, Serie IV (SIV) entre 2006 y 2010, la Serie V (SV) entre 2011 y 2013, Serie VI (SVI) entre 2014 y 2016 y Serie VII (SVII) entre 2017 a 2021.

Las fechas de referencia para cada serie son:

- Serie I: Década de 1980
- Serie II: 1993
- Serie III: 2002
- Serie IV: 2007
- Serie V: 2011
- Serie VI: 2014
- Serie VII: 2021

Así, el objetivo de la carta de usos de suelo y vegetación es ofrecer un marco de referencia de la distribución y de los tipos de vegetación natural e inducida en el territorio nacional a una escala macro, lo cual lleva a considerar que, para obtener registros que permitan tomar decisiones respecto al uso actual del suelo, o lo que es lo mismo: la determinación de la cobertura vegetal respectiva es preciso realizar un trabajo sistemático de muestreo en una malla de red de puntos de mucho menor escala que la considerada por los instrumentos de referencia. Es por ello que en ocasiones al momento de comparar las cartas de uso de suelo del INEGI con la realidad no coinciden los límites de los usos de suelo predeterminados y representados en ellas gráficamente, con lo que nos reporta la realidad en el sitio, además se debe tener en consideración que la actual carta (serie VII), se realizó a partir del 2017 y se finalizó en el 2021, lo que posiblemente también pueda ser uno de los factores a considerar del porque la carta solo se debe tomar como una

referencia y no una clasificación exacta de los usos de suelo y vegetación actuales en el espacio geográfico nacional.

Metodología para el trabajo de campo.

La gama de técnicas o métodos que pudieran emplearse para concretar los objetivos del trabajo es amplia y, todas las propuestas parten del reconocimiento de que el esfuerzo por conocer la estructura y composición de una comunidad florística debe ser caracterizada por su fisonomía, cuyo estudio a la vez es indispensable para la comprensión de su naturaleza y distribución (Flores, J.S. y J, Álvarez-Sánchez, 2004)[26].

Para concretar el estudio, la literatura ofrece una amplia gama de métodos y técnicas, inicialmente debemos definir cómo se concibe el concepto de "muestreo" y, ello se acota al considerarlo como una herramienta de la investigación cuya función básica es determinar qué parte de una realidad (comunidad, población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población, en este mismo sentido el concepto de "error de muestreo" se define como el resultado de obtener conclusiones sobre cierta realidad a partir de observaciones de solo una parte de ella, así, obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos; el concepto de muestreo así concebido se concreta como "muestreo probabilístico", esto es, el método a seguir en el proceso de muestreo otorga una probabilidad conocida de integrar a la muestra a cada elemento de la población, y dicha probabilidad no es nula para ningún elemento.

Los tipos de muestreo probabilístico son:

- Muestreo aleatorio simple.
- Muestreo sistemático.
- Muestreo aleatorio estratificado
- Muestreo por conglomerados (*clusters*).

Cualquiera que sea el tipo de muestreo que se seleccione, es sabido que la determinación del número de parcelas o puntos de muestreo es la base del diseño de la metodología correspondiente, si bien es un hecho que entre mayor sea el número de puntos considerar la proporción relativa del error potencial en el muestreo disminuye, generalmente no es factible considerar un número elevado de sitios de muestreo por diversas razones (limitaciones financieras y de tiempo, principalmente) por lo que las técnicas que convencionalmente se utilizan se basan en diversos métodos como auxiliadores en la toma de decisiones del número suficiente de muestras, para que el muestreo sea estadísticamente representativo y que los datos tengan una distribución normal (Bautista, *et al.,* 2011[27]; Mostacedo y Fredericksen, 2000[28]), ante lo antes descrito y tomando como criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra son la relación entre la superficie a muestrear y la superficie total, y la uniformidad espacial de la variable o población a estudiarse, se determinó el levantamiento de 38 sitios en el

AeP en dos distintas temporadas, esto en un sistema alineado logrando maximizar la distancia media entre sitios y, por lo tanto, minimiza la correlación espacial entre observaciones e incrementa la eficacia estadística, alcanzando como indicador un porcentaje de confiabilidad en el muestreo representativo.

Los métodos de muestreo se refieren a la manera en la que se selecciona a los miembros de la población que van a participar en el estudio, si una muestra no se selecciona aleatoriamente, es probable que presente algún tipo de sesgo, y los datos no serán representativos de la población, previniendo esta falta se realizó un sistema alineado mediante una distribución de puntos de muestreo (PM) a cada 500 metros lineales entre cada PM el cual dio origen a un muestreo aleatorio estratificado, la distancia entre PM se determinó con una interpretación en la plataforma Google Earth donde se apreció mediante imágenes satelitales que la condición de la vegetación es predominante y homogénea y la distancia entre PM es suficiente para contar con muestras representativas de la condición vegetal de todo el terreno del proyecto, este método maximiza la distancia media entre sitios y, por lo tanto, minimiza la correlación espacial entre observaciones e incrementa la eficacia estadística.

Para seleccionar el tipo de muestreo que mejor se adaptara a las necesidades del estudio, fue necesario determinar en primer lugar el concepto de “muestreo”. El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de un estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población (florística, faunística, poblacional, etc.). el error que se comete debido al hecho de que se obtienen conclusiones sobre cierta realidad a partir de la observación de sólo una parte de ella, se denomina error de muestreo. Obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos.

La información se levantó por tipo de estrato (agrupación de forma de vida de los individuos) y para seleccionar la forma del sitio de muestreo se aplicó la recomendación por la CONAFOR (2012)[29]; la cual hace mención en que para los tipos de vegetación de bosques, comunidades áridas, comunidades semiáridas y palmares las unidades de muestreo tendrán una forma circular mientras que para los demás tipos de vegetación será de forma rectangular, cumpliendo con esta recomendación y verificando la comunidad presente en el AeP, se determinó la forma circular de los PM.

Los sitios de muestreo se ubicaron de manera aleatoria y de manera que fueran representativos del tipo de vegetación y/o uso de suelo. Para cada sitio de muestreo, la vegetación fue dividida en estratos de acuerdo con sus dimensiones y hábitos de crecimiento para agilizar el muestreo. Posterior al levantamiento se procedió a separar los datos por **forma de vida**, dividiéndolo en 4 agrupaciones: arbórea, arbustiva, cactáceas y herbáceas, con el objetivo de poder analizar en grupo a las principales formas de vida encontradas. Las características de cada uno son las siguientes:

- **Arbórea:** Son plantas leñosas perennes con un sólo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tengan una copa más o menos definida[vi]. Además de esto se consideraron a los individuos de árboles que por su etapa de desarrollo no pueden ser consideradas como maderables y que tienen porte de renuevo.
- **Arbustiva:** Plantas leñosas perenne con una altura que sobrepasa generalmente los 0.5 metros, pero no alcanza los 5 metros a su madurez y sin un sólo vástago principal, ni una copa definida[vii]. Aquí se consideran los individuos de especies que en su mayor estado de desarrollo son arbustivas pero que en el momento del levantamiento tienen porte bajo.
- **Cactáceas:** plantas angiospermas dicotiledóneas originarias de América, sin hojas (o casi sin ellas) con tallos carnosos casi esféricos, prismáticos o divididos en paletas que semejan grandes hojas y con flores grandes (Font Quer, 2001[30]).
- **Herbáceas:** en definitiva, se caracterizan por carecer de un tallo leñoso. Dentro de este estrato se considerarán sólo las que por su descripción taxonómica son herbáceas.

Registro de vegetación: Para registrar el **estrato arbóreo**, se ubicó el centro del sitio de muestreo y se identificó el límite norte, el área de 500 metros cuadrados se dividió en cuatro cuadrantes, iniciando al norte (0 grados) y avanzando en dirección a las manecillas del reloj, del norte a este (90 grados) fue el cuadrante 1; de los 90 grados a 180 grados, el cuadrante 2; de 180 grados a 270 grados, el cuadrante 3; y de 270 grados a 360 grados, el cuadrante 4, la distancia del punto central a cada azimut fue de 12.64 metros.

Cuadrante por cuadrante, en el sentido de las manecillas e iniciando con el individuo más cercano al centro del PM, la brigada realizó un barrido de toda la Unidad (500 metros cuadrados), marcando de forma consecutiva todos los individuos que presentaron un diámetro normal superior a 5 centímetros. Cada individuo fue marcado para evitar registrar doblemente el mismo individuo, con pintura en aerosol de color naranja. De cada individuo marcado, se identificó la especie; abundancia; su forma de vida; diámetro normal, su altura y su diámetro de copa ambos lados. Al medir el diámetro de un individuo encontramos que a 1.30 metros de altura hubo más de un tallo o una rama, por lo que se midieron y registraron como parte del mismo individuo (bifurcado, trifurcado, etc.).

Los individuos que estuvieron por debajo de la categoría diamétrica de 5 cm de diámetro (DAP), fueron contabilizados y registrados como repoblado natural (Renuevos).

Para el **estrato cactáceas**, estás fueron registradas y contabilizadas en los 500 metros cuadrados, la brigada identifico y registro la especie, abundancia, forma de vida, y su diámetro de copa, el procedimiento fue igualmente como en el estrato arbóreo.

[vi] Ley General de Desarrollo Forestal sustentable DOF 24/04/2022

[vii] Ley General de Desarrollo Forestal sustentable DOF 24/04/2022

En el **estrato arbustivo**, se registraron y contabilizaron todos los individuos presentes en 100 metros cuadrados (dentro del sitio principal de 500 metros cuadrados), la delimitación del sub sitio de muestreo, igualmente fue realizando marcas de visibilidad a los azimuts 0°, 90°, 180° y 360° partiendo del centro del sitio principal y a una distancia de 5.64 metros, donde pudimos diferenciar a los individuos que se situaban dentro del sitio y así poder registrarlos; se anotó la especie, diámetro de copa ambos lados y abundancia.

Por último, en el **estrato herbáceo**; se delimito el cuadrante en el centro de cada sub sitio de muestreo, abarcando una superficie de un metro cuadrado, registramos especie, tipo de crecimiento y abundancia.

Para los sitios levantados en la LT, el tamaño de los sitios fue de 100 m^2 para el registro de árboles, arbustos y cactáceas, mientras que para el estrato herbáceo fueron contabilizados en 1 m^2, se siguió con el registro igualmente que en los sitios de 500 metros^2 únicamente se adecuo el tamaño debido a la anchura del DDV de la LT y no estimar flora que se sitúa fuera del AeP.

Por cada sitio de muestreo se realizó lo siguiente:

- Toma de coordenadas en formato UTM, utilizando el DATUM WGS84 (con un error aproximado de ± 3 m). se marcó el centro con cinta de precaución color rojo. El registro de coordenadas se realizó con un GPS Garmin (GpsMap64s).

- Marcado de árboles con aerosol, se realizó el marqueo a la altura de 1.30 m, todos los individuos fueron marcados con un punto para evitar el doble conteo del ejemplar.

- Registro por nombre científico de todos los elementos arbóreos, arbustivos, herbáceos y cactáceas.

- Para cada árbol se tomaron las siguientes variables: frecuencias, diámetro normal (cm), altura (m) y diámetro de copal (cm).

- Para los individuos arbustivos se tomaron datos de frecuencia, altura (m) y diámetro de copa (cm).

- Para los individuos de cactáceas se tomaron datos de frecuencia, altura (m) y cobertura de copa (m).

- Para individuos de herbáceas se tomó datos de frecuencia.

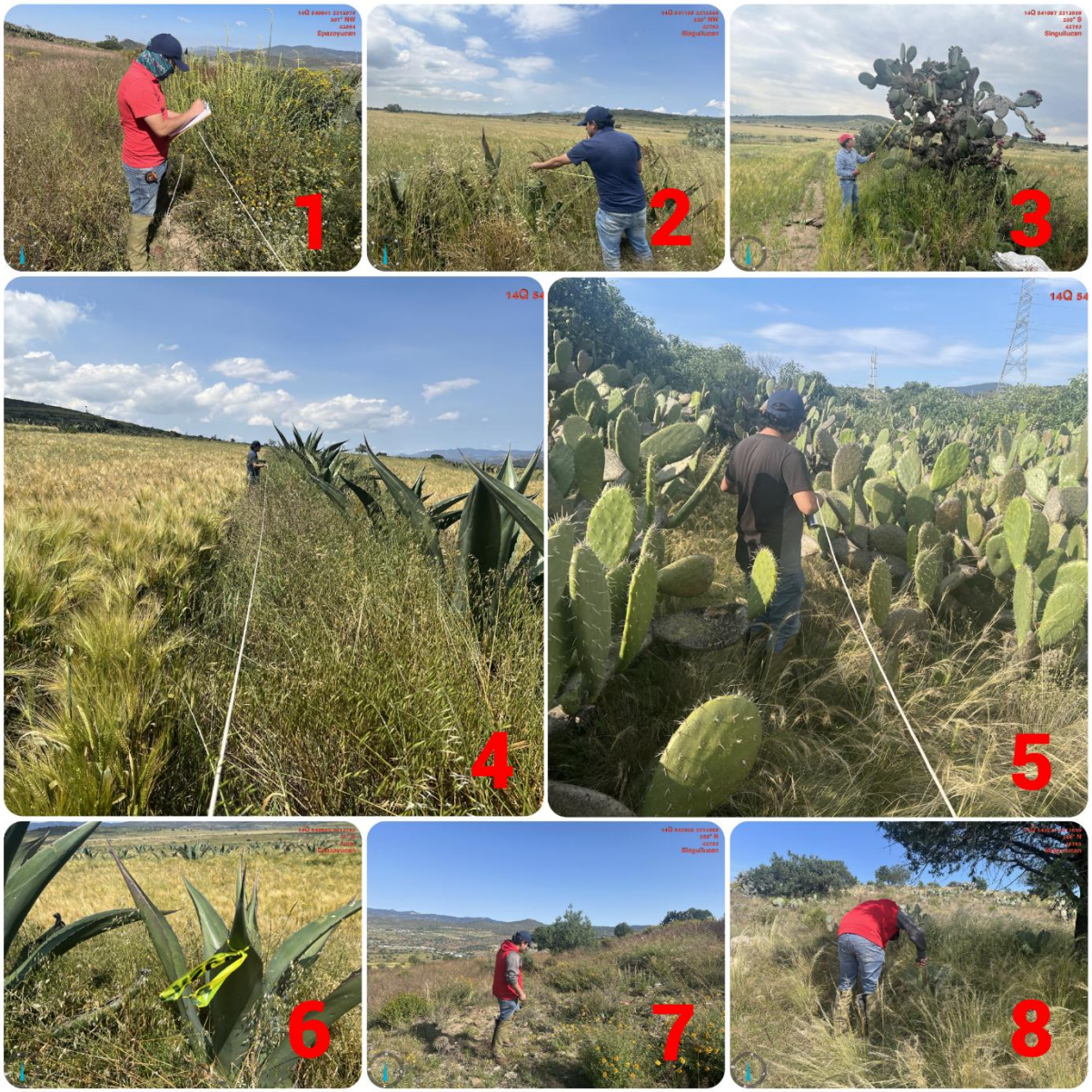
- Registro fotográfico de todas las actividades y de todos los PM.

El registro de vegetación fue considerada y desarrollada tanto para los trabajos del primer muestreo realizado durante el invierno en el mes de enero 2024 así como para los trabajos realizados durante el otoño en el mes de octubre dentro de los trabajos ejecutados y reportados como segundo muestreo (Figura IV.24).

Figura IV. 20 Actividades dentro de los PM del primer muestreo (enero 2024)



Figura IV. 21 Actividades dentro de los PM del segundo muestreo (octubre 2024).



<u>Diseño de muestreo y forma de los PM</u>: Se realizaron **dos muestreos aleatorios estratificados en diferentes temporadas del año**, el primer levantamiento se realizó en enero 2024 (invierno), mientras que el segundo muestreo se ejecutó en octubre 2024 (otoño), cabe recalcar que ambos muestreos fueron desarrollados en la misma ubicación, al realizar el muestreo seleccionado, obligo en primer lugar, a dividir la población en subpoblaciones que no se solapen, denominadas estratos y que, de forma conjunta, incluyen el conjunto de la población, para luego dentro de cada estrato, realizar un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permita subdividir a la población (Mostacedo y Fredericksen, 2000[31]*).* Varias razones

pueden justificar el muestreo estratificado (Cochran, 1977; Schreuder *et al*., 1993 en McRoberts *et al*., 1992[32]), en primer lugar, la estratificación se emplea para aumentar la precisión de las estimaciones de la población (McRoberts *et al*., 1992 Op Cit) y con la estratificación se reduce la variación en el estrato (Cochran, 1977; Bell, 1998; Thompson, 2002[33]). Por lo tanto, el método requiere que los estratos sean lo más heterogéneo posible entre ellos, pero lo más homogéneo posible dentro de cada uno. Entonces, en el muestreo al azar estratificado, las unidades de la población se agrupan de acuerdo con semejanza en alguna característica (Ramírez, 2018[34]).

En este sentido, los estratos definidos fueron los diferentes tipos de forma de la vegetación (árbol, arbusto, hierba, cactácea) presentes en el AeP, extendiendo así, las muestras en toda la superficie del área del proyecto, con lo cual se evitó que ambos muestreos fueran sesgados (entendiendo como tal, la muestra de sólo una parte del área de interés), aportando mayor precisión sobre las especies registradas en cada superficie muestreada o estrato y permitiendo caracterizar todos los usos de suelo y vegetación definidos dentro del AeP y compararlos con respecto a su igual en el SAR.

Como ya se mencionó, se levantó información dentro de 38 puntos de muestreo (PM) para el AeP y 56 PM para el SAR, que cubre todas las condiciones presentes en la superficie del AeP: Los trabajos fueron realizados en dos diferentes temporadas siendo la primera en invierno, del 08 al 12 de enero del 2024, mientras que la segunda temporada de muestreo se realizó en otoño, del 14 al 18 de octubre de 2024.

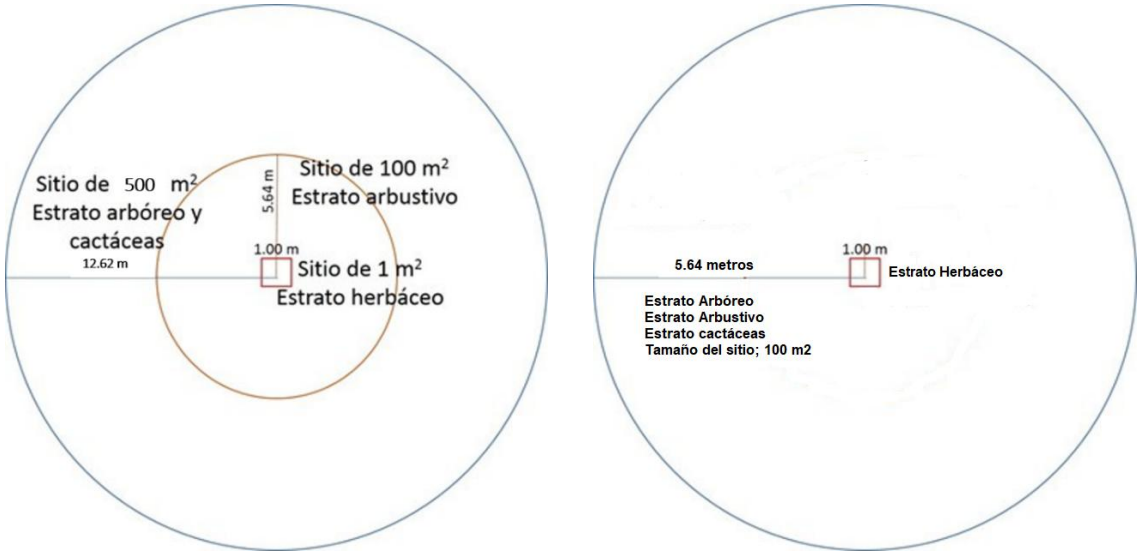
Los PM fueron circulares con una dimensión de 500 m^2 (32 Puntos de muestreo en el AeP y 40 PM en el SAR) en donde se registraron las especies arbóreas y cactáceas. Y en cada sitio se delimitaron a su vez dos áreas más, una de 100 m^2 para el registro de especies arbustivas[viii] y otra de 1 m^2 para el registro de especies herbáceas, a manera de conglomerado, para el área de la LT el tamaño de los sitios fue de 100 m^2 (6 Puntos de muestreo dentro del AeP y 16 para el SAR) para los estratos arbóreo, arbustivo y cactáceas, para el estrato herbáceo fue de 1 m^2, esto debido a la anchura del DDV, con esto se aseguró que la vegetación muestreada pertenezca a superficie considerada para el AeP y su representatividad dentro del SAR asegurando las mismas condiciones. Para el tamaño de los sitios de muestreo, se consideró el concepto de “área mínima”, que se refiere al espacio en que una comunidad puede desarrollar o demostrar su composición y estructura característica. El área mínima se puede determinar con la relación especies-área, pero también es común que el tamaño del cuadro o parcela en general sea de 10 x 10 m (100 m^2) para árboles, 5 x 5 m (25 m^2) para arbustos y de 1 x 1 m (1 m^2) para herbáceas (Bautista, *et al*., 2011[35]), con base en ello, destaca que en este caso particular, la dimensión de los sitios de muestreo no sólo satisfizo sino que superó el área mínima requerida para evaluar las características propias de los componentes de las comunidades vegetales de interés. Cabe mencionar que de

[viii] Se consideró arbusto a la planta perenne, con el tallo lignificado, el cual se ramifica a partir de la base, generalmente de no más de 3 metros de altura (Pérez, 2013)[viii]

acuerdo con González-Cuevas (2002)[36] los sitios de muestreo a partir de 500 m^2 son adecuados para el levantamiento de datos dasométricos ya que proveen confiabilidad estadística dado que a partir de estas dimensiones el coeficiente de variación es mínimo, únicamente para la superficie de la LT los sitios fueron levantados en un tamaño de 100 m^2, esto debido a la anchura del DDV.

Los datos que se registraron durante los muestreos fueron variables clasificatorias (número de sitio, fecha, ubicación geográfica) e información ecológica (nombre común, nombre científico, forma biológica), útiles para agrupar los datos del inventario florístico y obtener los resultados de los índices de diversidad por medio de la estratificación vertical (estrato arbóreo, arbustivo, cactáceas y herbáceo) (Anexo ANX.VIII.IV.3 Registro vegetación).

Figura IV. 22 Forma de los puntos de muestreo para la caracterización vegetal



Tamaño del sitio 500 M^2 Tamaño del sitio 100 M^2

Figura IV. 23 Trabajo de campo durante el primer muestreo de vegetación enero 2024





Figura IV. 24 Trabajo de campo durante el segundo muestreo de vegetación octubre 2024





Tabla IV. 17 Diseño de muestreo en el AeP y el SAR

Tipo de vegetación o uso de suelo	Formación	N° de PM Levantados 1er Muestreo	N° de PM Levantados 2do Muestreo	Estrato presente y muestreado	Forma del sitio / subsitio	Tamaño (m^2)
AEP						
Agrícola	**No Forestal**	26	26	Arbóreo	Sitio circular	500
				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
	Forestal	3	3	Arbóreo	Sitio circular	500

Tipo de vegetación o uso de suelo	Formación	N° de PM Levantados 1er Muestreo	N° de PM Levantados 2do Muestreo	Estrato y presente muestreado	Forma del sitio / subsitio	Tamaño (m^2)
Vegetación secundaria Matorral crasicaule				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Vegetación secundaria bosque de Táscate	**Forestal**	3	3	Arbóreo	Sitio circular	500
				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Agrícola	**No Forestal**	3	3	Arbóreo	Sitio circular	100
				Cactáceas		100
				Arbustivo		100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Vegetación secundaria Bosque de táscate	**Forestal**	3	3	Arbóreo	Sitio circular	100
				Cactáceas		100
				Arbustivo		100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
SAR						
Agrícola	**No Forestal**	31	31	Arbóreo	Sitio circular	500
				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Vegetación secundaria Matorral crasicaule	**Forestal**	6	6	Arbóreo	Sitio circular	500
				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Vegetación secundaria bosque de Táscate	**Forestal**	3	3	Arbóreo	Sitio circular	500
				Cactáceas		500
				Arbustivo	Subsitio circular	100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Agrícola	**No Forestal**	12	12	Arbóreo	Sitio circular	100
				Cactáceas		100
				Arbustivo		100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1
Vegetación secundaria Bosque de táscate	**Forestal**	4	4	Arbóreo	Sitio circular	100
				Cactáceas		100
				Arbustivo		100
				Herbáceo	Subsitio cuadrado	1

Usos de suelo y tipos de vegetación en el AeP.

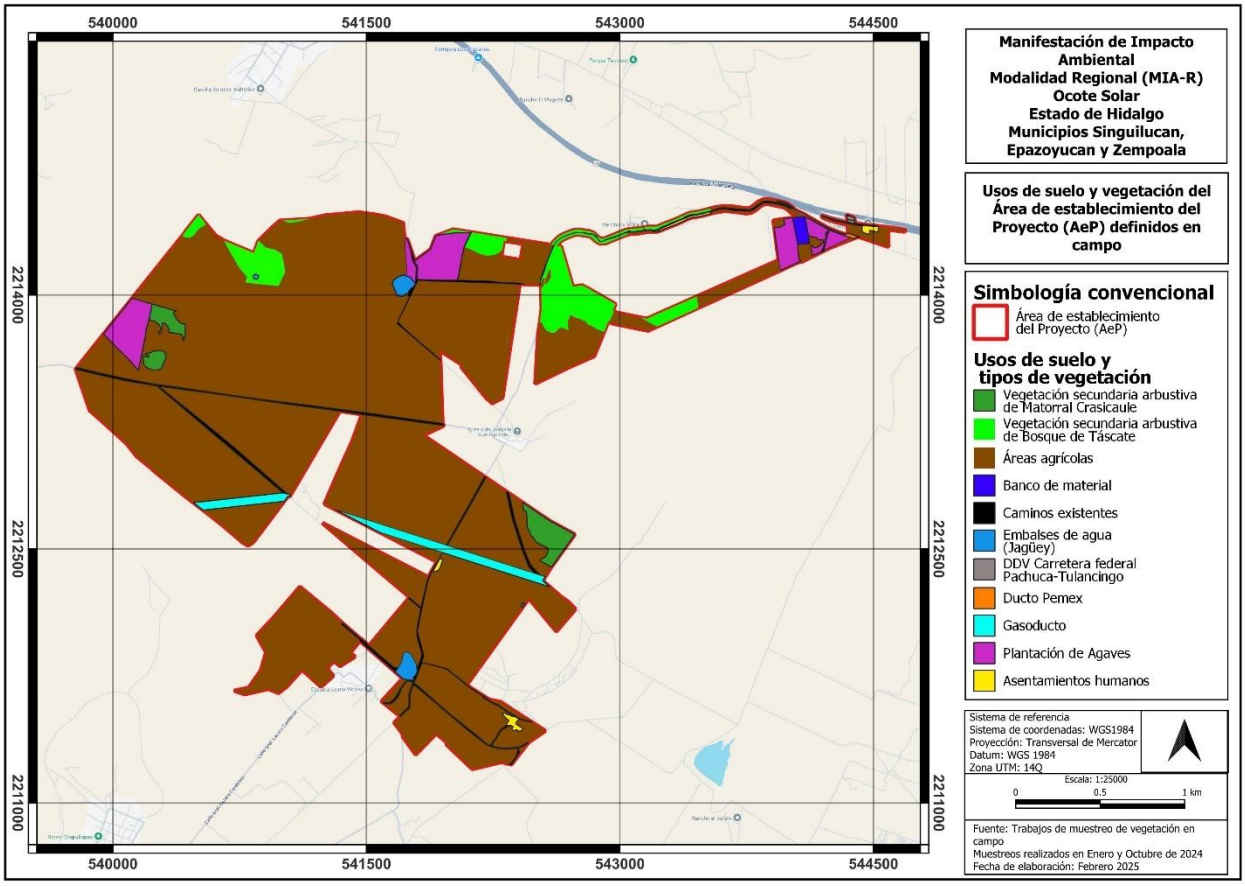
El levantamiento de información en campo, entre otros objetivos, se orientó a determinar los diferentes usos de suelo y los tipos de vegetación establecidos en ese espacios geográfico. Los resultados se describen a continuación.

Agricultura de temporal permanente: Este uso de suelo es el dominante del proyecto, abarca el 85.71% del total que se pretende utilizar para la construcción, al interior de los terrenos se observa siembra de cebada, trigo, frijol y maíz en menor cantidad (octubre 2024), igualmente se observaron parcelas en descanso.

Vegetación secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate: El porcentaje representado por este tipo de vegetación registra el 4.56% de la superficie total del proyecto, esta comunidad vegetal se encuentra dominada por especies del género Juniperus, el bosque está conformado por estrato arbóreo con hojas en forma de escama (escuamifolios), tienen una altura promedio de 2 a 5 metros y están siempre caracterizados por especies arbustivas, la estructura y composición florística

permiten identificar que las especies se encuentran directamente asociadas a espacios perturbados formando comunidades vegetales secundarias.

Figura IV. 25 Mapa de uso de suelo y vegetación en el AeP determinación In Situ



Vegetación secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule: El porcentaje representado por este tipo de vegetación registra el 1.49% de la superficie total del proyecto**,** se presenta como cubierta vegetal principal especies del género Opuntia siendo las principales especies dominantes, las alturas promedio van desde 1 metro hasta los 4 metros, se observa la presencia de numerosas especies que se encuentran directamente asociadas a espacios perturbados formando comunidades vegetales secundarias.

Asentamientos humanos: Se observaron construcciones de material concreto y de láminas de metal, el espacio registrado es de apenas 0.28% del total que se pretende por la implementación del proyecto.

DDV Carretera federal Pachuca-Tulancingo: Si bien no se realizarán actividades constructivas al interior del DDV de la carretera federal, este espacio considera la conexión entre el proyecto y la carretera federal, se observa un DDV de material asfaltico con dos carriles en cada sentido.

Plantación de Agaves-Opuntias: Se registro que en el 3.54% de la superficie existen plantaciones de los géneros Agaves y Opuntias los cuales son directamente destinados a la producción de agua miel y cosecha de tunas.

Trazo gasoducto: Al interior del AeP cruza el DDV de un gasoducto particular, se menciona que no se plantea la instalación de componentes del proyecto al interior del trazo, el porcentaje es de apenas 1.58% de la superficie total, dentro del DDV del gasoducto se observan plantíos de cebada y otros espacios sin vegetación aparente, el ancho promedio del DDV es de 18 metros.

Ducto PEMEX: El trazo del ducto de PEMEX que atraviesa el proyecto no contine vegetación aparente y se aprecia una habilitación como camino de terracería para el tránsito de los pobladores, no se realizaran trabajos de instalación de componentes del proyecto sobre el ducto.

Cuerpos de agua: Se registraron 4 cuerpos de agua, el porcentaje es de apenas un 0.49% de la superficie total del proyecto, no se prevé la afectación de ninguno de los cuerpos de agua, durante las visitas se observó que contenían agua para consumo de ganado de los pobladores cercanos.

Caminos existentes: Son espacios de terracería con anchos promedio que van desde los 4 metros hasta los 8 metros, se observa que están carentes de vegetación y son transitados por pobladores y dueños de los terrenos al interior o cercanos al AeP, el porcentaje que representa es del 2.0% del total de la superficie que considera el proyecto.

Banco de material: Se observo superficie en la cual se realizó la extracción de material, este espacio se encuentra sin vegetación aparente y se encuentra actualmente en abandono, el porcentaje que representa del total de la superficie del AeP es de 0.22%.

Para la caracterización de la composición florística en el SAR y el AeP se realizó la planeación de dos muestreos en diferentes temporadas la primera se realizó en el mes de enero 2024 durante el invierno, mientras que el segundo muestreo fue realizado en octubre 2024 en el otoño, se desarrollaron los muestreos *in situ* para determinar las especies vegetales presentes en dicha área por comunidad y estrato vegetal, y posteriormente los resultados arrojados fueron analizados para obtener los valores de diversidad. Los trabajos de muestreo implicaron el levantamiento de información en 38 unidades muéstrales o puntos de muestreo (PM) dentro del polígono del AeP y de 56 PM en el SAR, **cabe indicar que ambos muestreos (invierno y otoño) fueron realizados en la misma coordenada de ubicación en cada uno de los diferentes PM.** Las coordenadas en el sistema UTM de los puntos de muestreo se presentan en la Tabla IV.17 y su ubicación en la Figura IV.21 Mapa de ubicación de los PM de vegetación en el AeP y Figura IV.22 Mapa de ubicación de los PM de vegetación en el SAR.

Tabla IV. 18 Coordenadas de los PM de vegetación en el AeP y el SAR

COORDENADAS UTM						COORDENADAS UTM					
PM	**X**	**Y**	**PM**	**X**	**Y**	**PM**	**X**	**Y**	**PM**	**X**	**Y**
AeP						**SAR**					
1	540924	2211736	20	541639	2213833	1	538985	2207305	29	543721	2213993
2	541074	2212106	21	541083	2213907	2	539474	2207321	30	544024	2214069
3	541759	2211477	22	540480	2213902	3	539325	2207803	31	544276	2214174
4	542256	2211459	23	540293	2213895	4	539919	2207801	32	544634	2214306
5	541899	2212104	24	540494	2214332	5	540495	2207870	33	543930	2214520
6	542225	2212134	25	540886	2214138	6	541014	2207928	34	541055	2212288
7	542639	2212585	26	541092	2214393	7	540906	2208252	35	541245	2212264
8	542288	2212684	27	541677	2214364	8	542283	2211026	36	541167	2211690
9	541661	2212723	28	542268	2214294	9	542030	2213495	37	543301	2212713
10	540945	2212766	29	542327	2214195	10	542102	2213246	38	543341	2212925
11	540468	2212836	30	543954	2214287	11	542157	2213109	39	543529	2212747
12	539978	2213345	31	544256	2214309	12	542256	2213050	40	544064	2211901
13	540516	2213266	32	544544	2214334	13	540776	2214399	1LT	540925	2208519
14	541167	2213393	1LT	543816	2214130	14	542998	2214285	2LT	540965	2208498
15	541686	2213247	2LT	543327	2213911	15	542637	2214371	3LT	541262	2208839
16	540245	2213613	3LT	543079	2213854	16	542401	2213606	4LT	541243	2208862
17	542170	2213521	4LT	542899	2213916	17	539861	2213726	5LT	541691	2209299
18	542649	2213930	5LT	542639	2214094	18	540000	2213912	6LT	541692	2209353
19	542237	2213877	6LT	542456	2214234	19	540043	2213973	7LT	541968	2210092
						20	540230	2214205	8LT	541995	2210108
						21	542421	2214400	9LT	541677	2210937
						22	542612	2213491	10LT	541749	2211167
						23	542773	2213539	11LT	542885	2214068
						24	543111	2213613	12LT	542938	2214106
						25	542847	2212116	13LT	543200	2213937
						26	543144	2211811	14LT	543284	2213952
						27	542171	2211157	15LT	543805	2214023
						28	541460	2212048	16LT	543799	2214163

Figura IV. 26 Ubicación de los PM de vegetación en el AeP ambos muestreos

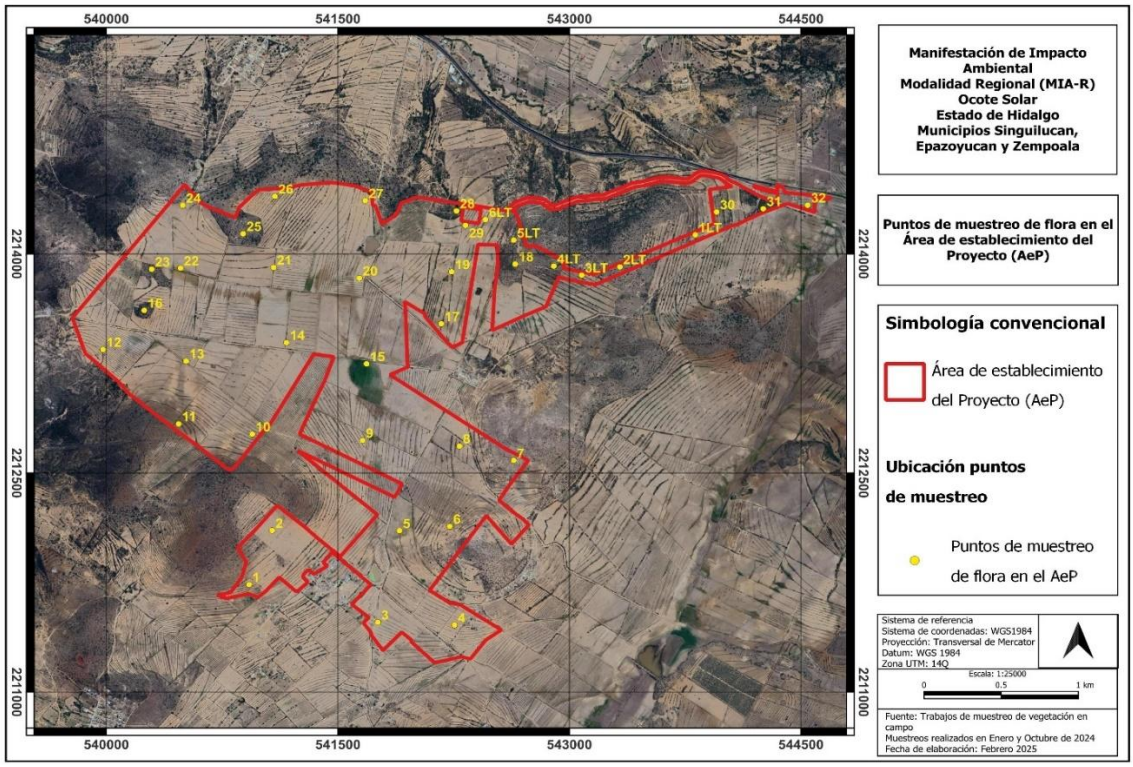
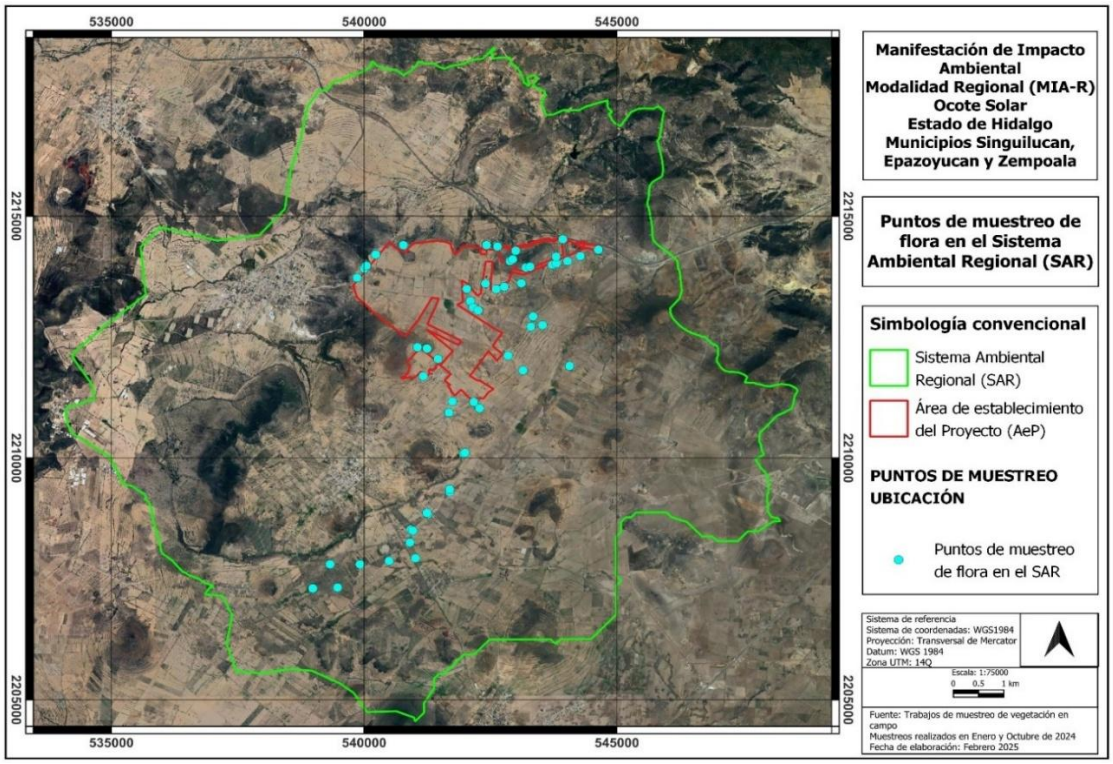


Figura IV. 27 Ubicación de los PM de vegetación en el SAR ambos muestreos



Tiempo para el levantamiento de los puntos de muestreo en el AeP y SAR: Los trabajos de registro de flora presentes en ambas unidades de análisis mediante la ejecución de dos muestreos, iniciaron con un recorrido prospectivo el cual se realizó el día 08 de enero de 2024, en él se captó la impresión inicial de la fisonomía del área de interés, particularmente en lo relativo a la estructura de las comunidades establecidas, el levantamiento forestal del primer muestreo inició el día 08 de enero y culminaron el 12 de enero del 2024 durante el invierno, los trabajos del segundo muestreo se realizaron en la temporada otoño durante el periodo del 14 al 18 de octubre de 2014, donde el esfuerzo se centró en el registro de cuatros estratos presentes (Arbóreo, Arbustivo, Herbáceo y Cactáceas), por lo que se asegura el registro de vegetación confiable y valido para ambos muestreos.

Composición florística (AeP y SAR)

Los trabajos de campo se desarrollaron considerando dos temporadas de muestreo, la primera se desarrolló en el mes de enero de 2024 y, el segundo se trabajó en el mes de octubre de 2024.

El trabajo de campo referente al primer muestreo realizado durante el invierno (enero 2024), derivó en el registro de un total de 46 especies vegetales en el AeP y 58 en el SAR distribuidas en tres comunidades vegetales o usos de suelo que fueron muestreados. Tanto en el AeP como en el SAR se identificaron 4 estratos vegetativos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceo. Se enfatiza en que tres de las especies registradas en campo durante los muestreos se encuentran dentro de la respectiva norma 059-Semarnat-2010 y únicamente 1 especie está presente al interior del área de establecimiento del proyecto, esta especie se observó como especie introducida mediante reforestación, por lo que no es considerada su ubicación de manera natural, se encuentra dentro de la categoría sujeta a protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las especies incluidas en la Lista roja de la UICN, 18 están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 especie en peligro (EN), 2 especies con datos insuficientes (DD) y 37 especies no cuentan con alguna categoría, 12 cactáceas están registradas dentro del apéndice II del CITES, 20 especies presentan una distribución endémica, 9 están consideradas como exóticas, 4 especies son exóticas-invasoras y 25 especies están registradas como nativas.

Tabla IV. 19 Comparativo de especies de flora en el AeP y en el SAR primer muestreo

ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DIST	NOM-059	CITES	UICN	REGISTRO AeP	REGISTRO SAR
Árboles									
1	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
2	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC	+	+
3	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
4	Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	Nativa	S/C	S/C	LC		+
5	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
6	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC	+	+
Arbustos									
7	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
8	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+

ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DIST	NOM-059	CITES	UICN	REGISTRO AeP	REGISTRO SAR
9	Amaranthaceae	*Atriplex muricata*	Atriplex	Endémica	S/C	S/C	S/C		+
10	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
11	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
12	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
13	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
14	Scrophulariaceae	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	Endémica	S/C	S/C	S/C		+
15	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
16	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
17	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
18	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negritos	Nativa	S/C	S/C	S/C		+
19	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
20	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
21	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
22	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
23	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
Cactáceas-Opuntias									
24	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC	+	+
25	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	Endémica	S/C	II	EN	+	+
26	Cactaceae	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	Endémica	S/C	II	LC		+
27	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC	+	+
28	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC	+	+
29	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC	+	+
30	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD	+	+
31	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC	+	+
32	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC	+	+
33	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC	+	+
34	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC	+	+
35	Cactaceae	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	Endémica	Pr	II	LC		+
36	Cactaceae	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	Endémica	S/C	II	DD		+
Hierbas									
37	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
38	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
39	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
40	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
41	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C		+
42	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
43	Chenopodiaceae	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa	S/C	S/C	S/C		+
44	Asteraceae	*Cirsium vulgare*	Cardo común	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C		+
45	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C	+	+
46	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
47	Apiaceae	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	Endémica	Pr	S/C	S/C		+
48	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
49	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
50	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
51	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
52	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
53	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
54	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C	+	+
55	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa	S/C	S/C	S/C		+
56	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
57	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
58	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
Riqueza específica								**46**	**58**

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

Desglosando la información presentada en la tabla anterior, por uso de suelo en cada área muestreada, se tiene que en el AeP para la superficie agrícola, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al herbáceo donde se registraron 15 especies; seguido del arbustivo y cactáceas con una riqueza de 14 y 7 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 3 especies, para la vegetación secundaria de matorral crasicaule, el estrato con mayor riqueza corresponde al cactáceo donde se registraron 7 especies; seguido del arbustivo y herbáceo con una riqueza de 6 y 3 especies respectivamente, el estrato arbóreo no registro individuos presentes lo que denota que es una vegetación secundaria y para el bosque de táscate en estado secundario, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al de las cactáceas donde se registraron 8 especies; seguido del arbustivo con una riqueza de 3 especies, los estratos menos diversos fueron el arbóreo y el herbáceo donde únicamente se cuenta con 3 especies respectivamente (Tabla IV.20).

Cabe aclarar que, si bien los terrenos agrícolas no son considerados como una comunidad de naturaleza forestal, se incluyó en el trabajo de muestreo con el fin de contar con información de la composición florística completa del AeP considerando que ocupa gran parte de la superficie del proyecto.

Tabla IV. 20 Riqueza especifica de flora en el AeP por estrato y tipo de vegetación para el primer muestreo

ÁREA	TIPO DE VEGETACIÓN O USO DE SUELO	ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR TIPO DE VEGETACIÓN
AeP	Agricultura	Arbóreo	3	39
		Arbustivo	14	
		Cactáceas	7	
		Herbáceo	15	
	Vegetación secundaria arbustiva de matorral	Arbóreo	0	16
		Arbustivo	6	
		Cactáceas	7	
		Herbáceo	3	
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	Arbóreo	3	19
		Arbustivo	5	
		Cactáceas	8	
		Herbáceo	3	

Se registraron 46 especies de flora en el AeP, todas presentes también en el SAR como se muestra más adelante. Del total mencionado, la especie *Cupressus lusitánica* (especie introducida mediante reforestación), se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de sujeta a protección especial (Pr) (Tabla IV.21), 15 especies incluidas en la Lista roja de la UICN están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 en peligro (EN), 1 especie está con datos insuficientes (DD) y 29 especies no tienen ninguna categoría, 9 especies de la familia Cactaceae están registradas dentro del apéndice II del CITES, 14 especies cuentan con una distribución endémica, 9 son exóticas, 2 especies son exóticas-invasoras y 21 especies se consideran nativas. Del total general de las especies registradas en el AeP (46), 39 especies fueron registradas en el uso de suelo agrícola, la riqueza de 16 especies pertenece al matorral crasicaule en estado

secundario arbustivo y 19 especies fueron reconocidas en la vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate.

Tabla IV. 21 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el AeP para el primer muestreo

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM -059-	CITES	UICN
Agrícola								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC
9	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC
12	Arbustos	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C
13	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
14	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
15	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
16	Arbustos	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C
17	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
18	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
19	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
20	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD
21	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC
22	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
23	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
24	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
25	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
26	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
27	Hierbas	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C
28	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano	Nativa	S/C	S/C	S/C
29	Hierbas	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótic/Invasora	S/C	S/C	S/C
30	Hierbas	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C
31	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
32	Hierbas	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C
33	Hierbas	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	S/C
34	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
35	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
36	Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exót(Invasora	S/C	S/C	S/C
37	Hierbas	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C
38	Hierbas	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C
39	Hierbas	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C
Matorral								
1	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
2	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
3	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
8	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
9	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
10	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
11	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
14	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
15	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
16	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
Táscate								
1	Árboles	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
9	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM -059-	CITES	UICN
10	Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	Endémica	S/C	II	EN
11	Cactácea	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
17	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
18	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
19	Hierbas	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

En cuanto al SAR se registraron en total 58 especies, se muestrearon los mismos tipos de vegetación o usos de suelo que los que están presentes en el área del proyecto, para la superficie agrícola, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al herbáceo donde se registraron 21 especies; seguido del arbustivo y cactáceas con una riqueza de 17 y 8 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 5 especies, para la vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, el estrato con mayor riqueza corresponde al cactáceo donde se registraron 9 especies; seguido del arbustivo y herbáceo con una riqueza de 7 y 4 especies respectivamente, el estrato arbóreo registro 2 especies y para el bosque de táscate en su tipo secundario arbustivo, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al de las cactáceas donde se registraron 9 especies; seguido del arbustivo y herbáceo con una riqueza de 8 y 5 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 3 especies (Tabla IV.21).

Del total mencionado (58 especies), tres especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de sujeta a protección especial (Pr), 18 especies incluidas en la Lista roja de la UICN están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 en peligro (EN), 2 especies están con datos insuficientes (DD) y 37 especies no tienen ninguna categoría, 12 especies de la familia Cactaceae están registradas dentro del apéndice II del CITES, 20 especies cuentan con una distribución endémica, 9 son exóticas, 4 especies son exóticas-invasoras y 25 especies se consideran nativas. Del total general de las especies registradas en el SAR (58), 51 especies fueron registradas en el uso de suelo agrícola, la riqueza de 22 especies pertenece a la vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y 25 especies fueron reconocidas en el bosque de táscate secundario arbustivo (Tabla IV.22).

Tabla IV. 22 Riqueza especifica de flora en el SAR por estrato y tipo de vegetación primer muestreo

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DIST	NOM-059	CITES	UICN
Agrícola								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	Nativa	S/C	S/C	LC
4	Árboles	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C
5	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
6	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C

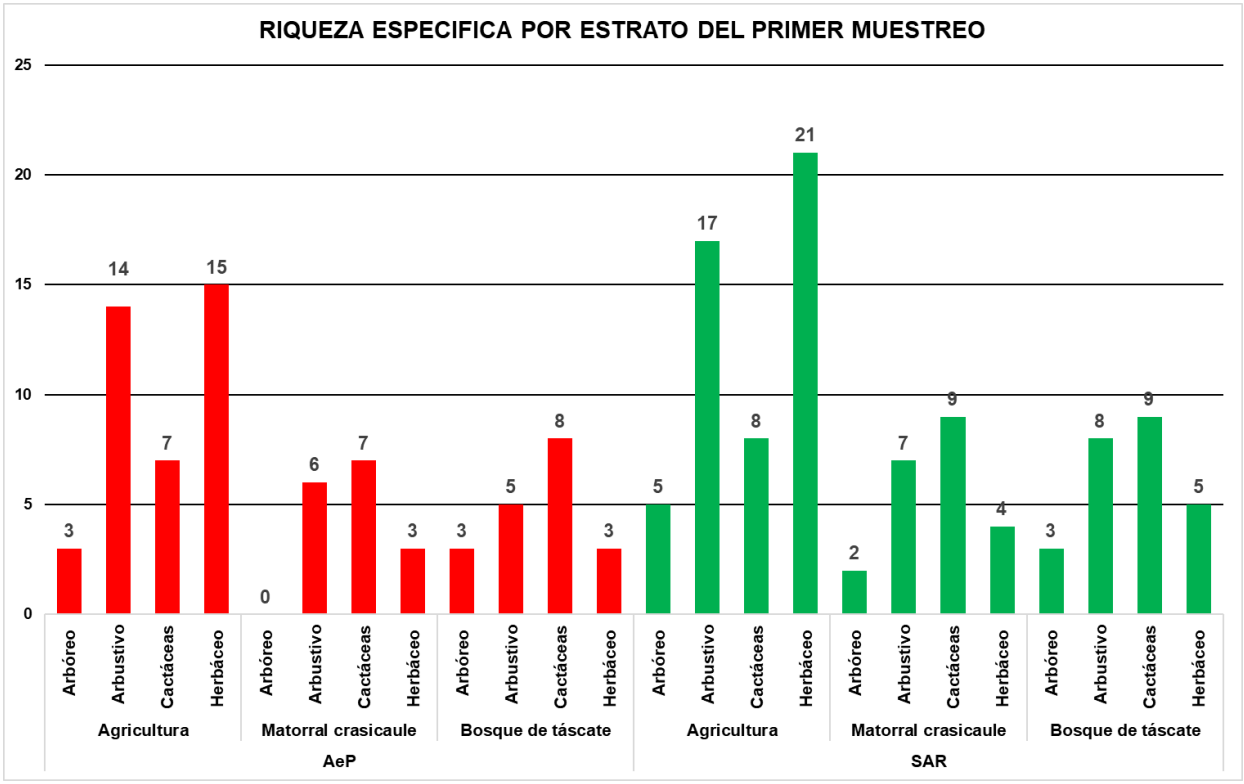
ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DIST	NOM-059	CITES	UICN
7	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Amaranthaceae	*Atriplex muricata*	Atriplex	Endémica	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC
12	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
13	Arbustos	Scrophulariaceae	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	Endémica	S/C	S/C	S/C
14	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
15	Arbustos	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC
16	Arbustos	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C
17	Arbustos	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negritos	Nativa	S/C	S/C	S/C
18	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
19	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
20	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
21	Arbustos	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
23	Cactácea	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
24	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
25	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
26	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD
27	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC
28	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
29	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
30	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
31	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
32	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
33	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
34	Hierbas	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C
35	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
36	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	S/C	S/C	S/C
37	Hierbas	Chenopodiaceae	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa	S/C	S/C	S/C
38	Hierbas	Asteraceae	*Cirsium vulgare*	Cardo común	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
39	Hierbas	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
40	Hierbas	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C
41	Hierbas	Apiaceae	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	Endémica	Pr	S/C	S/C
42	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
43	Hierbas	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C
44	Hierbas	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	S/C
45	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
46	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
47	Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
48	Hierbas	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa	S/C	S/C	S/C
49	Hierbas	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C
50	Hierbas	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C
51	Hierbas	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C
Matorral								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
3	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
10	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
11	Cactáceas	Cactaceae	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	Endémica	S/C	II	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
17	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactáceas	Cactaceae	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	Endémica	Pr	II	LC
19	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
20	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
21	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
Táscate								
1	Árboles	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DIST	NOM-059	CITES	UICN
7	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
12	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	Endémica	S/C	II	EN
14	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
17	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
19	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
20	Cactáceas	Cactaceae	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada	Endémica	S/C	II	DD
21	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
23	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
24	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
25	Hierbas	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

En la Figura IV.28 se aprecia gráficamente la comparación de la riqueza de flora registrada en ambas áreas (AeP y SAR) por estrato y tipo de vegetación y uso de suelo, demostrando que lo muestreado en la superficie del SAR fue en términos generales, muy similar o ligeramente más diverso que en el AeP.

Figura IV. 28 Riqueza especifica por estrato, comunidad y unidad de análisis (primer muestreo)



En lo que refiere a la temporada de otoño (octubre de 2024) segundo muestreo, derivó en el registro de un total de 61 especies vegetales en el AeP y 72 en el SAR (Tabla IV.23) distribuidas en tres comunidades vegetales o usos de suelo que fueron muestreados esto igualmente que los trabajos del primer muestreo. Tanto en el AeP como en el SAR se identificaron 4 estratos vegetativos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceo. Se enfatiza en que tres de las especies registradas en campo durante los muestreos presentan categoría dentro de la Nom-Semarnat-2010 y únicamente 1 especie está presente al interior del área de establecimiento del proyecto y esta especie se observó como especie introducida mediante reforestación, por lo que no es considerada su ubicación de manera natural, se encuentra dentro de la categoría sujeta a protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las especies incluidas en la Lista roja de la UICN, 21 están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 especie en peligro (EN), 2 especies con datos insuficientes (DD) y 48 especies no cuentan con alguna categoría, 12 cactáceas están registradas dentro del apéndice II del CITES, 21 especies presentan una distribución endémica, 11 están consideradas como exóticas, 4 especies son exóticas-invasoras y 36 especies están registradas como nativas.

Tabla IV. 23 Comparativo de especies de flora registradas en el AeP y en el SAR segundo muestreo

ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DIST	NOM-059	CITES	UICN	REGISTRO AeP	REGISTRO SAR
Árboles									
1	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
2	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC	+	+
3	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
4	Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	Nativa	S/C	S/C	LC		+
5	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
6	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC	+	+
Arbustos									
7	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
8	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
9	Asteraceae	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
10	Amaranthaceae	*Atriplex muricata*	Atriplex	Endémica	S/C	S/C	S/C		+
11	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
12	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
13	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
14	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
15	Scrophulariaceae	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	Endémica	S/C	S/C	S/C		+
16	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
17	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
18	Asteraceae	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
19	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
20	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negritos	Nativa	S/C	S/C	S/C		+
21	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
22	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
23	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
24	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
25	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C	+	+
Cactáceas-Opuntias									
26	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC	+	+
27	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	Endémica	S/C	II	EN	+	+
28	Cactaceae	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	Endémica	S/C	II	LC		+
29	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC	+	+
30	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC	+	+
31	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC	+	+
32	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD	+	+
33	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC	+	+
34	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC	+	+
35	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC	+	+
36	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC	+	+
37	Cactaceae	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada	Endémica	Pr	II	LC		+

ID	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DIST	NOM-059	CITES	UICN	REGISTRO AeP	REGISTRO SAR
38	Cactaceae	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	Endémica	S/C	II	DD		+
Hierbas									
39	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
40	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
41	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
42	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
43	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
44	Poaceae	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
45	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
46	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C		+
47	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
48	Chenopodiaceae	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
49	Asteraceae	*Cirsium vulgare*	Cardo común	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C		+
50	Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
51	Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
52	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C	+	+
53	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
54	Apiaceae	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	Endémica	Pr	S/C	S/C		+
55	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Aqujona	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
56	Asteraceae	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
57	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
58	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
59	Fabaceae	*Medicago lupulina*	Carretilla	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
60	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	S/C		+
61	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
62	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
63	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
64	Solanaceae	*Physalis angulata*	Tomatillo	Nativa	S/C	S/C	LC	+	+
65	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C	+	+
66	Polygonaceae	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	Exotica	S/C	S/C	S/C	+	+
67	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
68	Cucurbitaceae	*Sicyos microphyllus*	Amole	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
69	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa	S/C	S/C	S/C	+	+
70	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
71	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
72	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C	+	+
Riqueza específica								**61**	**72**

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

Ahora bien, desglosando la información presentada en la tabla anterior, por uso de suelo en cada área muestreada de los trabajos relacionados a la segunda campaña, se tiene que en el AeP para la superficie agrícola, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al herbáceo donde se registraron 26 especies; seguido del arbustivo y cactáceas con una riqueza de 15 y 7 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 3 especies, para la vegetación secundaria de matorral crasicaule, el estrato con mayor riqueza corresponde al herbáceo donde se registraron 9 especies; seguido del arbustivo y cactáceo con una riqueza de 8 y 7 especies respectivamente, el estrato arbóreo no registro individuos presentes lo que denota que es una vegetación secundaria y para el bosque de táscate en estado secundario arbustivo, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al de las cactáceas y hierbas donde se registraron 8 especies respectivamente; seguido del arbustivo con una riqueza de 7 especies, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 3 especies (Tabla IV.24).

Tabla IV. 24 Riqueza especifica de flora en el AeP por estrato y tipo de vegetación para el segundo muestreo

ÁREA	TIPO DE VEGETACIÓN O USO DE SUELO	ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR TIPO DE VEGETACIÓN
AeP	Agricultura	Arbóreo	3	51
		Arbustivo	15	
		Cactáceas	7	
		Herbáceo	26	
	Vegetación secundaria arbustiva de matorral	Arbóreo	0	24
		Arbustivo	8	
		Cactáceas	7	
		Herbáceo	9	
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	Arbóreo	3	26
		Arbustivo	7	
		Cactáceas	8	
		Herbáceo	8	

Se registraron 61 especies de flora en el AeP, todas presentes también en el SAR como se muestra más adelante. Del total mencionado, la especie *Cupressus lusitánica* (especie introducida mediante reforestación), se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de sujeta a protección especial (Pr) (Tabla IV.25), 18 especies incluidas en la Lista roja de la UICN están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 en peligro (EN), 1 especie está con datos insuficientes (DD) y 41 especies no tienen ninguna categoría, 9 especies de la familia Cactaceae están registradas dentro del apéndice II del CITES, 15 especies cuentan con una distribución endémica, 10 son exóticas, 2 especies son exóticas-invasoras y 34 especies se consideran nativas.

Del total general de las especies registradas en el AeP (61), 51 especies fueron registradas en el uso de suelo agrícola, la riqueza de 24 especies pertenece al matorral crasicaule en estado secundario arbustivo y 26 especies fueron reconocidas en la vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate.

Tabla IV. 25 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el AeP para el segundo muestreo

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
Agrícola								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC
9	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC
12	Arbustos	Asteraceae	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Nativa	S/C	S/C	S/C
13	Arbustos	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C
14	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
15	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
16	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
17	Arbustos	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C
18	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
19	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
20	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
21	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD
22	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC
23	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
24	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
25	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
26	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC
27	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
28	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
29	Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
30	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
31	Hierbas	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C
32	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	S/C	S/C	S/C
33	Hierbas	Chenopodiaceae	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa	S/C	S/C	S/C
34	Hierbas	Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa	S/C	S/C	S/C
35	Hierbas	Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa	S/C	S/C	S/C
36	Hierbas	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
37	Hierbas	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C
38	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
39	Hierbas	Asteraceae	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa	S/C	S/C	S/C
40	Hierbas	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC
41	Hierbas	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C
42	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
43	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
44	Hierbas	Solanaceae	*Physalis angulata*	Tomatillo	Nativa	S/C	S/C	LC
45	Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
46	Hierbas	Polygonaceae	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	Exotica	S/C	S/C	S/C
47	Hierbas	Cucurbitaceae	*Sicyos microphyllus*	Amole	Nativa	S/C	S/C	S/C
48	Hierbas	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa	S/C	S/C	S/C
49	Hierbas	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C
50	Hierbas	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C
51	Hierbas	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C
Matorral								
1	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
2	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
3	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
9	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
10	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
11	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
16	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC
17	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
18	Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
19	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
20	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
21	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Hierbas	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC
23	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
24	Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C
Táscate								
1	Árboles	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Endémica	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
11	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	Endémica	S/C	II	EN
13	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
17	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
19	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC
20	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
21	Hierbas	Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Hierbas	Asteraceae	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa	S/C	S/C	S/C
23	Hierbas	Fabaceae	*Medicago lupulina*	Carretilla	Exótica	S/C	S/C	S/C
24	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
25	Hierbas	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C
26	Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

En cuanto al SAR se registraron en total 72 especies, igualmente se muestrearon los mismos tipos de vegetación o usos de suelo registrados en el primer muestreo (enero 2024) y que son coincidentes con el área del proyecto, para la superficie agrícola, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al herbáceo donde se registraron 33 especies; seguido del arbustivo y cactáceas con una riqueza de 19 y 8 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 5 especies, para la vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, el estrato con mayor riqueza corresponde al herbáceo donde se registraron 12 especies; seguido del cactáceas y arbustivo con una riqueza de 9 y 8 especies respectivamente, el estrato arbóreo registro 2 especies y para el bosque de táscate en su tipo secundario arbustivo, el estrato con mayor riqueza especifica corresponde al de las hierbas donde se registraron 15 especies; seguido del arbustivo y cactáceas con una riqueza de 10 y 9 especies respectivamente, el estrato menos diverso fue el arbóreo donde únicamente se cuenta con 3 especies (Tabla IV.26).

Del total mencionado (72 especies), tres especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de sujeta a protección especial (Pr), 21 especies incluidas en la Lista roja de la UICN están consideradas en el estatus de preocupación menor (LC), 1 en peligro (EN), 2 especies están con datos insuficientes (DD) y 48 especies no tienen ninguna categoría, 12 especies de la familia Cactaceae están registradas dentro del apéndice II del CITES, 21 especies cuentan con una distribución endémica, 11 son exóticas, 4 especies son exóticas-invasoras y 36 especies se consideran nativas. Del total general de las especies registradas en el SAR (72), 65 especies fueron registradas en el uso de suelo agrícola, la riqueza de 31 especies pertenece a la vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y 37 especies fueron reconocidas en el bosque de táscate secundario arbustivo (Tabla IV.27).

En la Figura IV.29 se aprecia gráficamente la comparación de la riqueza de flora registrada en ambas áreas (AeP y SAR) por estrato y tipo de vegetación y uso de suelo, demostrando que lo muestreado en la segunda campaña en la superficie del SAR fue en términos generales, muy similar o ligeramente más diverso que en el AeP.

Tabla IV. 26 Riqueza especifica de flora en el SAR por estrato y tipo de vegetación segundo muestreo

ÁREA	TIPO DE VEGETACIÓN O USO DE SUELO	ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR ESTRATO	RIQUEZA ESPECIFICA POR TIPO DE VEGETACIÓN
SAR	Agricultura	Arbóreo	5	65
		Arbustivo	19	
		Cactáceas	8	
		Herbáceo	33	
	Vegetación secundaria arbustiva de matorral	Arbóreo	2	31
		Arbustivo	8	
		Cactáceas	9	
		Herbáceo	12	
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	Arbóreo	3	37
		Arbustivo	10	
		Cactáceas	9	
		Herbáceo	15	

Tabla IV. 27 Especies de flora por estrato y comunidad vegetal registradas en el SAR segundo muestreo

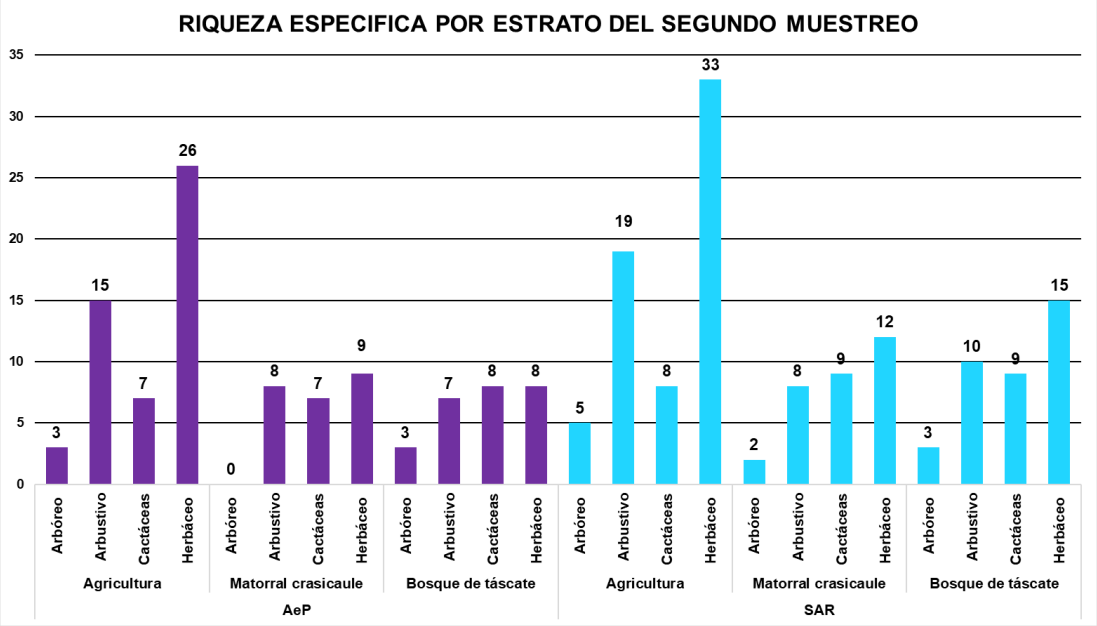
ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
Agrícola								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	Nativa	S/C	S/C	LC
4	Árboles	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	S/C	S/C	S/C
5	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
6	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Endémica	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Amaranthaceae	*Atriplex muricata*	Atriplex	Endémica	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
12	Arbustos	Asteraceae	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	S/C	S/C	LC
13	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
14	Arbustos	Scrophulariaceae	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	Endémica	S/C	S/C	S/C
15	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
16	Arbustos	Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	S/C	S/C	LC
17	Arbustos	Asteraceae	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Nativa	S/C	S/C	S/C
18	Arbustos	Asteraceae	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	S/C	S/C	S/C
19	Arbustos	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negritos	Nativa	S/C	S/C	S/C
20	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
21	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
22	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
23	Arbustos	Solanaceae	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	S/C	S/C	S/C
24	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
25	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
26	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
27	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
28	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	S/C	II	DD
29	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	S/C	II	LC
30	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
31	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
32	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
33	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC
34	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
35	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
36	Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
37	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
38	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
39	Hierbas	Brassicaceae	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	S/C	S/C	S/C
40	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótic/Invasora	S/C	S/C	S/C
41	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	S/C	S/C	S/C
42	Hierbas	Chenopodiaceae	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa	S/C	S/C	S/C
43	Hierbas	Asteraceae	*Cirsium vulgare*	Cardo común	Exótic/Invasora	S/C	S/C	S/C
44	Hierbas	Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa	S/C	S/C	S/C
45	Hierbas	Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa	S/C	S/C	S/C
46	Hierbas	Geraniaceae	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
47	Hierbas	Brassicaceae	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	S/C	S/C	S/C

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
48	Hierbas	Apiaceae	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	Endémica	Pr	S/C	S/C
49	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
50	Hierbas	Asteraceae	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa	S/C	S/C	S/C
51	Hierbas	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC
52	Hierbas	Poaceae	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	S/C	S/C	S/C
53	Hierbas	Fabaceae	*Medicago lupulina*	Carretilla	Exótica	S/C	S/C	S/C
54	Hierbas	Fabaceae	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	S/C	S/C	S/C
55	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
56	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
57	Hierbas	Solanaceae	*Physalis angulata*	Tomatillo	Nativa	S/C	S/C	LC
58	Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	S/C	S/C	S/C
59	Hierbas	Polygonaceae	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	Exotica	S/C	S/C	S/C
60	Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C
61	Hierbas	Cucurbitaceae	*Sicyos microphyllus*	Amole	Nativa	S/C	S/C	S/C
62	Hierbas	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa	S/C	S/C	S/C
63	Hierbas	Asteraceae	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	S/C	S/C	S/C
64	Hierbas	Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	S/C	S/C	S/C
65	Hierbas	Poaceae	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	S/C	S/C	S/C
Matorral								
1	Árboles	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	S/C	S/C	LC
2	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
3	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
4	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
11	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
12	Cactáceas	Cactaceae	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	Endémica	S/C	II	LC
13	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
14	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
16	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
17	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
19	Cactáceas	Cactaceae	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada	Endémica	Pr	II	LC
20	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC
21	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
22	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
23	Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
24	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
25	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
26	Hierbas	Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa	S/C	S/C	S/C
27	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
28	Hierbas	Asteraceae	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa	S/C	S/C	LC
29	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	S/C	S/C	S/C
30	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
31	Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C
Táscate								
1	Árboles	Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	Pr	S/C	LC
2	Árboles	Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	S/C	S/C	LC
3	Árboles	Asparagaceae	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	S/C	S/C	LC
4	Arbustos	Rhamnaceae	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	S/C	S/C	S/C
5	Arbustos	Asteraceae	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Endémica	S/C	S/C	S/C
6	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	S/C	S/C	S/C
7	Arbustos	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	S/C	S/C	S/C
8	Arbustos	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	S/C	S/C	S/C
9	Arbustos	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	S/C	S/C	S/C
10	Arbustos	Lamiaceae	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	S/C	S/C	S/C
11	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	S/C	S/C	S/C
12	Arbustos	Lamiaceae	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	S/C	S/C	S/C
13	Arbustos	Asteraceae	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	S/C	S/C	S/C
14	Cactáceas	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	S/C	S/C	LC
15	Cactáceas	Cactaceae	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	Endémica	S/C	II	EN
16	Cactáceas	Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
17	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	Endémica	S/C	II	LC
18	Cactáceas	Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	S/C	II	LC
19	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	S/C	II	LC
20	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	S/C	II	LC
21	Cactáceas	Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	S/C	II	LC
22	Cactáceas	Cactaceae	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada	Endémica	S/C	II	DD
23	Hierbas	Asteraceae	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa	S/C	S/C	LC

ID	ESTRATO	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	CITES	UICN
24	Hierbas	Papaveraceae	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	S/C	S/C	S/C
25	Hierbas	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	S/C	S/C	S/C
26	Hierbas	Apocynaceae	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa	S/C	S/C	S/C
27	Hierbas	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	S/C	S/C	LC
28	Hierbas	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Exótic/Invasora	S/C	S/C	S/C
29	Hierbas	Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa	S/C	S/C	S/C
30	Hierbas	Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa	S/C	S/C	S/C
31	Hierbas	Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	S/C	S/C	S/C
32	Hierbas	Asteraceae	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa	S/C	S/C	S/C
33	Hierbas	Fabaceae	*Medicago lupulina*	Carretilla	Exótica	S/C	S/C	S/C
34	Hierbas	Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	S/C	S/C	S/C
35	Hierbas	Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	S/C	S/C	S/C
36	Hierbas	Resedaceae	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótic/Invasora	S/C	S/C	S/C
37	Hierbas	Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa	S/C	S/C	S/C

Acotaciones:
S/C) Sin Categoría
Pr) Especie sujeta a protección especial dentro de la NOM-059SEMARNAT-2010
II) Numero de categoría de apéndice
LC) Especies en preocupación menor
EN) En peligro
DD) Datos insuficientes
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

Figura IV. 29 Riqueza especifica por estrato, comunidad y unidad de análisis muestreada segundo muestreo



Adicionalmente, se desarrolló trabajo complementario el cual hace un análisis comparativo en la diversidad estructural de especies durante la temporada invierno (primer muestreo enero 2024) y otoño (segundo muestreo octubre 2014) tanto del AeP como del SAR, esto únicamente para determinar la composición y estructura de la vegetación de un ecosistema en diversos estados y condiciones, donde los resultados se muestran en los párrafos siguientes.

Los resultados se obtuvieron durante la temporada de invierno (enero) de 2024 y otoño (octubre) de 2024, el análisis comparativo está conformado por 38 puntos de muestreo para el AeP y 56 para el SAR por cada temporada, es importante mencionar que los sitios de muestreo fueron levantados en la misma ubicación en

las dos temporadas esto para tener una visión precisa de la variación potencial en cuanto a la ausencia/presencia de especies representativas del sitio y a nivel de ecosistema, la muestra previamente establecida fue en sitios circulares de 500, 100 y 1 m2, donde en cada punto de muestreo se registraron datos dasométricos de altura, cobertura de copa, diámetro y frecuencia por especie, a fin de conocer la cobertura de los taxa presentes por cada punto de muestreo.

Se observa el aumento **de 14 especies** (2 diferentes especies de arbustos y 12 especies de hierbas) entre **temporada de invierno y otoño,** muy seguramente por el aumento **en cuanto a la humedad lo que beneficia el crecimiento de la flora, reproduce su composición y disminuye el estrés en la vegetación**, por lo que estos factores pueden propiciar en el aumento de los números de individuos y/o especies tal cual lo muestra la Tabla IV.28

Tabla IV. 28 Comparativa riqueza especifica por especie entre primer y segundo muestreo

ID	ESTRATO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MUESTREOS			
				PRIMERO		SEGUNDO	
				FRECUENCIA	REGISTRO	FRECUENCIA	REGISTRO
1	Árboles	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	6	+	6	+
2	Árboles	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	22	+	22	+
3	Árboles	*Juniperus deppeana*	Sabino	74	+	74	+
4	Árboles	*Prunus serotina*	Capulín	1	+	1	+
5	Árboles	*Schinus molle*	Pirul	3	+	3	+
6	Árboles	*Yucca filifera*	Palma pita	5	+	5	+
7	Arbustos	*Adolphia infesta*	Abrojo	153	+	151	+
8	Arbustos	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	10	+	10	+
9	Arbustos	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	1/NR	1/NR	25	+
10	Arbustos	*Atriplex muricata*	Atriplex	17	+	17	+
11	Arbustos	*Baccharis conferta*	Azoyate	417	+	427	+
12	Arbustos	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	104	+	104	+
13	Arbustos	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	24	+	24	+
14	Arbustos	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	107	+	117	+
15	Arbustos	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	1	+	1	+
16	Arbustos	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	15	+	15	+
17	Arbustos	*Dalea bicolor*	Engordacabra	6	+	6	+
18	Arbustos	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	1/NR	1/NR	12	+
19	Arbustos	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5	+	5	+
20	Arbustos	*Lantana camara*	Cinco negritos	6	+	6	+
21	Arbustos	*Marrubium vulgare*	Marrubio	28	+	26	+
22	Arbustos	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	44	+	63	+
23	Arbustos	*Salvia microphylla*	Mirto chico	81	+	84	+
24	Arbustos	*Solanum americanum*	Hierba mora	9	+	9	+
25	Arbustos	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	97	+	195	+
26	Cactáceas-Opuntias	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	1903	+	1913	+
27	Cactáceas-Opuntias	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	3	+	3	+
28	Cactáceas-Opuntias	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	1	+	1	+
29	Cactáceas-Opuntias	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	548	+	548	+
30	Cactáceas-Opuntias	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	355	+	355	+
31	Cactáceas-Opuntias	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	761	+	757	+
32	Cactáceas-Opuntias	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	98	+	98	+
33	Cactáceas-Opuntias	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	12	+	12	+
34	Cactáceas-Opuntias	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	688	+	688	+
35	Cactáceas-Opuntias	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	331	+	331	+
36	Cactáceas-Opuntias	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	253	+	253	+
37	Cactáceas-Opuntias	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada	4	+	4	+
38	Cactáceas-Opuntias	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada	1	+	1	+
39	Hierbas	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	2/NR	2/NR	34	+
40	Hierbas	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	15	+	24	+
41	Hierbas	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	63	+	69	+
42	Hierbas	*Asclepias linaria*	Pinillo	2/NR	2/NR	14	+
43	Hierbas	*Bouteloua gracilis*	Navajita	38	+	51	+
44	Hierbas	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	2/NR	2/NR	20	+
45	Hierbas	*Brassica rapa*	Mostaza	196	+	192	+
46	Hierbas	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13	+	13	+

ID	ESTRATO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MUESTREOS			
				PRIMERO		SEGUNDO	
				FRECUENCIA	REGISTRO	FRECUENCIA	REGISTRO
47	Hierbas	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	3	+	22	+
48	Hierbas	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	10	+	20	+
49	Hierbas	*Cirsium vulgare*	Cardo común	4	+	4	+
50	Hierbas	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	2/NR	2/NR	20	+
51	Hierbas	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	2/NR	2/NR	34	+
52	Hierbas	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	5	+	5	+
53	Hierbas	*Eruca vesicaria*	Arúgula	107	+	102	+
54	Hierbas	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	4	+	4	+
55	Hierbas	*Geranium seemannii*	Agujona	18	+	53	+
56	Hierbas	*Helenium mexicanum*	Cabezona	2/NR	2/NR	21	+
57	Hierbas	*Helianthus annuus*	Acahual	2/NR	2/NR	40	+
58	Hierbas	*Hordeum vulgare*	Cebada	163	+	190	+
59	Hierbas	*Medicago lupulina*	Carretilla	2/NR	2/NR	25	+
60	Hierbas	*Medicago sativa*	Alfalfa	23	+	12	+
61	Hierbas	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	18	+	15	+
62	Hierbas	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	68	+	65	+
63	Hierbas	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11	+	13	+
64	Hierbas	*Physalis angulata*	Tomatillo	2/NR	2/NR	16	+
65	Hierbas	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	7	+	24	+
66	Hierbas	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	2/NR	2/NR	10	+
67	Hierbas	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	2/NR	2/NR	89	+
68	Hierbas	*Sicyos microphyllus*	Amole	2/NR	2/NR	7	+
69	Hierbas	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3	+	32	+
70	Hierbas	*Sonchus asper*	Cerraja	4	+	6	+
71	Hierbas	*Taraxacum officinale*	Diente de león	10	+	6	+
72	Hierbas	*Triticum aestivum*	Trigo	220	+	382	+
TOTAL				**7196**	**58**	**8006**	**72**

Acotaciones:
1/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (arbusto)
2/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (herbácea)

Durante el primer muestreo realizado en la temporada invierno (enero de 2024), se registraron 28 individuos de árboles de 5 especies diferentes, 404 individuos de arbustos de 14 especies, 1,914 ejemplares del estrato de las cactáceas de las 10 especies registradas y 479 individuos de las 17 especies reportadas para el estrato herbáceo, lo que da un total de 2,825 registros de 46 diferentes especies en 38 puntos de muestreo levantados (Tabla IV.29).

En lo que refiere a la temporada de otoño (octubre de 2024) segundo muestreo, para el estrato arbóreo se contabilizaron 28 individuos de 5 diferentes especies, en el arbustivo fueron 488 individuos de 16 especies, en el estrato de las cactáceas se contaron 1,924 ejemplares de 10 diferentes especies y para el estrato de las hierbas fueron 729 individuos de 30 especies, lo que da un total de 3,169 individuos de 61 diferentes especies (Tabla IV.29).

Se observa el aumento mínimo de individuos donde 344 ejemplares no fueron registrados en comparación con el primer muestreo, esto podría derivarse de la anualidad de las especies donde aparentemente para el primer muestreo ya habían desarrollado todo su ciclo de vida, es decir que salieron de la semilla, crecieron, se desarrollaron, produjeron flores-frutos y concluyeron con su ciclo dejando semillas en estado latente asegurando que esta germine en cierto momento en que las condiciones ambientales sean propicias para el desarrollo del nuevo individuo esto durante los muestreos del segundo periodo.

Tabla IV. 29 Comparativa presencia/ausencia de especies entre primer y segundo muestreo del AeP

ID	ESTRATO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MUESTREOS			
				PRIMERO		SEGUNDO	
				FRECUENCIA	REGISTRO	FRECUENCIA	REGISTRO
1	Árboles	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	2	+	2	+
2	Árboles	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	10	+	10	+
3	Árboles	*Juniperus deppeana*	Sabino	14	+	14	+
4	Árboles	*Schinus molle*	Pirul	1	+	1	+
5	Árboles	*Yucca filifera*	Palma pita	1	+	1	+
6	Arbustos	*Adolphia infesta*	Abrojo	77	+	77	+
7	Arbustos	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	3	+	3	+
8	Arbustos	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	1/NR	1/NR	6	+
9	Arbustos	*Baccharis conferta*	Azoyate	127	+	139	+
10	Arbustos	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	51	+	51	+
11	Arbustos	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	4	+	4	+
12	Arbustos	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	68	+	76	+
13	Arbustos	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	6	+	6	+
14	Arbustos	*Dalea bicolor*	Engordacabra	2	+	2	+
15	Arbustos	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	1/NR	1/NR	5	+
16	Arbustos	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	3	+	3	+
17	Arbustos	*Marrubium vulgare*	Marrubio	3	+	1	+
18	Arbustos	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	16	+	27	+
19	Arbustos	*Salvia microphylla*	Mirto chico	31	+	31	+
20	Arbustos	*Solanum americanum*	Hierba mora	3	+	3	+
21	Arbustos	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	10	+	54	+
22	Agavacea	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	967	+	977	+
23	Cactácea	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	1	+	1	+
24	Cactácea	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	218	+	218	+
25	Cactácea	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	167	+	167	+
26	Cactácea	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	37	+	37	+
27	Cactácea	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	78	+	78	+
28	Cactácea	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	1	+	1	+
29	Cactácea	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	242	+	242	+
30	Cactácea	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	133	+	133	+
31	Cactácea	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	70	+	70	+
32	Hierbas	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	2/NR	2/NR	9	+
33	Hierbas	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	5	+	8	+
34	Hierbas	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	9	+	25	+
35	Hierbas	*Asclepias linaria*	Pinillo	2/NR	2/NR	2	+
36	Hierbas	*Bouteloua gracilis*	Navajita	10	+	25	+
37	Hierbas	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	2/NR	2/NR	2	+
38	Hierbas	*Brassica rapa*	Mostaza	90	+	100	+
39	Hierbas	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	1	+	10	+
40	Hierbas	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	2/NR	2/NR	5	+
41	Hierbas	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	2/NR	2/NR	6	+
42	Hierbas	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	2/NR	2/NR	11	+
43	Hierbas	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	2	+	2	+
44	Hierbas	*Eruca vesicaria*	Arúgula	78	+	75	+
45	Hierbas	*Geranium seemannii*	Agujona	8	+	10	+
46	Hierbas	*Helenium mexicanum*	Cabezona	2/NR	2/NR	9	+
47	Hierbas	*Helianthus annuus*	Acahual	2/NR	2/NR	19	+
48	Hierbas	*Hordeum vulgare*	Cebada	76	+	92	+
49	Hierbas	*Medicago lupulina*	Carretilla	2/NR	2/NR	4	+
50	Hierbas	*Medicago sativa*	Alfalfa	11	+	2/NR	2/NR
51	Hierbas	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	7	+	4	+
52	Hierbas	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	37	+	33	+
53	Hierbas	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	7	+	9	+
54	Hierbas	*Physalis angulata*	Tomatillo	2/NR	2/NR	2	+
55	Hierbas	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2	+	10	+
56	Hierbas	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	2/NR	2/NR	3	+
57	Hierbas	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	2/NR	2/NR	24	+
58	Hierbas	*Sicyos microphyllus*	Amole	2/NR	2/NR	4	+
59	Hierbas	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	2/NR	2/NR	13	+
60	Hierbas	*Sonchus asper*	Cerraja	1	+	1	+
61	Hierbas	*Taraxacum officinale*	Diente de león	5	+	2	+
62	Hierbas	*Triticum aestivum*	Trigo	130	+	210	+
Total				**2,825**	**46**	**3,169**	**61**

Acotaciones:
1/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (arbusto)
2/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (herbácea)

La comparativa para la superficie del SAR entre los muestreos (primero enero 2024 invierno y segundo octubre 2024 otoño) reporta lo siguiente.

Para el primer muestreo realizado en temporada de invierno (enero de 2024), se registró una riqueza de 58 especies de plantas donde se contabilizaron 4,371 individuos pertenecientes a 4 diferentes estratos, de las 58 especies reportadas, 6 son árboles y se contabilizaron 83 individuos, 17 especies son arbustivas y se registraron 720 individuos, 13 especies son del estrato de las cactáceas y se contó un total de 3,044 ejemplares, las ultimas 22 especies pertenecen a las hierbas donde se registró un total de 524 individuos (Tabla IV.30).

En lo que respecta al segundo muestreo realizado en temporada de otoño (enero de 2024), la riqueza fue de 72 especies con un registro de 4,837 individuos, el comparativo entre los muestreos permite identificar que se **generó un aumento** tanto de especies como de individuos contabilizados, del total de especies registradas, 6 especies son arbóreas con un total de 83 individuos, 19 especies con 809 individuos son arbustivas, 13 especies con 3,040 individuos son del estrato de las cactáceas y 34 especies con 905 individuos registrados son herbáceas (Tabla IV.30).

La diferencia en cuanto al total de individuos registrados entre el primer y segundo muestreo levantados fue de 466 ejemplares, lo que muestra claramente que la mejor temporada para obtener la mayor cantidad de especies es la temporada de otoño una vez que se termine la temporada de lluvias.

Tabla IV. 30 Comparativa presencia/ausencia de especies entre primer y segundo muestreo del SAR

ID	ESTRATO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MUESTREOS			
				PRIMERO		SEGUNDO	
				FRECUENCIA	REGISTRO	FRECUENCIA	REGISTRO
1	Árboles	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	4	+	4	+
2	Árboles	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	12	+	12	+
3	Árboles	*Juniperus deppeana*	Sabino	60	+	60	+
4	Árboles	*Prunus serotina*	Capulín	1	+	1	+
5	Árboles	*Schinus molle*	Pirul	2	+	2	+
6	Árboles	*Yucca filifera*	Palma pita	4	+	4	+
7	Arbustos	*Adolphia infesta*	Abrojo	76	+	74	+
8	Arbustos	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	7	+	7	+
9	Arbustos	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	1/NR	1/NR	19	+
10	Arbustos	*Atriplex muricata*	Atriplex	17	+	17	+
11	Arbustos	*Baccharis conferta*	Azoyate	290	+	288	+
12	Arbustos	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	53	+	53	+
13	Arbustos	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	20	+	20	+
14	Arbustos	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	39	+	41	+
15	Arbustos	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	1	+	1	+
16	Arbustos	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	9	+	9	+
17	Arbustos	*Dalea bicolor*	Engordacabra	4	+	4	+
18	Arbustos	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	1/NR	1/NR	7	+
19	Arbustos	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	2	+	2	+
20	Arbustos	*Lantana camara*	Cinco negritos	6	+	6	+
21	Arbustos	*Marrubium vulgare*	Marrubio	25	+	25	+
22	Arbustos	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	28	+	36	+
23	Arbustos	*Salvia microphylla*	Mirto chico	50	+	53	+
24	Arbustos	*Solanum americanum*	Hierba mora	6	+	6	+
25	Arbustos	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	87	+	141	+
26	Cactáceas	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	936	+	936	+
27	Cactáceas	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	2	+	2	+
28	Cactáceas	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	1	+	1	+
29	Cactáceas	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	330	+	330	+

ID	ESTRATO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MUESTREOS			
				PRIMERO		SEGUNDO	
				FRECUENCIA	REGISTRO	FRECUENCIA	REGISTRO
30	Cactáceas	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	188	+	188	+
31	Cactáceas	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	724	+	720	+
32	Cactáceas	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	20	+	20	+
33	Cactáceas	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	11	+	11	+
34	Cactáceas	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	446	+	446	+
35	Cactáceas	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	198	+	198	+
36	Cactáceas	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	183	+	183	+
37	Cactáceas	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada	4	+	4	+
38	Cactáceas	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga	1	+	1	+
39	Hierbas	*Achillea millefolium*	Milenrama	2/NR	2/NR	25	+
40	Hierbas	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	10	+	16	+
41	Hierbas	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	54	+	44	+
42	Hierbas	*Asclepias linaria*	Pinillo	2/NR	2/NR	12	+
43	Hierbas	*Bouteloua gracilis*	Navajita	28	+	26	+
44	Hierbas	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	2/NR	2/NR	18	+
45	Hierbas	*Brassica rapa*	Mostaza	106	+	92	+
46	Hierbas	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13	+	13	+
47	Hierbas	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano	2	+	12	+
48	Hierbas	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	10	+	15	+
49	Hierbas	*Cirsium vulgare*	Cardo común	4	+	4	+
50	Hierbas	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	2/NR	2/NR	14	+
51	Hierbas	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	2/NR	2/NR	23	+
52	Hierbas	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	3	+	3	+
53	Hierbas	*Eruca vesicaria*	Arúgula	29	+	27	+
54	Hierbas	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	4	+	4	+
55	Hierbas	*Geranium seemannii*	Agujona	10	+	43	+
56	Hierbas	*Helenium mexicanum*	Cabezona	2/NR	2/NR	12	+
57	Hierbas	*Helianthus annuus*	Acahual	2/NR	2/NR	21	+
58	Hierbas	*Hordeum vulgare*	Cebada	87	+	98	+
59	Hierbas	*Medicago lupulina*	Carretilla	2/NR	2/NR	21	+
60	Hierbas	*Medicago sativa*	Alfalfa	12	+	12	+
61	Hierbas	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	11	+	11	+
62	Hierbas	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	31	+	32	+
63	Hierbas	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	4	+	4	+
64	Hierbas	*Physalis angulata*	Tomatillo	2/NR	2/NR	14	+
65	Hierbas	*Reseda luteola*	Acelguilla	5	+	14	+
66	Hierbas	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	2/NR	2/NR	7	+
67	Hierbas	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	2/NR	2/NR	65	+
68	Hierbas	*Sicyos microphyllus*	Amole	2/NR	2/NR	3	+
69	Hierbas	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	3	+	19	+
70	Hierbas	*Sonchus asper*	Cerraja	3	+	5	+
71	Hierbas	*Taraxacum officinale*	Diente de león	5	+	4	+
72	Hierbas	*Triticum aestivum*	Trigo	90	+	172	+
			Total	**4,371**	**58**	**4,837**	**72**

Acotaciones:
1/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (arbusto)
2/NR: No se registró la presencia de individuos de esta especie (herbácea)

En general, la riqueza de los sitios de muestreo en ambas temporadas se considera como baja y la diferencia significativa observada en la combinación de sitio-temporada se debe a que la mayoría de sitios con su respecto a las temporadas no presentan semejanzas en las riquezas específicas, ni en el número de individuos. Esta variación responde, en gran parte, a la cantidad de humedad que se registra en las diferentes temporadas (invierno-otoño). Se observa que durante la época de otoño (segundo muestreo octubre 2024) la riqueza especifica por especie y estrato es mayor a la registrada en la época de invierno (primer muestreo enero 2024), evidenciando que una de las mejores épocas para realizar registros de flora es la temporada de otoño tal y como se ejecutó durante la caracterización de la vegetación del AeP y su SAR.

Confiabilidad y representatividad estadística del muestreo

La descripción más precisa de una población es el resultado de mediciones detalladas de todos y cada uno de sus miembros, lo que comúnmente se conoce como censo. Sin embargo, realizar un censo forestal tomaría demasiado tiempo, situación que rebasa los alcances de una MIA, por cual, en su lugar se tiene que seleccionar una muestra que represente a la población.

Gran parte del trabajo estadístico se hace mediante muestreos, los cuales miden una parte de la población, esta suele ser pequeña pero representativa. Los cálculos basados en los datos recopilados a partir de un muestreo se extrapolan al conjunto de la población, cuya mayor parte no se ha analizado, ya que lo registrado en los muestreos es la parte que representa a la población, cuyas características reproducen en pequeño. Si la muestra es representativa y homogénea del total de la población, la estimación será precisa y será menos probable que se desvíe del valor real de la población.

En este sentido, la determinación del número de puntos de muestreo es la base del diseño de la metodología; y si bien, es sabido que entre más puntos sean es mejor debido a que el porcentaje de error disminuye, generalmente existen limitaciones, por lo que **biólogos y ecólogos recurren a diversos métodos como auxiliadores en la determinación del número adecuado de muestras, para que el muestreo sea estadísticamente representativo y que los datos tengan una distribución normal** (Bautista, *et al.,* 2011 Op Cit.; Mostacedo y Fredericksen, 2000 Op. Cit.).

En el análisis de comunidades biológicas, se requiere que los datos se aproximen a una distribución normal (Rocha *et al*., 2012[37]), debido a que **la distribución normal de los datos de un muestreo da certeza de que la muestra extraída es representativa**, ya que todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos, es decir, el muestreo es probabilístico y aleatorio. En este tipo de muestreos, es necesario establecer *a priori* límites de confiabilidad, también conocidos como **intervalos de confianza (IC),** que corresponde a un intervalo de valores que se asocia a un **nivel de confianza,** entendido éste como la probabilidad con la que el método dará una respuesta correcta, los niveles de confianza habitualmente usados son el 90%, 95% y del 99%. La elección de un nivel de confianza es un compromiso entre hacer declaraciones con una razonable probabilidad de acertar. Es decir, hay que interpretarlo como el porcentaje de casos en que se acierta, mientras que en el resto se falla (Barón López y Téllez Montiel, 2004[38]).

En este contexto, el complemento del nivel de confianza, con frecuencia se denota con alfa griega minúscula y se denomina "**nivel de significancia",** que es la probabilidad máxima con la que se estaría dispuesto a arriesgarse a rechazar una hipótesis, cuando debe aceptarse, en otras palabras, es la probabilidad de fallar. El valor de alfa deriva del nivel de confianza, por ejemplo, si se elige un nivel de confianza del 95%, el nivel de significancia es el 5% restante, que indica que existen aproximadamente 5 posibilidades en 100 de que se cometa un error, y una confianza del 95% de haber acertado (Spiegel y Stephens, 2002[39]).

Por otro lado, uno de los criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra es la **homogeneidad espacial** de la variable o población a estudiarse, ante esta situación, los ecólogos utilizan ciertas herramientas para mantener la representatividad y confiabilidad estadística de un muestreo (Mostacedo y Fredericksen, 2000 *Op cit*.). Para dejarlo más claro, en diversas ciencias, mucha gente cree, incorrectamente, que el tamaño de la muestra debe ser algún porcentaje de la población[ix], cuando en realidad el tamaño es irrelevante (Triola, 2004[40]); en estudios de vegetación, **el número de sitios de muestreo aumenta mucho cuanto más heterogénea sea la variable** (Mostacedo y Fredericksen, 2000 Op cit.)**, y viceversa, cuanto más homogénea sea, con menos sitios de muestreo quedará representada la variable de estudio.** En este sentido, entendemos por homogeneidad, que la distribución (patrón) de las especies es tal que estarán representadas con la misma probabilidad en la zona estudiada, esto es visible cuando suelen encontrarse las mismas especies (o casi las mismas) en cada unidad muestral, por lo que, aunque se incremente el número de muestras seguirán registrándose las mismas especies.

En estadística, la "variabilidad de la variable" que determina qué tan homogénea o heterogénea es la población, se mide a través del **coeficiente de variación** (CV) que, expresado en porcentaje, describe la desviación estándar relativa a la media (Triola, 2004, Op Cit.). A mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad; y a menor CV, mayor homogeneidad en los valores.

Con sustento en lo antes descrito, para que el muestreo de vegetación que nutre el análisis de este factor ambiental, poseyera confiabilidad y representatividad estadística, se determinó el número de muestras necesarias para la caracterización de la vegetación aplicando el modelo matemático propuesto por Dauber, (1995[41]) y Carrera (1996[42]), desarrollado específicamente para estudios en ecología vegetal; donde se estableció *a priori* un nivel de confianza del 95% (α=0.05) (Tabla 31). Se eligió este modelo, toda vez que permite la determinación de *n* (número de puntos de muestreo) en función tanto de la composición homogénea o heterogénea de los datos levantados en campo, al considerar el coeficiente de variación (CV); así como de la representatividad estadística, al considerar la distribución normal de los datos (mediante la prueba *t student*) a un nivel de confianza establecido del 95%. Para aplicar esta fórmula, se utilizó un error admisible del 20%, que de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000 Op cit.) en ecología vegetal es el error generalmente aceptado. El error de muestreo se debe a los efectos casuales de seleccionar las muestras experimentales (Bautista *et al*., 2011 Op. Cit.).

[ix] Esta relación porcentual, en este caso sería la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, definida como **intensidad de muestreo**, calculada por f = Sm/St (100), donde, f es la intensidad de muestreo en porcentaje, Sm es la superficie de la muestra y St es la superficie total. En dicha expresión matemática, la intensidad de un muestreo y la superficie total guardan una relación inversamente proporcional, por lo que entre más grande es el área, la intensidad de muestreo disminuye, y viceversa. Por lo que entre más pequeña es el área total, la intensidad de muestreo aumenta, debido a que en áreas muy pequeñas (1 a 3 ha) el tamaño del error de muestreo es normalmente muy alto (Spitler, 1995[ix]).

Tabla IV. 31 modelo matemático propuesto por Dauber y Carrera

Modelo matemático propuesto por Dauber, (1995) y Carrera (1996):

$$n = \frac{t^2\ s\%^2}{E\%^2}$$

Donde:
n = número de puntos de muestreo estadísticamente representativos.
T = valor que define el nivel de confianza, obtenido a partir de las tablas "t de Student", seleccionando una confiabilidad del 95% (=0.05) y grados de libertad n-1.
S% = es el coeficiente de variación de la población (también denominado CV)
E% = error admisible, que a su vez está en función de:

$$E\% = t\frac{s\%}{\sqrt{n}}$$

El Coeficiente de variación (CV o s%), deriva de:

$$CV = \frac{s * 100}{\bar{x}}$$

Donde:
s = Desviación estándar
x = Promedio

Ahora bien, con base en la información obtenida en campo respecto al número de especies registradas en cada unidad muestral derivado de los trabajos del primer muestreo levantado durante el invierno (enero 2024), se obtuvo el valor de la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El modelo aplicado evidenció la representatividad estadística del muestreo general ejecutado en el SAR a partir de n=8 y en el AeP con n=12, por lo que los 38 y 56 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades requeridas para contar con datos estadísticamente representativos (Tabla IV.31), el modelo igualmente se aplicó por condición y/o uso de suelo y obtuvimos que el muestreo ejecutado en el SAR para la superficie de uso agrícola fue a partir de n=4 y en el AeP de n=12, por lo que los 43 y 29 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades**,** (Tabla IV.32)**,** por último el modelo aplicado para la condición forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) registra que en el SAR a partir de n=4 y en el AeP de n=6 será estadísticamente representativo, por lo que los 13 y 9 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades requeridas para contar con datos estadísticamente representativos por lo que se generaron registros confiables en torno a la descripción de la condición de la vegetación, con un nivel de confianza del 95% (Tabla IV.32) (Anexo ANX.VIII.IV.4 Suficiencia estadística AeP-SAR 1er muestreo). Cabe hacer notar que en cuanto más bajo sea el coeficiente de variación, la "n" requerida también es baja en virtud de que la muestra es más homogénea y por ende el número de unidades requeridas disminuye, tal fue el caso de la vegetación del SAR, donde dada la homogeneidad de la muestra, la representatividad estadística se alcanza con un menor esfuerzo de muestreo y por eso el valor de "n" es menor.

Tabla IV. 32 número de puntos de muestreo trabajados en AeP y SAR

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	9
Agrícola	2	1
Agrícola	3	4
Agrícola	4	4
Agrícola	5	6
Agrícola	6	7
Matorral	7	8
Agrícola	8	9
Agrícola	9	6
Agrícola	10	5
Agrícola	11	7
Agrícola	12	7
Agrícola	13	6
Agrícola	14	7
Agrícola	15	2
Matorral	16	8
Agrícola	17	6
Táscate	18	10
Agrícola	19	10
Agrícola	20	6
Agrícola	21	7
Agrícola	22	3
Matorral	23	11
Agrícola	24	6
Táscate	25	10
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Táscate	28	15
Agrícola	29	12
Agrícola	30	7
Agrícola	31	4
Agrícola	32	5
Agrícola	1 LT	5
Táscate	2 LT	9
Agrícola	3 LT	7
Táscate	4 LT	6
Táscate	5 LT	8
Agrícola	6 LT	3
Promedio (ẋ)		6.8158
Muestras (n)		38
Desviación estándar (S)		2.8366
Coeficiente de variación (CV)		41.6179
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.6871
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**12**

1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Matorral	1	12
Matorral	2	13
Matorral	3	13
Matorral	4	12
Agrícola	5	8
Matorral	6	10
Matorral	7	8
Agrícola	8	2
Agrícola	9	10
Agrícola	10	9
Agrícola	11	10
Agrícola	12	5
Táscate	13	16
Táscate	14	11
Táscate	15	9
Agrícola	16	6
Agrícola	17	9
Agrícola	18	10
Agrícola	19	8
Agrícola	20	8
Agrícola	21	6
Agrícola	22	6
Agrícola	23	7
Agrícola	24	7
Agrícola	25	5
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	28	5
Agrícola	29	6
Agrícola	30	6
Agrícola	31	8
Agrícola	32	10
Agrícola	33	7
Agrícola	34	6
Agrícola	35	7
Agrícola	36	4
Agrícola	37	8
Agrícola	38	4
Agrícola	39	8
Agrícola	40	5
Agrícola	1 LT	7
Agrícola	2 LT	6
Agrícola	3 LT	5
Agrícola	4 LT	5
Agrícola	5 LT	6
Agrícola	6 LT	6
Agrícola	7 LT	6
Agrícola	8 LT	5
Agrícola	9 LT	9
Agrícola	10 LT	7
Táscate	11 LT	9
Táscate	12 LT	8
Táscate	13 LT	9
Táscate	14 LT	9

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	15 LT	6
Agrícola	16 LT	6
Promedio (ẋ)		7.6071
Muestras (n)		56
Desviación estándar (S)		2.6124
Coeficiente de variación (CV)		34.3415
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**8**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 33: número de puntos de muestreo trabajados en AeP y SAR para condición forestal

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	9
Agrícola	2	1
Agrícola	3	4
Agrícola	4	4
Agrícola	5	6
Agrícola	6	7
Agrícola	8	9
Agrícola	9	6
Agrícola	10	5
Agrícola	11	7
Agrícola	12	7
Agrícola	13	6
Agrícola	14	7
Agrícola	15	2
Agrícola	17	6
Agrícola	19	10
Agrícola	20	6
Agrícola	21	7
Agrícola	22	3
Agrícola	24	6
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	29	12
Agrícola	30	7
Agrícola	31	4
Agrícola	32	5
Agrícola	1 LT	5
Agrícola	3 LT	7
Agrícola	6 LT	3
Promedio (ẋ)		6
Muestras (n)		29
Desviación estándar (S)		2.4202
Coeficiente de variación (CV)		40.3359
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.7011
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**12**

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Agrícola	5	8
Agrícola	8	2
Agrícola	9	10
Agrícola	10	9
Agrícola	11	10
Agrícola	12	5
Agrícola	16	6
Agrícola	17	9
Agrícola	18	10
Agrícola	19	8
Agrícola	20	8
Agrícola	21	6
Agrícola	22	6
Agrícola	23	7
Agrícola	24	7
Agrícola	25	5
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	28	5
Agrícola	29	6
Agrícola	30	6
Agrícola	31	8
Agrícola	32	10
Agrícola	33	7
Agrícola	34	6
Agrícola	35	7
Agrícola	36	4
Agrícola	37	8
Agrícola	38	4
Agrícola	39	8
Agrícola	40	5
Agrícola	1 LT	7
Agrícola	2 LT	6
Agrícola	3 LT	5
Agrícola	4 LT	5
Agrícola	5 LT	6

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	6 LT	6
Agrícola	7 LT	6
Agrícola	8 LT	5
Agrícola	9 LT	9
Agrícola	10 LT	7
Agrícola	15 LT	6
Agrícola	16 LT	6
Promedio (ẋ)		6.6744
Muestras (n)		43
Desviación estándar (S)		1.682
Coeficiente de variación (CV)		25.2007
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**4**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 34 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación general en el SAR y el AeP (enero 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	9
Agrícola	2	1
Agrícola	3	4
Agrícola	4	4
Agrícola	5	6
Agrícola	6	7
Matorral	7	8
Agrícola	8	9
Agrícola	9	6
Agrícola	10	5
Agrícola	11	7
Agrícola	12	7
Agrícola	13	6
Agrícola	14	7
Agrícola	15	2
Matorral	16	8
Agrícola	17	6
Táscate	18	10
Agrícola	19	10
Agrícola	20	6
Agrícola	21	7
Agrícola	22	3
Matorral	23	11
Agrícola	24	6
Táscate	25	10
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Táscate	28	15
Agrícola	29	12
Agrícola	30	7
Agrícola	31	4
Agrícola	32	5
Agrícola	1 LT	5

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Matorral	1	12
Matorral	2	13
Matorral	3	13
Matorral	4	12
Agrícola	5	8
Matorral	6	10
Matorral	7	8
Agrícola	8	2
Agrícola	9	10
Agrícola	10	9
Agrícola	11	10
Agrícola	12	5
Táscate	13	16
Táscate	14	11
Táscate	15	9
Agrícola	16	6
Agrícola	17	9
Agrícola	18	10
Agrícola	19	8
Agrícola	20	8
Agrícola	21	6
Agrícola	22	6
Agrícola	23	7
Agrícola	24	7
Agrícola	25	5
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	28	5
Agrícola	29	6
Agrícola	30	6
Agrícola	31	8
Agrícola	32	10
Agrícola	33	7

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Táscate	2 LT	9
Agrícola	3 LT	7
Táscate	4 LT	6
Táscate	5 LT	8
Agrícola	6 LT	3
Promedio (ẋ)		6.8158
Muestras (n)		38
Desviación estándar (S)		2.8366
Coeficiente de variación (CV)		41.6179
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.6871
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**12**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	34	6
Agrícola	35	7
Agrícola	36	4
Agrícola	37	8
Agrícola	38	4
Agrícola	39	8
Agrícola	40	5
Agrícola	1 LT	7
Agrícola	2 LT	6
Agrícola	3 LT	5
Agrícola	4 LT	5
Agrícola	5 LT	6
Agrícola	6 LT	6
Agrícola	7 LT	6
Agrícola	8 LT	5
Agrícola	9 LT	9
Agrícola	10 LT	7
Táscate	11 LT	9
Táscate	12 LT	8
Táscate	13 LT	9
Táscate	14 LT	9
Agrícola	15 LT	6
Agrícola	16 LT	6
Promedio (ẋ)		7.6071
Muestras (n)		56
Desviación estándar (S)		2.6124
Coeficiente de variación (CV)		34.3415
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**8**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 35 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación en el uso de suelo agrícola en el SAR y el AeP (enero 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	9
Agrícola	2	1
Agrícola	3	4
Agrícola	4	4
Agrícola	5	6
Agrícola	6	7
Agrícola	8	9
Agrícola	9	6
Agrícola	10	5
Agrícola	11	7
Agrícola	12	7
Agrícola	13	6
Agrícola	14	7
Agrícola	15	2
Agrícola	17	6
Agrícola	19	10

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Agrícola	5	8
Agrícola	8	2
Agrícola	9	10
Agrícola	10	9
Agrícola	11	10
Agrícola	12	5
Agrícola	16	6
Agrícola	17	9
Agrícola	18	10
Agrícola	19	8
Agrícola	20	8
Agrícola	21	6
Agrícola	22	6
Agrícola	23	7
Agrícola	24	7
Agrícola	25	5

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	20	6
Agrícola	21	7
Agrícola	22	3
Agrícola	24	6
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	29	12
Agrícola	30	7
Agrícola	31	4
Agrícola	32	5
Agrícola	1 LT	5
Agrícola	3 LT	7
Agrícola	6 LT	3
Promedio (ẋ)		6
Muestras (n)		29
Desviación estándar (S)		2.4202
Coeficiente de variación (CV)		40.3359
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.7011
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**12**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	26	9
Agrícola	27	4
Agrícola	28	5
Agrícola	29	6
Agrícola	30	6
Agrícola	31	8
Agrícola	32	10
Agrícola	33	7
Agrícola	34	6
Agrícola	35	7
Agrícola	36	4
Agrícola	37	8
Agrícola	38	4
Agrícola	39	8
Agrícola	40	5
Agrícola	1 LT	7
Agrícola	2 LT	6
Agrícola	3 LT	5
Agrícola	4 LT	5
Agrícola	5 LT	6
Agrícola	6 LT	6
Agrícola	7 LT	6
Agrícola	8 LT	5
Agrícola	9 LT	9
Agrícola	10 LT	7
Agrícola	15 LT	6
Agrícola	16 LT	6
Promedio (ẋ)		6.6744
Muestras (n)		43
Desviación estándar (S)		1.682
Coeficiente de variación (CV)		25.2007
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**4**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 36 Representatividad estadística del primer muestreo de vegetación forestal en el SAR y el AeP (enero 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Matorral	7	8
Matorral	16	8
Táscate	18	10
Matorral	23	11
Táscate	25	10
Táscate	28	15
Táscate	2 LT	9
Táscate	4 LT	6
Táscate	5 LT	8
Promedio (ẋ)		9.4444
Muestras (n)		9
Desviación estándar (S)		2.555
Coeficiente de variación (CV)		27.0524
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.8595
Error admisible deseado (%)		20

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Matorral	1	12
Matorral	2	13
Matorral	3	13
Matorral	4	12
Matorral	6	10
Matorral	7	8
Táscate	13	16
Táscate	14	11
Táscate	15	9
Táscate	11 LT	9
Táscate	12 LT	8
Táscate	13 LT	9
Táscate	14 LT	9
Promedio (ẋ)		10.6923
Muestras (n)		13

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**6**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Desviación estándar (S)		2.3939
Coeficiente de variación (CV)		22.389
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.7823
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**4**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

De la misma manera, con base en la información obtenida en campo respecto al número de especies registradas en cada unidad muestral derivado de los trabajos de campo del segundo muestreo levantado durante el otoño (octubre 2024), se obtuvo el valor de la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El modelo aplicado evidenció la representatividad estadística del muestreo general ejecutado en el SAR a partir de n=6 y en el AeP con n=8, por lo que los 56 y 38 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades requeridas para contar con datos estadísticamente (Tabla IV.36), el modelo igualmente se aplicó por condición y/o uso de suelo y obtuvimos que el muestreo ejecutado en el SAR para la superficie de uso agrícola fue a partir de n=3 y en el AeP de n=7, por lo que los 43 y 29 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades, (Tabla IV.37), por último el modelo aplicado para la condición forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) registra que en el SAR a partir de n=3 y en el AeP de n=5 será estadísticamente representativo, por lo que los 13 y 9 PM levantados respectivamente en ambas áreas, satisfacen el mínimo de unidades requeridas para contar con datos estadísticamente representativos por lo que se generaron registros confiables en torno a la descripción de la condición de la vegetación, con un nivel de confianza del 95% (Tabla IV.38) (Anexo ANX.VIII.IV.5 Suficiencia estadística AeP-SAR 2º muestreo).

Tabla IV. 37 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación general en el SAR y el AeP (octubre 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	11
Agrícola	2	3
Agrícola	3	7
Agrícola	4	6
Agrícola	5	9
Agrícola	6	8
Matorral	7	11
Agrícola	8	13
Agrícola	9	10
Agrícola	10	7
Agrícola	11	9
Agrícola	12	9
Agrícola	13	7

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Matorral	1	13
Matorral	2	15
Matorral	3	17
Matorral	4	15
Agrícola	5	11
Matorral	6	12
Matorral	7	12
Agrícola	8	4
Agrícola	9	13
Agrícola	10	10
Agrícola	11	11
Agrícola	12	7
Táscate	13	19

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Agrícola	14	8
Agrícola	15	4
Matorral	16	10
Agrícola	17	8
Táscate	18	13
Agrícola	19	12
Agrícola	20	6
Agrícola	21	10
Agrícola	22	6
Matorral	23	15
Agrícola	24	9
Táscate	25	12
Agrícola	26	11
Agrícola	27	8
Táscate	28	17
Agrícola	29	14
Agrícola	30	9
Agrícola	31	6
Agrícola	32	7
Agrícola	1 LT	7
Táscate	2 LT	11
Agrícola	3 LT	9
Táscate	4 LT	8
Táscate	5 LT	10
Agrícola	6 LT	5
Promedio (ẋ)		9.0789
Muestras (n)		38
Desviación estándar (S)		2.9989
Coeficiente de variación (CV)		33.0317
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.6871
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**8**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
Táscate	14	16
Táscate	15	14
Agrícola	16	9
Agrícola	17	11
Agrícola	18	12
Agrícola	19	11
Agrícola	20	11
Agrícola	21	9
Agrícola	22	10
Agrícola	23	9
Agrícola	24	9
Agrícola	25	7
Agrícola	26	11
Agrícola	27	5
Agrícola	28	9
Agrícola	29	8
Agrícola	30	7
Agrícola	31	8
Agrícola	32	11
Agrícola	33	12
Agrícola	34	7
Agrícola	35	10
Agrícola	36	6
Agrícola	37	9
Agrícola	38	6
Agrícola	39	10
Agrícola	40	7
Agrícola	1 LT	8
Agrícola	2 LT	8
Agrícola	3 LT	7
Agrícola	4 LT	8
Agrícola	5 LT	8
Agrícola	6 LT	9
Agrícola	7 LT	8
Agrícola	8 LT	6
Agrícola	9 LT	11
Agrícola	10 LT	9
Táscate	11 LT	11
Táscate	12 LT	11
Táscate	13 LT	11
Táscate	14 LT	11
Agrícola	15 LT	9
Agrícola	16 LT	10
Promedio (ẋ)		9.9643
Muestras (n)		56
Desviación estándar (S)		2.9478
Coeficiente de variación (CV)		29.5838
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**6**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 38 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación en el uso de suelo agrícola en el SAR y el AeP (octubre 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Agrícola	1	11
Agrícola	2	3
Agrícola	3	7
Agrícola	4	6
Agrícola	5	9
Agrícola	6	8
Agrícola	8	13
Agrícola	9	10
Agrícola	10	7
Agrícola	11	9
Agrícola	12	9
Agrícola	13	7
Agrícola	14	8
Agrícola	15	4
Agrícola	17	8
Agrícola	19	12
Agrícola	20	6
Agrícola	21	10
Agrícola	22	6
Agrícola	24	9
Agrícola	26	11
Agrícola	27	8
Agrícola	29	14
Agrícola	30	9
Agrícola	31	6
Agrícola	32	7
Agrícola	1 LT	7
Agrícola	3 LT	9
Agrícola	6 LT	5
Promedio (ẋ)		8.2069
Muestras (n)		29
Desviación estándar (S)		2.5267
Coeficiente de variación (CV)		30.7876
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.7011
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**7**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Agrícola	5	11
Agrícola	8	4
Agrícola	9	13
Agrícola	10	10
Agrícola	11	11
Agrícola	12	7
Agrícola	16	9
Agrícola	17	11
Agrícola	18	12
Agrícola	19	11
Agrícola	20	11
Agrícola	21	9
Agrícola	22	10
Agrícola	23	9
Agrícola	24	9
Agrícola	25	7
Agrícola	26	11
Agrícola	27	5
Agrícola	28	9
Agrícola	29	8
Agrícola	30	7
Agrícola	31	8
Agrícola	32	11
Agrícola	33	12
Agrícola	34	7
Agrícola	35	10
Agrícola	36	6
Agrícola	37	9
Agrícola	38	6
Agrícola	39	10
Agrícola	40	7
Agrícola	1 LT	8
Agrícola	2 LT	8
Agrícola	3 LT	7
Agrícola	4 LT	8
Agrícola	5 LT	8
Agrícola	6 LT	9
Agrícola	7 LT	8
Agrícola	8 LT	6
Agrícola	9 LT	11
Agrícola	10 LT	9
Agrícola	15 LT	9
Agrícola	16 LT	10
Promedio (ẋ)		8.8605
Muestras (n)		43
Desviación estándar (S)		1.682
Coeficiente de variación (CV)		18.9832
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.673
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**3**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tabla IV. 39 Representatividad estadística del segundo muestreo de vegetación forestal en el SAR y el AeP (octubre 2024)

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
AeP		
Matorral	7	11
Matorral	16	10
Táscate	18	13
Matorral	23	15
Táscate	25	12
Táscate	28	17
Táscate	2 LT	11
Táscate	4 LT	8
Táscate	5 LT	10
Promedio (ẋ)		11.8889
Muestras (n)		9
Desviación estándar (S)		2.7588
Coeficiente de variación (CV)		23.2051
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.8595
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**5**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Tipo de vegetación	PM	Número de especies registradas
SAR		
Matorral	1	13
Matorral	2	15
Matorral	3	17
Matorral	4	15
Matorral	6	12
Matorral	7	12
Táscate	13	19
Táscate	14	16
Táscate	15	14
Táscate	11 LT	11
Táscate	12 LT	11
Táscate	13 LT	11
Táscate	14 LT	11
Promedio (ẋ)		13.6154
Muestras (n)		13
Desviación estándar (S)		2.6312
Coeficiente de variación (CV)		19.325
Nivel de confianza1/, 95% t =		1.7823
Error admisible deseado (%)		20
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		**3**
1/ Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 95% y con grados de libertad = n-1.		

Es importante recalcar que para ambos muestreos (invierno y otoño), los datos registrados permiten establecer datos confiables y estadísticamente validos asegurando que la muestra levantada se encuentra por encima del número mínimo requerido como suficiencia estadística del muestreo.

Adicionalmente, para valorar la eficiencia del muestreo se optó por construir las curvas de acumulación de especies a partir de los resultados obtenidos. Estas curvas 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.

Con relación a lo antes descrito, debido a que la riqueza florística registrada en campo mediante un muestreo puede no ser la total o la potencial, debido a que los estudios biológicos tienen limitaciones de tiempo y espacio, es necesario utilizar estimadores de riqueza y rarefacción, método ampliamente utilizado que calcula el número de especies esperadas en caso de que todas las muestras poseyesen el mismo número de individuos. Uno de los métodos para obtener los valores de

rarefacción es la curva de Coleman, que requiere datos de abundancia de individuos; y dentro de los estimadores ampliamente utilizados también para estos análisis, se encuentra Chao 1, que es de los más rigurosos (Villareal, et al., 2006[43]). A través de lo anterior, éstos modelos (las curvas de acumulación de especies) permiten evaluar si el esfuerzo de muestreo[x] (graficado en el eje "x") es el necesario para que el inventario de las especies registradas sea lo más completo posible con respecto a la riqueza estimada, en este sentido, **generalmente se considera que un inventario está razonablemente completo cuando el porcentaje de las especies observadas es mayor que 80% de la riqueza total estimada, a este porcentaje se le llama eficiencia de muestreo o grado de completitud del muestreo (Pineda y Verdú, 2013[44]).**

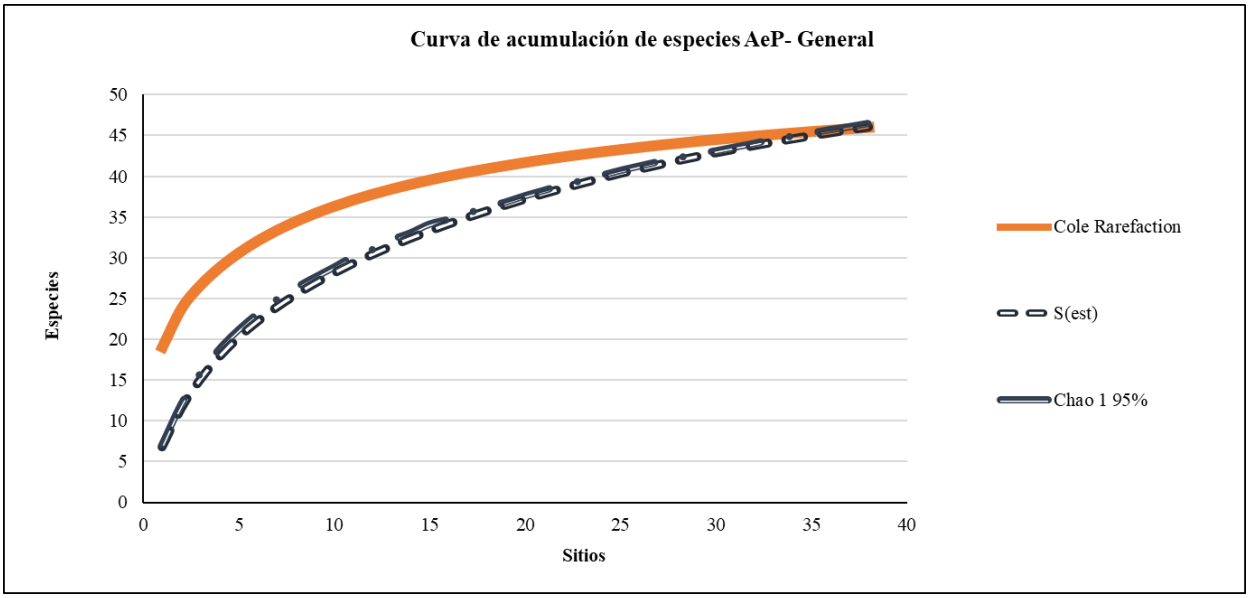
Para obtener las curvas de acumulación de especies se empleó el programa EstimateS versión 9.1.0.[xi], que toma los datos provenientes de un muestreo, aleatoriza toda la información y realiza cálculos de número de especies observadas y esperadas. Una vez procesados los datos se obtuvo la información de número de especies observadas de acuerdo con el muestreo "S obs", que se comparó con los valores de riqueza esperados en función de los estimadores Chao 1 y Rarefacción de Coleman, para obtener el porcentaje de eficiencia de muestreo para cada uno de los trabajos de campo que se realizó.

Para el primer muestreo realizado en invierno en el mes de enero 2024, en el AeP muestreo general, los registros obtenidos en campo (S obs = 46 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 98.92% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 46.5 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (46 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 34, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.30).

[x] El esfuerzo de muestreo puede estar referido a unidades tales como: número de cuadrantes o sitios de muestreo (como en el caso de este estudio), número de trampas, horas/metros de red, horas/hombre, abundancia, etc.

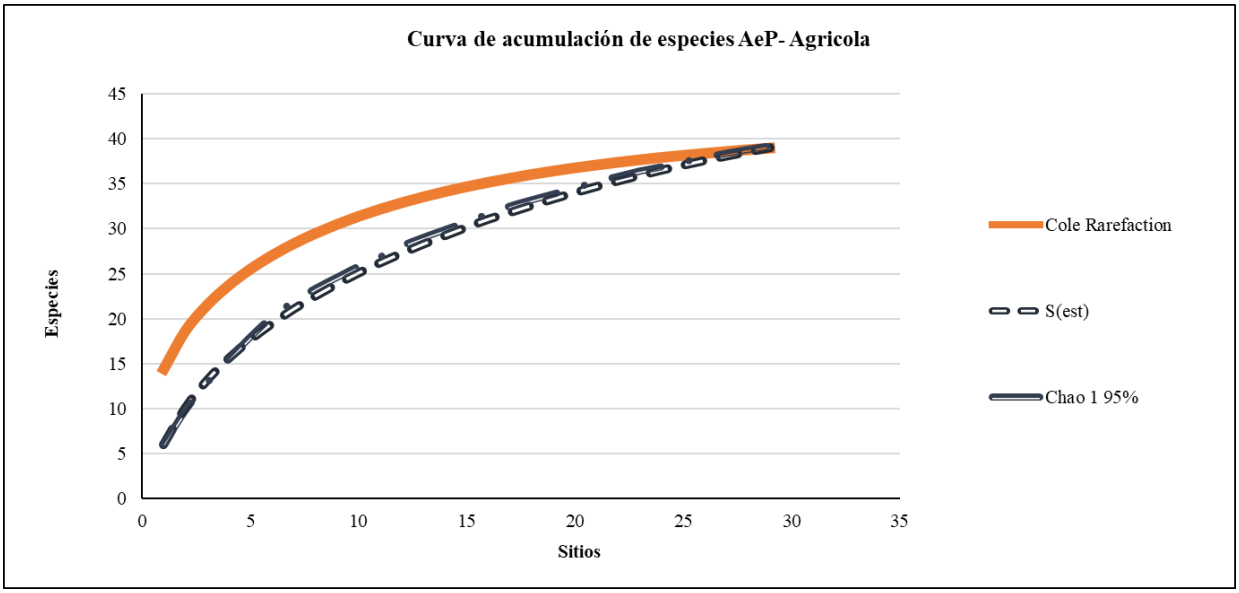
[xi] EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Versión: EstimateS 9.1.0.

Figura IV. 30 Curva de acumulación de especies en el AeP primer muestreo



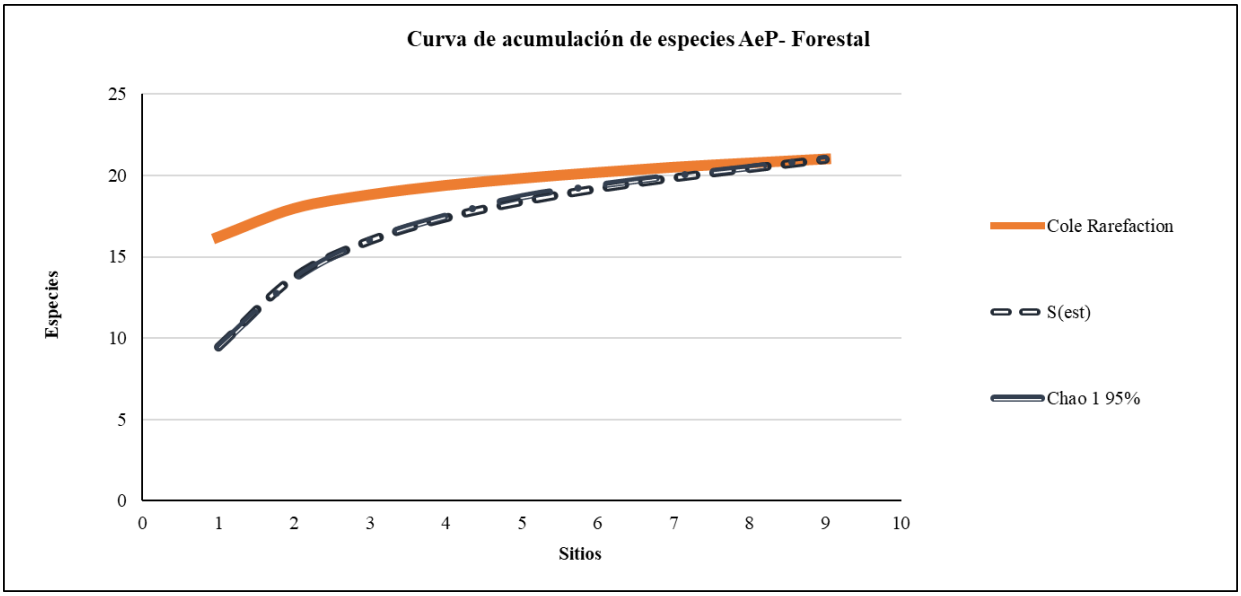
En el **AeP en el uso de suelo agrícola para el primer muestreo realizado en invierno (enero 2024)**, los registros obtenidos en campo (S obs = 39 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 99.41% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 39.23 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (39 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 26, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.31).

Figura IV. 31 Curva de acumulación de especies en el AeP uso de suelo agrícola primer muestreo



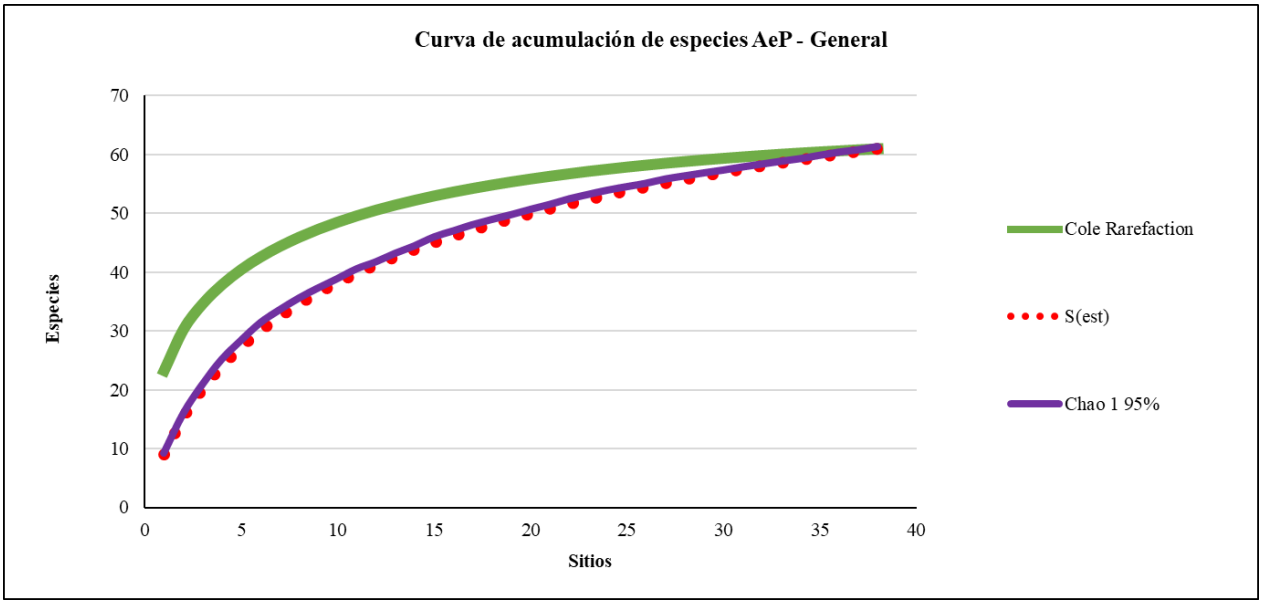
En el **AeP en el uso de suelo forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) para el primer muestreo realizado en invierno (enero 2024)**, los registros obtenidos en campo (S obs = 21 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 99.86% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 21.03 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (21 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 7, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.32).

Figura IV. 32 Curva de acumulación de especies en el AeP suelo forestal primer muestreo



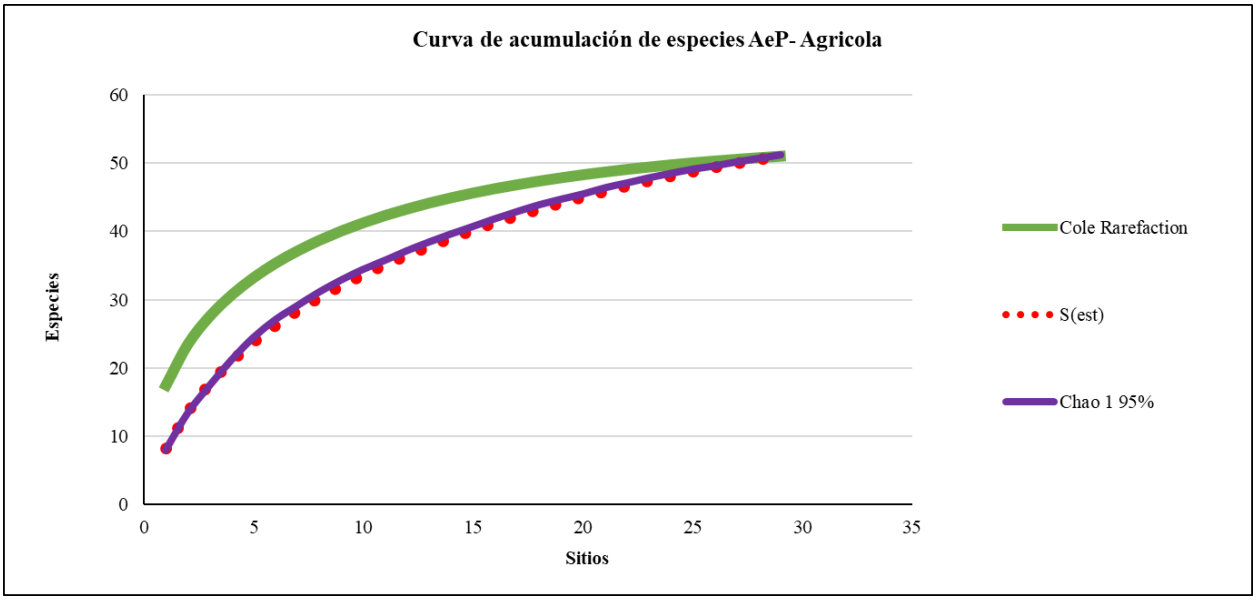
Mientras que para el segundo muestreo realizado en otoño en el mes de enero 2024, en el AeP muestreo general, los registros obtenidos en campo (S obs = 61 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 99.53% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 61.29 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (61 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 34, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.33).

Figura IV. 33 Curva de acumulación de especies en el AeP segundo muestreo



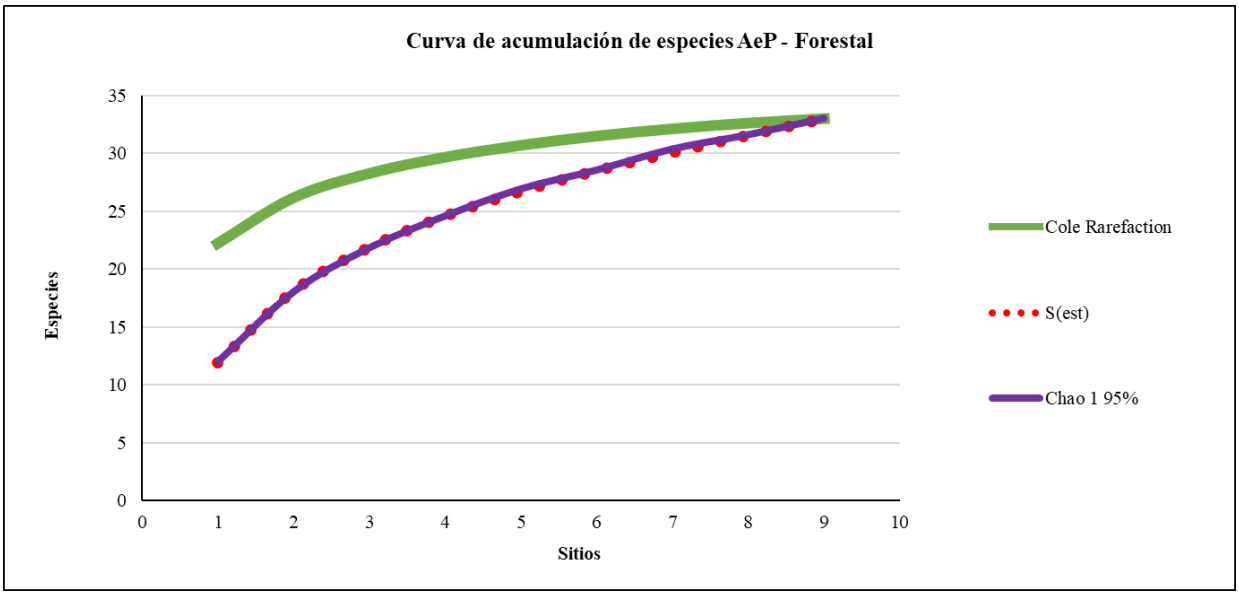
En el **AeP en el uso de suelo agrícola para el segundo muestreo realizado en otoño (octubre 2024)**, los registros obtenidos en campo (S obs = 51 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 99.43% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 51.29 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (51 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 26, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.34).

Figura IV. 34 Curva de acumulación de especies en el AeP uso de suelo agrícola segundo muestreo



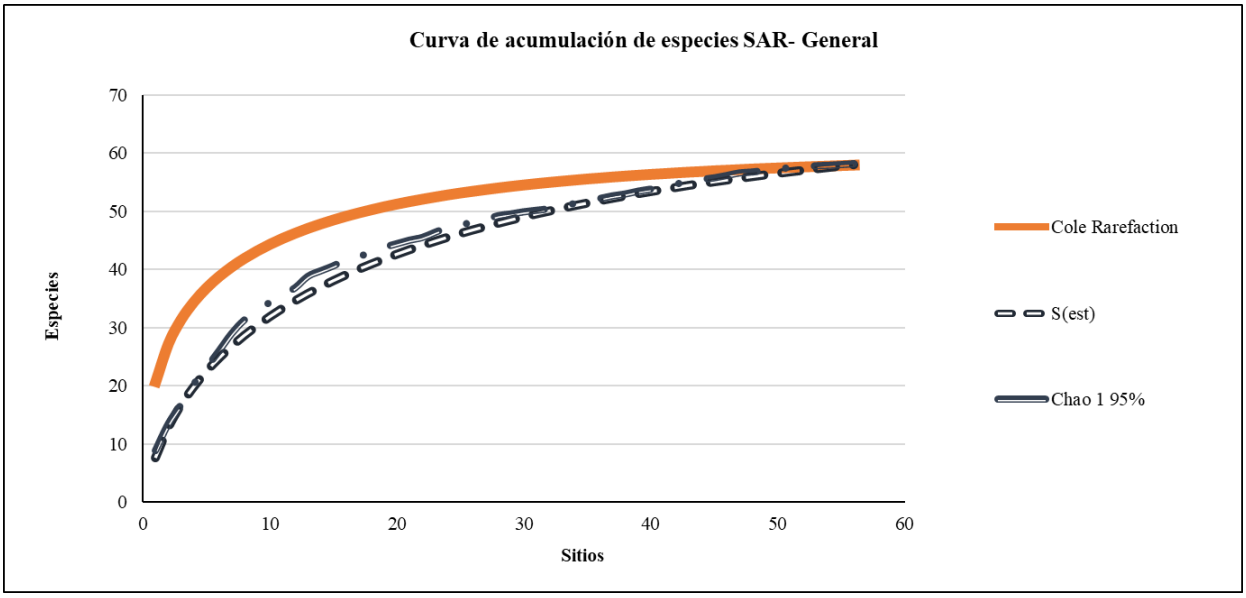
En el **AeP en el uso de suelo forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) para el segundo muestreo realizado en otoño (octubre 2024)**, los registros obtenidos en campo (S obs = 33 especies) denotan una **eficiencia de muestreo del 99.85% con respecto a lo estimado por Chao 1 (que estimó 33.05 especies) y el 100% del índice de rarefacción de Coleman (33 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar perfectamente desde el punto de muestreo 8, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado es completo (Figura IV.35).

Figura IV. 35 Curva de acumulación de especies en el AeP suelo forestal segundo muestreo



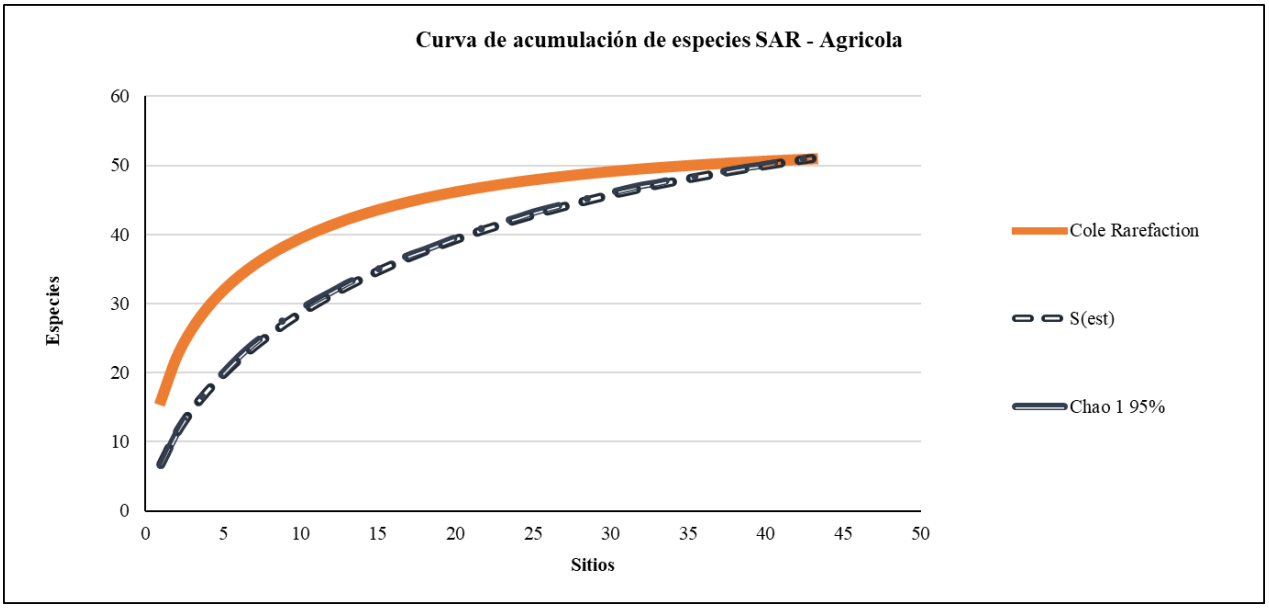
En el **SAR para el muestreo general del primer periodo realizado en invierno en el mes de enero 2024 demuestra que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 58 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 99.76% con respecto a lo estimado por Chao 1 (58.14 especies) y del 100% del índice de rarefacción de Coleman (58 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 50, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.36).

Figura IV. 36 Curva de acumulación de especies en el SAR primer muestreo



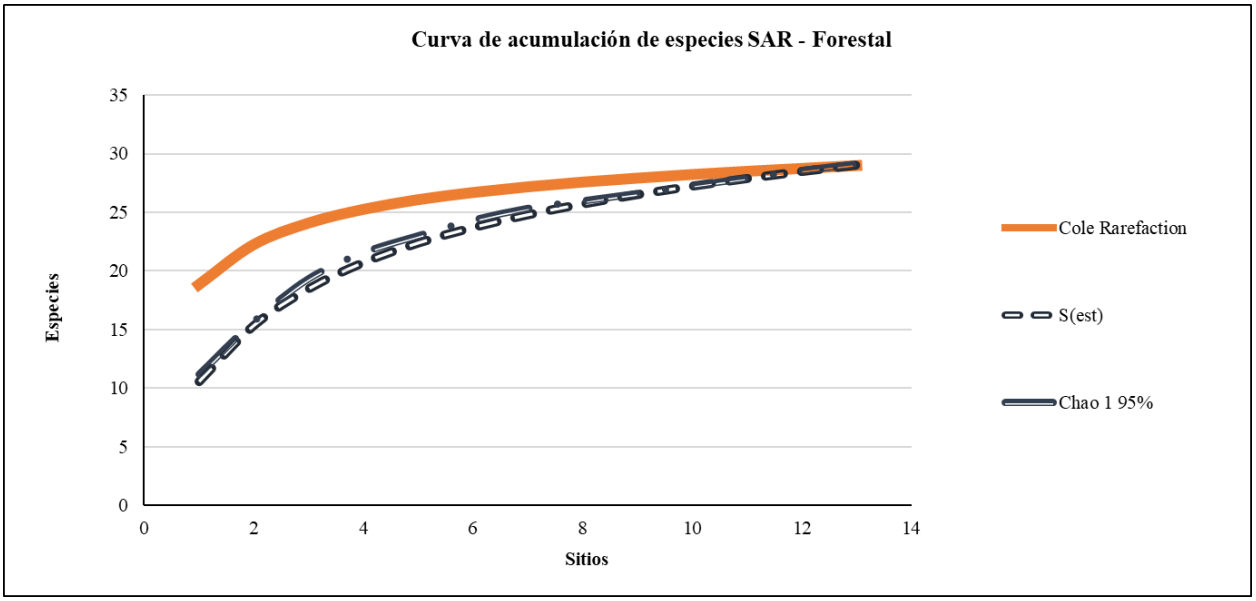
En el **SAR para el uso de suelo agrícola los registros del primer muestreo levantado en invierno (enero 2024) permiten evidenciar que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 51 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 98.78% con respecto a lo estimado por Chao 1 (51.11 especies) y del 100% del índice de rarefacción de Coleman (51 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 40, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.37).

Figura IV. 37 Curva de acumulación de especies en el SAR uso de suelo agrícola primer muestreo



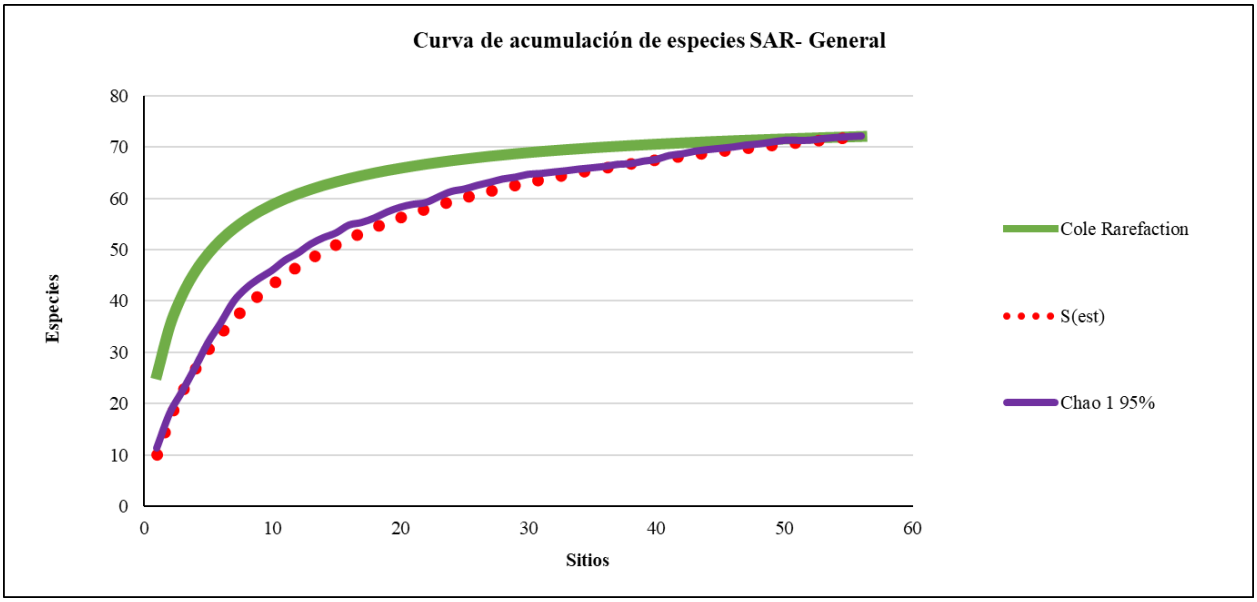
En el **SAR en el uso de suelo forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) los trabajos del primer muestreo realizado en invierno (enero 2024) permiten observar que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 29 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 99.49% con respecto a lo estimado por Chao 1 (29.15 especies) y 100% del índice de rarefacción de Coleman (29 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 10, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.38).

Figura IV. 38 Curva de acumulación de especies en el SAR suelo forestal primer muestreo



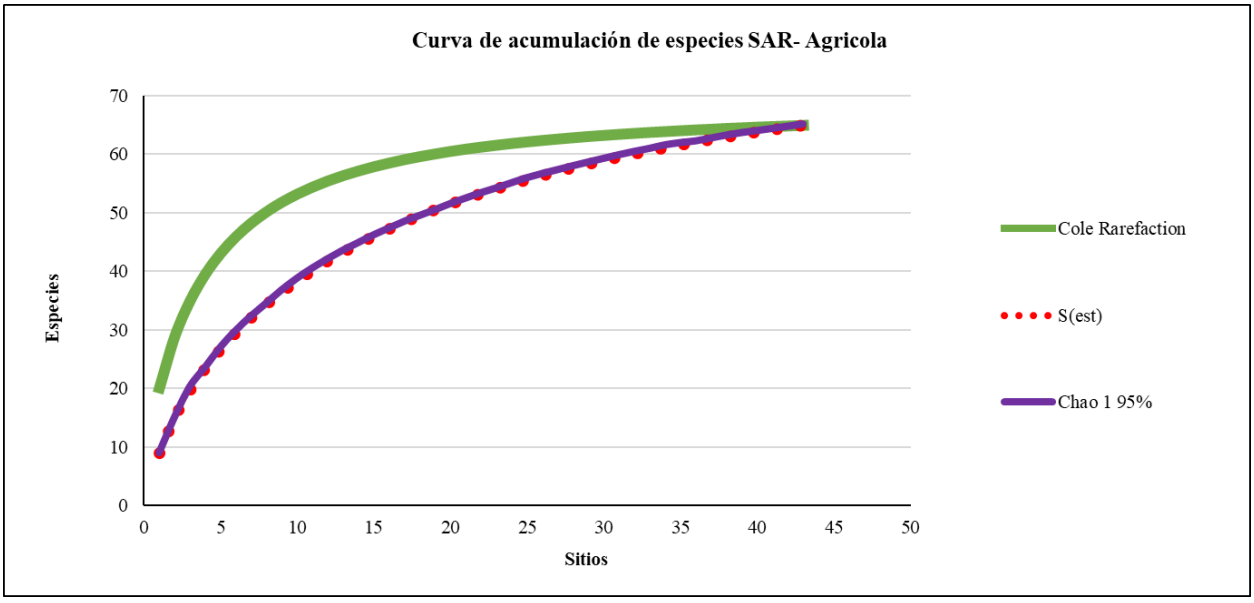
Igualmente en el **SAR pero para el segundo muestreo realizado durante el otoño (octubre 2024) se demuestra que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 72 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 99.75% con respecto a lo estimado por Chao 1 (72.18 especies) y del 100% del índice de rarefacción de Coleman (72 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 42, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.39).

Figura IV. 39 Curva de acumulación de especies en el SAR segundo muestreo



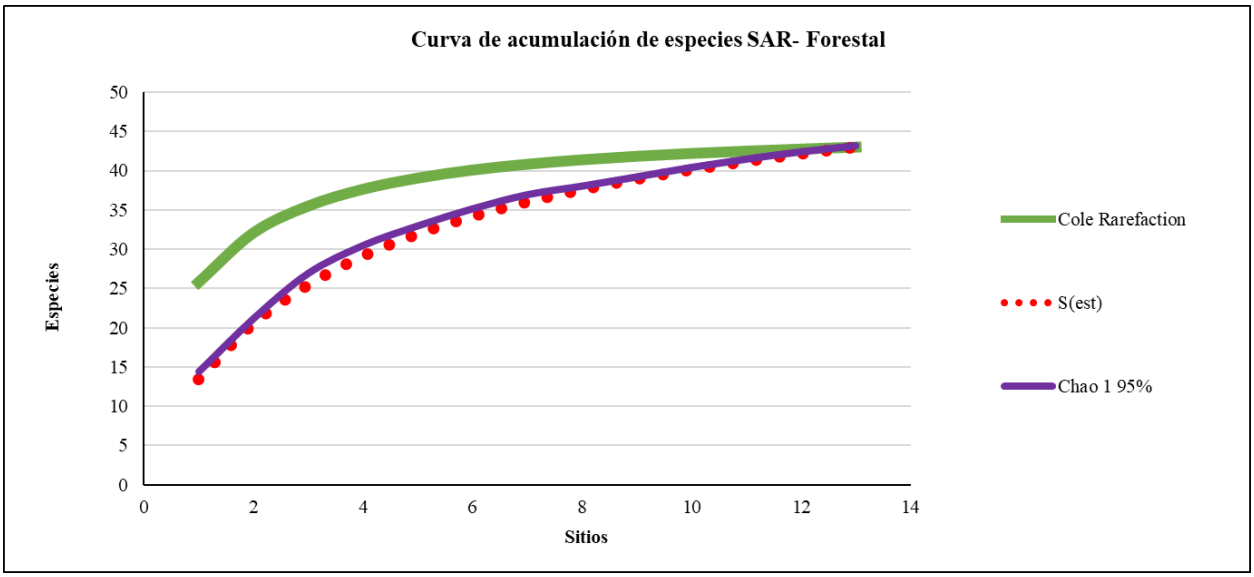
En el **SAR para el uso de suelo agrícola los registros del segundo muestreo levantado en otoño (octubre 2024) permiten evidenciar que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 65 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 99.79% con respecto a lo estimado por Chao 1 (65.14 especies) y del 100% del índice de rarefacción de Coleman (65 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 39, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.40).

Figura IV. 40 Curva de acumulación de especies en el SAR uso de suelo agrícola segundo muestreo



En el **SAR en el uso de suelo forestal (vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate) los trabajos del segundo muestreo realizado en otoño (octubre 2024) permiten observar que**, la tendencia es semejante a lo obtenido en el AeP, toda vez que los registros obtenidos en campo (S obs = 43 especies) revelan una **eficiencia de muestreo del 99.65% con respecto a lo estimado por Chao 1 (43.15 especies) y 100% del índice de rarefacción de Coleman (43 especies)**, la asíntota se alcanza a estabilizar desde el punto de muestreo 11, con lo anterior es posible inferir un alto porcentaje de eficiencia de los resultados obtenidos en comparación a los estimados, los cuales denotan que el muestreo ejecutado en el SAR es completo, al igual que en el AeP (Figura IV.41).

Figura IV. 41 Curva de acumulación de especies en el SAR suelo forestal segundo muestreo



Estructura y composición de la comunidad vegetal.

Dentro de la dinámica de poblaciones y comunidades, el análisis de la estructura y composición de la comunidad permite entender cómo cambian, a lo largo del tiempo y del espacio, las especies que la conforman. Este análisis incluye aspectos como la diversidad (a través de la riqueza y la equidad en la abundancia de especies), el grado de similitud en la composición de especies entre dos o más comunidades, y el peso ecológico de cada especie con base en su dominancia, frecuencia y abundancia relativa.

Análisis de diversidad: 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 (Moreno, 2001[45]) 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 (riqueza específica "S"), sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001 Op Cit). Sin embargo, el análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos sobre la composición de especies, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente, al identificar aquellas especies que son dominantes y las que son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, 2001 Op Cit).

Así que, el análisis de **diversidad alfa** para el presente estudio se desarrolló a través de la descripción y el análisis de:

1) la **riqueza específica** (S) en cada comunidad vegetal del AeP y el SAR;

2) el **cálculo del índice de valor de Importancia** (IVI); y

3) el **cálculo del índice de diversidad alfa** de Shannon-Wiener, basado en el concepto de equidad para describir la estructura de la diversidad.

Estos últimos dos índices, fueron aplicados sobre los tipos de vegetación presentes en el AeP y su igual en el SAR, es decir, fueron aplicados con el fin de comparar los usos de suelo y tipos de vegetación en ambas áreas.

Por otro lado, para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente, es necesario contar no sólo con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa), sino también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (**diversidad beta**). La diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Moreno, 2001 *Op Cit*). De manera que el análisis de **diversidad beta** para los tipos de vegetación se desarrolló a través del:

4) El **Índice de similitud cuantitativo de Morisita**, que expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas y por su abundancia.

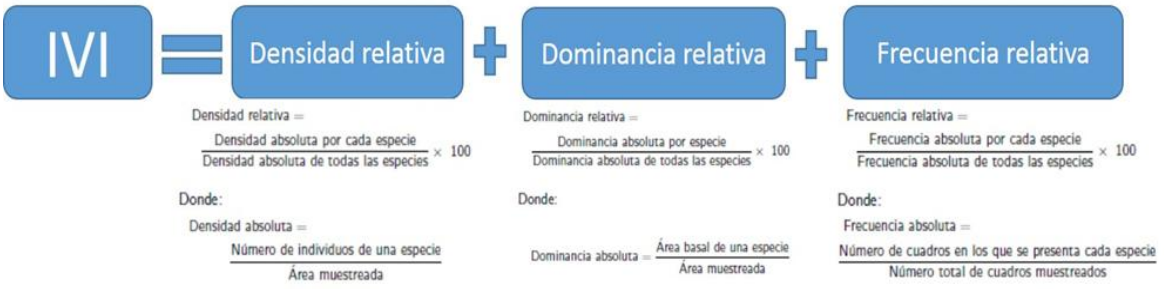
En los anexos ANX.VIII.IV.6 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 1er muestreo, ANX.VIII.IV.7 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 2º muestreo, ANX.VIII.IV.8 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 1er muestreo y ANX.VIII.IV.9 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 2º muestreo, se integran las memorias de cálculo en formato Excel, para la obtención del IVI y el cálculo del índice de diversidad de Shannon para el AeP y el SAR, es importante mencionar que para la **extrapolación de los cálculos del AeP, la superficie considerada para los resultados del muestreo general es de 511.1355 ha** y que esta contempla tanto la vegetación reportada para el suelo agrícola, plantación de agaves, bosque de táscate y matorral crasicaule ambos en

estado secundario, por otra parte el desarrollo y obtención para el uso de suelo no forestal **considera un total de 478.6840 ha** y esta contempla las superficies reportadas como uso de suelo agrícola y plantación de agaves, por ultimo para el **suelo forestal la superficie empleada para el cálculo de los IVI- Shannon fue de 32.4515 ha** misma que considera las superficie de bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario, para la unidad de análisis **SAR, las superficies consideradas son para el muestreo general 1785.2048 ha** (considera lo reportado en el SAR para los tipos de vegetación bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario y el uso de suelo agrícola temporal permanente, esto de acuerdo a la carta de usos de suelo y vegetación del INEGI serie VII), para el uso de suelo no forestal **considera un total de 885.2145 ha** que es lo que se encuentra reportado al interior de la delimitación del SAR para el uso de suelo agricultura de temporal permanente y por ultimo para los cálculos del **suelo forestal la superficie considera un total de 899.9903 ha** que igualmente es el total de lo reportado al interior del SAR para los tipos de vegetación bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario.

Índice de Valor de Importancia (IVI): en cualquier comunidad vegetal existe una abundancia variable entre las diferentes especies que la conforman, debido a la competencia que existe entre ellas por recursos tales como luz, CO_2, agua, nutrientes, espacio y otros elementos. En este sentido, la o las especies que sean más eficientes en lograr aprovechar la energía del sistema serán las dominantes. La forma práctica de determinar este comportamiento ecológico en las comunidades es por medio de los valores de importancia de cada una de las especies que componen la comunidad.

El índice de valor de importancia (IVI) fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951)[46] y aplicado desde entonces por múltiples autores, consiste en un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie (Zarco *et al.,* 2010[47]). Corresponde a la suma de la frecuencia relativa, la densidad y la cobertura relativa o área basal relativa de cada especie. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie mejor que cualquiera de sus componentes por separado, su obtención se ejemplifica en la Figura IV.42.

Figura IV. 42 Componentes del índice de valor de importancia



Cabe destacar que el índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956[48]) al ejercer efectos en la estabilidad de éstos. En ocasiones, la dominancia guarda relación inversa con la abundancia, ya que es frecuente que se logre la

dominancia por superioridad en la competencia y no por ser la que contó con más registros.

La metodología para el **índice de valor de importancia (IVI)**, el cual es un valor ponderado de la estructura de un ecosistema que se obtiene del estudio de variables estructurales como abundancia, dominancia, cobertura y frecuencia y que se utiliza para jerarquizar la dominancia de cada especie. Los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) están entre 1-300, en los sitios de estudio se obtuvo mediante los siguientes criterios.

IVI= Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa

Donde debemos calcular lo siguiente.

1. Identificar y clasificar a las especies presentes en cada unidad de análisis por estrato.

2. Determinar el número total de la muestra (individuos/ha por la superficie extrapolación).

Para obtener la densidad relativa:
DER= Densidad relativa, se obtienen a partir de la abundancia de cada especie, entre el área de terreno muestreado, dividido entre total del mismo cálculo de todas las especies, multiplicado por 100.

Para obtener la dominancia relativa:
DOR= Dominancia relativa, se obtienen a partir de la cobertura absoluta de cada especie, entre la cobertura total de todas las especies, multiplicado por 100.

Para obtener la frecuencia relativa:
FR= Frecuencia relativa, se obtienen a partir del número de sitios en los que aparece una especie, entre el total de sitios muestreados, dividido entre el total del mismo cálculo de todas las especies, multiplicado por 100.

Una vez obtenidos la densidad, dominancia y frecuencia relativa se realiza la sumatoria de los tres valores obtenidos por especie, indicando que aquellas especies que presenten valores más altos son las mayormente dominantes en el ecosistema, por otro lado, las que registren menor IVI son las que se encuentran en con menor densidad en el ecosistema.

En el presente estudio, el índice de valor de importancia se calculó para cada uno de los estratos identificados en el muestreo. En los anexos ANX.VIII.IV.6 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 1er muestreo, ANX.VIII.IV.7 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 2º muestreo, ANX.VIII.IV.8 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 1er muestreo y ANX.VIII.IV.9 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 2º muestreo, se integran los cálculos realizados en formato Excel, para la obtención del IVI y el cálculo del índice de diversidad de Shannon para el AeP y el SAR para cada muestreo, cuyos resultados se concretan en lo siguiente:

<u>AeP, primer muestreo general</u>: **Los resultados obtenidos de los trabajos en campo del primer muestreo ejecutado en invierno (enero 2024) dentro de la superficie del área de establecimiento del proyecto,** comenzando por el muestreo total se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 5 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=188), mientras que la especie de menor valor fue el *Schinus molle* (IVI=13) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 14 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=87). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 17 especies, el Trívium aestivum fue la especie con mayor IVI = 61. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 10 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=100 (Tabla IV.40).

Tabla IV. 40 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en el primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	786	2	0.52	9.09	7.14	0.014	7.14	17
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	34,076	67	22.49	9.09	35.71	0.070	35.71	67
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	112,843	221	74.48	63.64	50	0.098	50	188
4	*Schinus molle*	Pirul	393	1	0.26	9.09	3.57	0.007	3.57	13
5	*Yucca filifera*	Palma pita	3,408	7	2.25	9.09	3.57	0.007	3.57	15
5	**∑**		**151,835**	**296**	**100**	**100**	**100**	**0.200**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,100,907	2,154	27.29	8.22	19.06	0.037	19.06	55
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,898	12	0.15	2.74	0.74	0.001	0.74	4
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,093,699	2,140	27.11	28.77	31.44	0.061	31.44	87
4	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	416,772	815	10.33	13.7	12.62	0.025	12.62	37
5	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,864	15	0.19	5.48	0.99	0.002	0.99	7
6	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	842,063	1,647	20.87	16.44	16.83	0.033	16.83	54
7	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	41,939	82	1.04	2.74	1.49	0.003	1.49	5
8	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,932	8	0.1	1.37	0.5	0.001	0.5	2
9	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,898	12	0.15	2.74	0.74	0.001	0.74	4
10	*Marrubium vulgare*	Marrubio	5,898	12	0.15	2.74	0.74	0.001	0.74	4
11	*Salvia amarissima*	Hierba de cáncer	31,454	62	0.78	1.37	3.96	0.008	3.96	6
12	*Salvia microphylla*	Mirto chico	452,814	886	11.22	6.85	7.67	0.015	7.67	26
13	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,898	12	0.15	1.37	0.74	0.001	0.74	2
14	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	19,659	38	0.49	5.48	2.48	0.005	2.48	8
14	**∑**		**4,034,694**	**7,894**	**100**	**100**	**100**	**0.200**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	982,953	1,923	0.44	3.7	1.04	0.002	1.04	5
2	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	1,769,315	3,462	0.79	3.7	1.88	0.004	1.88	6
3	*Bouteloua gracilis*	Navajita	17,037,850	33,333	7.61	2.47	2.09	0.004	2.09	12
4	*Brassica rapa*	Mostaza	37,286,679	72,949	16.66	19.75	18.79	0.037	18.79	55
5	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano	196,591	385	0.09	1.23	0.21	0.000	0.21	2
6	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	393,181	769	0.18	1.23	0.42	0.001	0.42	2
7	*Eruca vesicaria*	Arúgula	15,334,065	30,000	6.85	11.11	16.28	0.032	16.28	34
8	*Geranium seemannii*	Agujona	1,572,725	3,077	0.7	2.47	1.67	0.003	1.67	5
9	*Hordeum vulgare*	Cebada	34,534,411	67,564	15.43	8.64	15.87	0.031	15.87	40
10	*Medicago sativa*	Alfalfa	2,162,496	4,231	0.97	1.23	2.3	0.004	2.3	4
11	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	5,897,717	11,538	2.64	2.47	1.46	0.003	1.46	7
12	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	50,982,490	99,744	22.78	14.81	7.72	0.015	7.72	45
13	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,926,495	23,333	5.33	3.7	1.46	0.003	1.46	10
14	*Reseda luteola*	Acelguilla	393,181	769	0.18	2.47	0.42	0.001	0.42	3
15	*Sonchus asper*	Cerraja	196,591	385	0.09	1.23	0.21	0.000	0.21	2
16	*Taraxacum officinale*	Diente de león	7,011,731	13,718	3.13	2.47	1.04	0.002	1.04	7
17	*Triticum aestivum*	Trigo	36,107,136	70,641	16.13	17.28	27.14	0.053	27.14	61
17	**∑**		**223,785,607**	**437,821**	**100**	**100**	**100**	**0.200**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulque	963,163	1,884	19.68	29.79	50.52	0.099	50.52	100
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida	3,408	7	0.07	1.06	0.05	0.001	0.05	1
3	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	1,601,558	3,133	32.73	7.45	11.39	0.022	11.39	52

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
4	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	569,064	1,113	11.63	3.19	8.73	0.017	8.73	24
5	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	450,192	881	9.2	7.45	1.93	0.004	1.93	19
6	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	30,668	60	0.63	2.13	4.08	0.008	4.08	7
7	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	393	1	0.01	1.06	0.05	0.000	0.05	1
8	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	548,619	1,073	11.21	14.89	12.64	0.025	12.64	39
9	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	523,717	1,025	10.7	13.83	6.95	0.014	6.95	31
10	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	202,619	396	4.14	19.15	3.66	0.007	3.66	27
10	∑		**4,893,402**	**9,574**	**100**	**100**	**100**	**0.200**	**100**	**300**

En el uso de suelo agrícola para el primer muestreo realizado en invierno en el mes de enero 2024 permitió identificar cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 3 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=184), mientras que la especie de menor valor fue el *Schinus molle* (IVI=47) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 14 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=120). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 15 especies, el *Tritium aestivum* fue la especie con mayor IVI = 77. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 7 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=176 (Tabla IV.41).

Tabla IV. 41 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en áreas agrícolas durante el primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	736	2	4.23	25	40	0.083	40	69
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	16,324	34	93.66	50	40	0.083	40	184
3	*Schinus molle*	Pirul	368	1	2.11	25	20	0.042	20	47
3	∑		**17,429**	**36**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	25,775	54	4.64	3.85	6.93	0.014	6.93	15
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,523	12	0.99	3.85	1.49	0.003	1.49	6
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	274,323	573	49.39	30.77	39.6	0.083	39.6	120
4	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	55,233	115	9.94	13.46	14.85	0.031	14.85	38
5	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,364	15	1.33	7.69	1.98	0.004	1.98	11
6	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	102,487	214	18.45	13.46	12.38	0.026	12.38	44
7	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	7,364	15	1.33	1.92	1.98	0.004	1.98	5
8	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,682	8	0.66	1.92	0.99	0.002	0.99	4
9	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,523	12	0.99	3.85	1.49	0.003	1.49	6
10	*Marrubium vulgare*	Marrubio	5,523	12	0.99	3.85	1.49	0.003	1.49	6
11	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	29,457	62	5.3	1.92	7.92	0.017	7.92	15
12	*Salvia microphylla*	Mirto chico	9,205	19	1.66	3.85	2.48	0.005	2.48	8
13	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,523	12	0.99	1.92	1.49	0.003	1.49	4
14	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	18,411	38	3.31	7.69	4.95	0.010	4.95	16
14	∑		**555,396**	**1,160**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	920,546	1,923	0.7	4.48	1.16	0.002	1.16	6
2	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	1,656,983	3,462	1.26	4.48	2.09	0.004	2.09	8
3	*Brassica rapa*	Mostaza	34,919,384	72,949	26.58	23.88	20.93	0.044	20.93	71
4	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano	184,109	385	0.14	1.49	0.23	0.010	0.23	2
5	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	368,218	769	0.28	1.49	0.47	0.001	0.47	2
6	*Eruca vesicaria*	Arúgula	14,360,520	30,000	10.93	13.43	18.14	0.038	18.14	43
7	*Geranium seemannii*	Agujona	1,472,874	3,077	1.12	2.99	1.86	0.004	1.86	6
8	*Hordeum vulgare*	Cebada	32,341,855	67,564	24.61	10.45	17.67	0.037	17.67	53
9	*Medicago sativa*	Alfalfa	2,025,202	4,231	1.54	1.49	2.56	0.005	2.56	6
10	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	736,437	1,538	0.56	1.49	0.93	0.002	0.93	3
11	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	1,472,874	3,077	1.12	5.97	1.86	0.004	1.86	9
12	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	368,218	769	0.28	2.99	0.47	0.001	0.47	4
13	*Sonchus asper*	Cerraja	184,109	385	0.14	1.49	0.23	0.010	0.23	2
14	*Taraxacum officinale*	Diente de león	6,566,563	13,718	5	2.99	1.16	0.002	1.16	9

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
15	*Triticum aestivum*	Trigo	33,814,729	70,641	25.74	20.9	30.23	0.063	30.23	77
15	∑		**131,392,621**	**274,487**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	522,257	1,091	64.42	41.18	70.68	0.147	70.68	176
2	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	368	1	0.05	1.96	0.08	0.001	0.08	2
3	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	28,721	60	3.54	3.92	6.35	0.013	6.35	14
4	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	368	1	0.05	1.96	0.08	0.001	0.08	2
5	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	67,016	140	8.27	15.69	14.82	0.031	14.82	39
6	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	149,006	311	18.38	11.76	5.37	0.011	5.37	36
7	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	42,959	90	5.3	23.53	2.61	0.005	2.61	31
7	∑		**810,694**	**1,694**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) para el primer muestreo, se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 3 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=195), mientras que la especie de menor valor fue la *Yucca filifera* (IVI=21) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 6 registradas, fue *Adolphia infesta* con IVI notablemente más alto (IVI=81). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 4 especies, *Muhlenbergia macroura* fue la especie con mayor (IVI = 176). Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 8 especies, la especie con mayor IVI es *Ferocactus latispinus* con un (IVI=88) (Tabla IV.42).

Tabla IV. 42 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal del primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2,163	67	25.64	14.29	43.48	1.337	43.48	83
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	6,058	187	71.79	71.43	52.17	1.605	52.17	195
3	*Yucca filifera*	Palma pita	216	7	2.56	14.29	4.35	0.134	4.35	21
3	∑		**8,437**	**260**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	68,148	2,100	31.19	19.05	31.19	0.959	31.19	81
2	*Baccharis conferta*	Azoyate	50,841	1,567	23.27	23.81	23.27	0.716	23.27	70
3	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	22,716	700	10.4	14.29	10.4	0.32	10.4	35
4	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	46,514	1,433	21.29	23.81	21.29	0.655	21.29	66
5	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	2,163	67	0.99	4.76	0.99	0.03	0.99	7
6	*Salvia microphylla*	Mirto chico	28,125	867	12.87	14.29	12.87	0.396	12.87	40
6	∑		**218,507**	**6,733**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Bouteloua gracilis*	Navajita	1,081,717	33,333	20.41	14.29	20.41	0.628	20.41	55
2	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	324,515	10,000	6.12	7.14	6.12	0.188	6.12	19
3	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	3,136,978	96,667	59.18	57.14	59.18	1.82	59.18	176
4	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	757,202	23,333	14.29	21.43	14.29	0.439	14.29	50
4	∑		**5,300,412**	**163,333**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	25,745	793	10.07	16.28	14.43	0.444	14.43	41
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	216	7	0.08	2.33	0.15	0.004	0.15	3
3	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	101,681	3,133	39.76	16.28	31.78	0.977	31.78	88
4	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	36,129	1,113	14.13	6.98	24.34	0.749	24.34	45
5	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	28,557	880	11.17	13.95	5.25	0.161	5.25	30
6	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	30,288	933	11.84	13.95	8.75	0.269	8.75	35
7	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	23,149	713	9.05	16.28	9.77	0.32	9.77	35
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	9,952	307	3.89	13.95	5.54	0.17	5.54	23
8	∑		**255,718**	**7,880**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**

<u>SAR primer muestreo general</u>: Los resultados obtenidos de los trabajos en campo del primer muestreo ejecutado en invierno (enero 2024) para el Sistema Ambiental Regional, comenzando por el muestreo total se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 6 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=196), mientras que la especie de menor valor fue el *Prunus serotina* (IVI=8) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 17 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=117). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 22 especies, la Brassica rapa fue la especie con mayor IVI = 52. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 13 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=66 (Tabla IV.43).

Tabla IV. 43 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en el primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	9,406	5	0.68	15.79	4.82	0.003	4.82	21
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	175,545	98	12.76	10.53	14.46	0.008	14.46	38
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	1,128,806	632	82.06	42.11	72.29	0.04	72.29	196
4	*Prunus serotina*	Capulín	14,877	8	1.08	5.26	1.2	0.001	1.2	8
5	*Schinus molle*	Pirul	2,303	1	0.17	10.53	2.41	0.001	2.41	13
6	*Yucca filifera*	Palma pita	44,630	25	3.24	15.79	4.82	0.003	4.82	24
6	**∑**		**1,375,567**	**771**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	2,494,968	1,398	15.19	5.04	10.56	0.006	10.56	31
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	76,783	43	0.47	2.52	0.97	0.001	0.97	4
3	*Atriplex muricata*	Atriplex	97,898	55	0.6	2.52	2.36	0.001	2.36	5
4	*Baccharis conferta*	Azoyate	7,016,047	3,930	42.73	33.61	40.28	0.023	40.28	117
5	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	1,113,354	624	6.78	8.4	7.36	0.004	7.36	23
6	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	142,528	80	0.87	5.04	2.78	0.002	2.78	9
7	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	581,151	326	3.54	10.08	5.42	0.003	5.42	19
8	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	14,877	8	0.09	0.84	0.14	0.001	0.14	1
9	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	279,298	156	1.7	2.52	1.25	0.001	1.25	5
10	*Dalea bicolor*	Engordacabra	23,035	13	0.14	0.84	0.56	0.001	0.56	2
11	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	11,517	6	0.07	0.84	0.28	0.001	0.28	1
12	*Lantana camara*	Cinco negritos	34,552	19	0.21	0.84	0.83	0.001	0.83	2
13	*Marrubium vulgare*	Marrubio	584,031	327	3.56	5.04	3.47	0.002	3.47	12
14	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	161,244	90	0.98	2.52	3.89	0.002	3.89	7
15	*Salvia microphylla*	Mirto chico	2,213,270	1,240	13.48	7.56	6.94	0.004	6.94	28
16	*Solanum americanum*	Hierba mora	34,552	19	0.21	0.84	0.83	0.001	0.83	2
17	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	1,541,899	864	9.39	10.92	12.08	0.007	12.08	32
17	**∑**		**16,421,005**	**9,198**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	7,582,321	4,247	1.19	4.88	1.91	0.001	1.91	8
2	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	93,339,337	52,285	14.6	11.38	10.31	0.006	10.31	36
3	*Bouteloua gracilis*	Navajita	99,673,935	55,833	15.59	5.69	5.34	0.003	5.34	27
4	*Brassica rapa*	Mostaza	82,013,844	45,941	12.83	18.7	20.23	0.011	20.23	52
5	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	30,809,180	17,258	4.82	1.63	2.48	0.001	2.48	9
6	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	2,975,341	1,667	0.47	0.81	0.38	0.001	0.38	2
7	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	5,758,725	3,226	0.9	3.25	1.91	0.001	1.91	6
8	*Cirsium vulgare*	Cardo común	2,303,490	1,290	0.36	3.25	0.76	0.001	0.76	4
9	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	1,727,618	968	0.27	0.81	0.57	0.001	0.57	2
10	*Eruca vesicaria*	Arúgula	28,553,679	15,995	4.47	3.25	5.53	0.003	5.53	13
11	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	2,303,490	1,290	0.36	2.44	0.76	0.001	0.76	4
12	*Geranium seemannii*	Agujona	5,758,725	3,226	0.9	1.63	1.91	0.001	1.91	4
13	*Hordeum vulgare*	Cebada	65,601,477	36,747	10.26	5.69	16.6	0.009	16.6	33
14	*Medicago sativa*	Alfalfa	6,910,470	3,871	1.08	1.63	2.29	0.001	2.29	5
15	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	26,778,072	15,000	4.19	4.07	2.1	0.001	2.1	10
16	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	88,828,336	49,758	13.89	13.01	5.92	0.003	5.92	33
17	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	23,802,731	13,333	3.72	1.63	0.76	0.001	0.76	6
18	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,879,363	1,613	0.45	2.44	0.95	0.001	0.95	4
19	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	1,727,618	968	0.27	1.63	0.57	0.001	0.57	2
20	*Sonchus asper*	Cerraja	3,551,214	1,989	0.56	1.63	0.57	0.001	0.57	3
21	*Taraxacum officinale*	Diente de león	2,879,363	1,613	0.45	1.63	0.95	0.001	0.95	3
22	*Triticum aestivum*	Trigo	53,652,123	30,054	8.39	8.94	17.18	0.01	17.18	35
22	**∑**		**639,410,450**	**358,172**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	4,188,897	2,346	14.62	20.61	30.75	0.017	30.75	66
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	23,803	13	0.08	0.61	0.07	0.001	0.07	1
3	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	5,951	3	0.02	0.61	0.03	0.001	0.03	1
4	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	6,700,469	3,753	23.39	8.48	10.84	0.006	10.84	43
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	2,415,977	1,353	8.43	3.03	6.18	0.003	6.18	18
6	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	9,067,017	5,079	31.65	8.48	23.78	0.013	23.78	64
7	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	201,459	113	0.7	1.82	0.66	0.001	0.66	3
8	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	12,669	7	0.04	0.61	0.36	0.001	0.36	1
9	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	2,704,393	1,515	9.44	19.39	14.65	0.008	14.65	43
10	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	1,952,400	1,094	6.82	18.18	6.5	0.004	6.5	32
11	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,305,791	731	4.56	16.97	6.01	0.003	6.01	28
12	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	23,803	13	0.08	0.61	0.13	0.001	0.13	1
13	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	44,630	25	0.16	0.61	0.03	0.001	0.03	1
13	∑		**28,647,258**	**16,047**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**

Para el Sistema Ambiental Regional en el uso de suelo agrícola primer muestreo, se identificaron igualmente cuatro estratos, para el estrato arbóreo se registraron 5 especies, donde *Buddleja cordata* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=75), mientras que la especie de menor valor fue *Juniperus deppeana* (IVI=30) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 17 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=109). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 21 especies, *Brassica rapa* fue la especie con mayor IVI = 70. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 8 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=148 (Tabla IV.44).

Tabla IV. 44 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	1,713	2	9.42	28.57	37.5	0.042	37.5	75
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	571	1	3.14	14.29	12.5	0.014	12.5	30
3	*Prunus serotina*	Capulín	7,377	8	40.58	14.29	12.5	0.014	12.5	67
4	*Schinus molle*	Pirul	1,142	1	6.28	28.57	25	0.028	25	60
5	*Yucca filifera*	Palma pita	7,377	8	40.58	14.29	12.5	0.014	12.5	67
5	∑		**18,180**	**21**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	130,641	148	7.09	2.44	5.35	0.006	5.35	15
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	38,074	43	2.07	3.66	1.7	0.002	1.7	7
3	*Atriplex muricata*	Atriplex	48,544	55	2.63	3.66	4.14	0.005	4.14	10
4	*Baccharis conferta*	Azoyate	697,939	788	37.87	34.15	36.74	0.042	36.74	109
5	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	79,955	90	4.34	7.32	6.81	0.008	6.81	18
6	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	70,674	80	3.84	7.32	4.87	0.005	4.87	16
7	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	96,374	109	5.23	10.98	7.06	0.008	7.06	23
8	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	7,377	8	0.4	1.22	0.24	0.001	0.24	2
9	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	5,711	6	0.31	1.22	0.49	0.001	0.49	2
10	*Dalea bicolor*	Engordacabra	11,422	13	0.62	1.22	0.97	0.001	0.97	3
11	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,711	6	0.31	1.22	0.49	0.001	0.49	2
12	*Lantana camara*	Cinco negritos	17,133	19	0.93	1.22	1.46	0.002	1.46	4
13	*Marrubium vulgare*	Marrubio	83,048	94	4.51	6.1	4.38	0.005	4.38	15
14	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	79,955	90	4.34	3.66	6.81	0.008	6.81	15
15	*Salvia microphylla*	Mirto chico	27,841	31	1.51	3.66	1.22	0.001	1.22	6
16	*Solanum americanum*	Hierba mora	17,133	19	0.93	1.22	1.46	0.002	1.46	4
17	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	425,236	480	23.08	9.76	15.82	0.018	15.82	49
17	∑		**1,842,769**	**2,082**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	3,759,782	4,247	2.15	6.12	2.2	0.002	2.2	10
2	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	21,202,315	23,952	12.14	9.18	9.01	0.01	9.01	30
3	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,688,394	4,167	2.11	2.04	1.1	0.001	1.1	5
4	*Brassica rapa*	Mostaza	40,667,516	45,941	23.28	23.47	23.3	0.026	23.3	70
5	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	1,998,871	2,258	1.14	1.02	1.54	0.002	1.54	4
6	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	1,475,358	1,667	0.84	1.02	0.44	0.001	0.44	2
7	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	2,855,531	3,226	1.63	4.08	2.2	0.002	2.2	8
8	*Cirsium vulgare*	Cardo común	1,142,212	1,290	0.65	4.08	0.88	0.001	0.88	6
9	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	856,659	968	0.49	1.02	0.66	0.001	0.66	2
10	*Eruca vesicaria*	Arúgula	14,158,673	15,995	8.11	4.08	6.37	0.007	6.37	19
11	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	1,142,212	1,290	0.65	3.06	0.88	0.001	0.88	5
12	*Geranium seemannii*	Agujona	2,855,531	3,226	1.63	2.04	2.2	0.002	2.2	6
13	*Hordeum vulgare*	Cebada	32,529,253	36,747	18.62	7.14	19.12	0.022	19.12	45
14	*Medicago sativa*	Alfalfa	3,426,637	3,871	1.96	2.04	2.64	0.003	2.64	7
15	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	2,950,715	3,333	1.69	2.04	0.88	0.001	0.88	5
16	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	7,900,301	8,925	4.52	7.14	3.3	0.004	3.3	15
17	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	1,427,765	1,613	0.82	3.06	1.1	0.001	1.1	5
18	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	856,659	968	0.49	2.04	0.66	0.001	0.66	3
19	*Sonchus asper*	Cerraja	1,760,911	1,989	1.01	2.04	0.66	0.001	0.66	4
20	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,427,765	1,613	0.82	2.04	1.1	0.001	1.1	4
21	*Triticum aestivum*	Trigo	26,604,027	30,054	15.23	11.22	19.78	0.022	19.78	46
21	∑		**174,687,087**	**197,339**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	1,609,425	1,818	54.37	29	64.39	0.073	64.39	148
2	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	14,754	17	0.5	1	0.16	0.001	0.16	2
3	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	52,209	59	1.76	3	0.62	0.001	0.62	5
4	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	99,896	113	3.37	3	1.56	0.002	1.56	8
5	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	6,282	7	0.21	1	0.86	0.001	0.86	2
6	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	747,911	845	25.27	26	19.36	0.022	19.36	71
7	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	233,392	264	7.89	17	5.83	0.007	5.83	31
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	196,032	221	6.62	20	7.23	0.008	7.23	34
8	∑		**2,959,900**	**3,344**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) para el primer muestreo realizado en la temporada de invierno, se identificaron igualmente cuatro estratos para el mismo tipo de vegetación presente dentro del AeP, para el **estrato arbóreo** se registraron 4 especies, donde el *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=221), mientras que la especie de menor valor fue la *Buddleja cordata* (IVI=10) **en el estrato arbustivo**, las especies con mayor IVI, de las 8 registradas, fue la *Baccharis conferta* (IVI=122). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 6 especies, el Bouteloa gracilis y *Muhlenbergia macroura* fueron las especies con mayor IVI = 85 respectivamente. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 11 especies, la especie con mayor IVI es *Mammillaria uncinata* con un IVI=97 (Tabla IV.45).

Tabla IV. 45 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal primer muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	3,000	3	0.44	8.33	1.33	0.001	1.33	10

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	88,499	98	13.11	16.67	16	0.018	16	46
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	568,494	632	84.22	58.33	78.67	0.087	78.67	221
4	*Yucca filifera*	Palma pita	15,000	17	2.22	16.67	4	0.004	4	23
4	∑		**674,993**	**750**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,124,988	1,250	17.56	10.81	17.48	0.019	17.48	46
2	*Baccharis conferta*	Azoyate	2,827,470	3,142	44.15	32.43	44.98	0.05	44.98	122
3	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	479,995	533	7.49	10.81	8.09	0.009	8.09	26
4	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	194,998	217	3.04	8.11	3.24	0.004	3.24	14
5	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	134,999	150	2.11	5.41	2.27	0.003	2.27	10
6	*Marrubium vulgare*	Marrubio	209,998	233	3.28	2.7	2.27	0.003	2.27	8
7	*Salvia microphylla*	Mirto chico	1,087,488	1,208	16.98	16.22	14.56	0.016	14.56	48
8	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	344,996	383	5.39	13.51	7.12	0.008	7.12	26
8	∑		**6,404,931**	**7,117**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	25,499,725	28,333	17.62	20	18.84	0.021	18.84	56
2	*Bouteloua gracilis*	Navajita	46,499,499	51,667	32.12	20	33.33	0.037	33.33	85
3	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13,499,855	15,000	9.33	4	8.7	0.01	8.7	22
4	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	10,499,887	11,667	7.25	12	10.14	0.011	10.14	29
5	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	36,749,604	40,833	25.39	36	23.19	0.026	23.19	85
6	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,999,871	13,333	8.29	8	5.8	0.006	5.8	22
6	∑		**144,748,440**	**160,833**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	475,495	528	4.16	7.69	6.14	0.007	6.14	18
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	12,000	13	0.1	1.54	0.11	0.011	0.11	2
3	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	3,000	3	0.03	1.54	0.06	0.011	0.06	2
4	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,362,964	3,737	29.41	20	18.66	0.021	18.66	68
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	1,217,987	1,353	10.65	7.69	10.69	0.012	10.69	29
6	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	4,517,951	5,020	39.52	16.92	40.73	0.045	40.73	97
7	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	602,994	670	5.27	9.23	11.21	0.012	11.21	26
8	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	746,992	830	6.53	20	7	0.008	7	34
9	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	458,995	510	4.01	12.31	5.12	0.006	5.12	21
10	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	12,000	13	0.1	1.54	0.23	0.011	0.23	2
11	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	22,500	25	0.2	1.54	0.06	0.011	0.06	2
11	∑		**11,432,877**	**12,703**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**

<u>AeP segundo muestreo genera</u>: Los resultados obtenidos de los trabajos en campo del segundo muestreo ejecutado en otoño (octubre 2024) dentro de la superficie del área de establecimiento del proyecto, comenzando por el muestreo total se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 5 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=188), mientras que la especie de menor valor fue el *Schinus molle* (IVI=13) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 16 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=78). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 30 especies, el *Tritium aestivum* fue la especie con mayor IVI = 55. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 10 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=101 (Tabla IV.46).

Tabla IV. 46 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en el segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	786	2	0.52	9.09	7.14	0.014	7.14	17
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	34,076	67	22.49	9.09	35.71	0.07	35.71	67

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	112,843	221	74.48	63.64	50	0.098	50	188
4	*Schinus molle*	Pirul	393	1	0.26	9.09	3.57	0.007	3.57	13
5	*Yucca filifera*	Palma pita	3,408	7	2.25	9.09	3.57	0.007	3.57	15
5	∑		**151,506**	**297**	**100**	**100**	**100**	**0.2**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,100,907	2,154	21.89	6.98	15.78	0.031	15.78	45
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,898	12	0.12	2.33	0.61	0.001	0.61	3
3	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	102,227	200	2.03	1.16	1.23	0.002	1.23	4
4	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,147,434	2,245	22.82	26.74	28.48	0.056	28.48	78
5	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	416,772	815	8.29	11.63	10.45	0.02	10.45	30
6	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,864	15	0.16	4.65	0.82	0.002	0.82	6
7	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	963,294	1,885	19.16	16.28	15.57	0.03	15.57	51
8	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	41,939	82	0.83	2.33	1.23	0.002	1.23	4
9	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,932	8	0.08	1.16	0.41	0.001	0.41	2
10	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	9,830	19	0.2	2.33	1.02	0.002	1.02	4
11	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,898	12	0.12	2.33	0.61	0.001	0.61	3
12	*Marrubium vulgare*	Marrubio	1,966	4	0.04	1.16	0.2	0.001	0.2	1
13	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	218,871	428	4.35	1.16	5.53	0.011	5.53	11
14	*Salvia microphylla*	Mirto chico	452,814	886	9	5.81	6.35	0.012	6.35	21
15	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,898	12	0.12	1.16	0.61	0.001	0.61	2
16	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	543,245	1,063	10.8	12.79	11.07	0.022	11.07	35
16	∑		**5,028,787**	**9,838**	**100**	**100**	**100**	**0.2**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	12,319,676	24,103	3.23	3.95	1.23	0.002	1.23	8
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	1,572,725	3,077	0.41	3.29	1.1	0.002	1.1	5
3	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	17,889,743	35,000	4.69	4.61	3.43	0.007	3.43	13
4	*Asclepias linaria*	Pinillo	1,900,376	3,718	0.5	1.32	0.27	0.001	0.27	2
5	*Bouteloua gracilis*	Navajita	29,029,875	56,795	7.61	3.29	3.43	0.007	3.43	14
6	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	3,407,570	6,667	0.89	0.66	0.27	0.001	0.27	2
7	*Brassica rapa*	Mostaza	37,745,391	73,846	9.89	13.82	13.72	0.027	13.72	37
8	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	11,009,072	21,538	2.88	1.97	1.37	0.003	1.37	6
9	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	982,953	1,923	0.26	1.32	0.69	0.001	0.69	2
10	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	1,179,543	2,308	0.31	1.97	0.82	0.002	0.82	3
11	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	12,712,857	24,872	3.33	2.63	1.51	0.003	1.51	7
12	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	393,181	769	0.1	0.66	0.27	0.001	0.27	1
13	*Eruca vesicaria*	Arúgula	14,744,293	28,846	3.86	5.26	10.29	0.02	10.29	19
14	*Geranium seemannii*	Agujona	7,994,683	15,641	2.09	1.97	1.37	0.003	1.37	5
15	*Helenium mexicanum*	Cabezona	4,783,704	9,359	1.25	2.63	1.23	0.002	1.23	5
16	*Helianthus annuus*	Acahual	9,763,999	19,103	2.56	6.58	2.61	0.005	2.61	12
17	*Hordeum vulgare*	Cebada	39,187,055	76,667	10.27	5.92	12.62	0.025	12.62	29
18	*Medicago lupulina*	Carretilla	6,815,140	13,333	1.79	0.66	0.55	0.001	0.55	3
19	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	786,362	1,538	0.21	0.66	0.55	0.001	0.55	1
20	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	47,181,738	92,308	12.36	7.24	4.53	0.009	4.53	24
21	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	15,334,065	30,000	4.02	1.97	1.23	0.002	1.23	7
22	*Physalis angulata*	Tomatillo	393,181	769	0.1	0.66	0.27	0.001	0.27	1
23	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	3,473,100	6,795	0.91	4.61	1.37	0.003	1.37	7
24	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	589,772	1,154	0.15	1.32	0.41	0.001	0.41	2
25	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	40,890,840	80,000	10.71	1.97	3.29	0.006	3.29	16
26	*Sicyos microphyllus*	Amole	2,293,557	4,487	0.6	1.32	0.55	0.001	0.55	2
27	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	2,555,678	5,000	0.67	4.61	1.78	0.003	1.78	7
28	*Sonchus asper*	Cerraja	196,591	385	0.05	0.66	0.14	0.001	0.14	1

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
29	*Taraxacum officinale*	Diente de león	393,181	769	0.1	0.66	0.27	0.001	0.27	1
30	*Triticum aestivum*	Trigo	54,193,469	106,026	14.2	11.84	28.81	0.056	28.81	55
30	∑		**381,713,370**	**746,795**	**100**	**100**	**100**	**0.2**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	967,095	1,892	19.75	30.53	50.78	0.099	50.78	101
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	3,408	7	0.07	1.05	0.05	0.001	0.05	1
3	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	1,601,558	3,133	32.7	7.37	11.33	0.022	11.33	51
4	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	569,064	1,113	11.62	3.16	8.68	0.017	8.68	23
5	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	450,192	881	9.19	7.37	1.92	0.004	1.92	18
6	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	30,668	60	0.63	2.11	4.05	0.008	4.05	7
7	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	393	1	0.01	1.05	0.05	0.001	0.05	1
8	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	548,619	1,073	11.2	14.74	12.58	0.025	12.58	39
9	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	523,717	1,025	10.69	13.68	6.91	0.013	6.91	31
10	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	202,619	396	4.14	18.95	3.64	0.007	3.64	27
10	∑		**4,897,333**	**9,581**	**100**	**100**	**100**	**0.2**	**100**	**300**

En el uso de suelo agrícola para el segundo muestreo realizado en otoño en el mes de octubre 2024 permitió identificar cuatro estratos, para el estrato arbóreo se registraron 3 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=184), mientras que la especie de menor valor fue el *Schinus molle* (IVI=47) en el estrato arbustivo, la especie con mayor IVI, de las 15 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=111). En el estrato herbáceo, compuesto por 26 especies, el *Tritium aestivum* fue la especie con mayor IVI = 76. Finalmente, en el estrato de las cactáceas, se registraron 7 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=178 (Tabla IV.47).

Tabla IV. 47 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en áreas agrícolas durante el segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	736	2	4.23	25	40	0.083	40	69
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	16,324	34	93.66	50	40	0.083	40	184
3	*Schinus molle*	Pirul	368	1	2.11	25	20	0.042	20	47
3	∑		**17,429**	**36**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	25,775	54	3.74	3.33	5.93	0.012	5.93	13
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,523	12	0.8	3.33	1.27	0.003	1.27	5
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	292,734	612	42.51	30	38.14	0.079	38.14	111
4	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	55,233	115	8.02	11.67	12.71	0.026	12.71	32
5	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,364	15	1.07	6.67	1.69	0.004	1.69	9
6	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	104,329	218	15.15	13.33	11.02	0.023	11.02	40
7	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	7,364	15	1.07	1.67	1.69	0.004	1.69	4
8	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,682	8	0.53	1.67	0.85	0.002	0.85	3
9	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	9,205	19	1.34	3.33	2.12	0.004	2.12	7
10	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,523	12	0.8	3.33	1.27	0.003	1.27	5
11	*Marrubium vulgare*	Marrubio	1,841	4	0.27	1.67	0.42	0.001	0.42	2
12	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	29,457	62	4.28	1.67	6.78	0.014	6.78	13
13	*Salvia microphylla*	Mirto chico	9,205	19	1.34	3.33	2.12	0.004	2.12	7
14	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,523	12	0.8	1.67	1.27	0.003	1.27	4

15	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	125,808	263	18.27	13.33	12.71	0.026	12.71	44
15	∑		**688,569**	**1,438**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	368,218	769	0.2	1.64	0.32	0.001	0.32	2
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	1,472,874	3,077	0.8	4.1	1.29	0.003	1.29	6
3	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	11,967,100	25,000	6.46	4.92	3.54	0.007	3.54	15
4	*Asclepias linaria*	Pinillo	184,109	385	0.1	0.82	0.16	0.001	0.16	1
5	*Bouteloua gracilis*	Navajita	1,656,983	3,462	0.89	1.64	1.45	0.003	1.45	4
6	*Brassica rapa*	Mostaza	35,348,972	73,846	19.09	17.21	16.1	0.034	16.1	52
7	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	10,310,117	21,538	5.57	2.46	1.61	0.003	1.61	10
8	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	920,546	1,923	0.5	1.64	0.81	0.002	0.81	3
9	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	1,104,655	2,308	0.6	2.46	0.97	0.002	0.97	4
10	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	736,437	1,538	0.4	1.64	0.64	0.001	0.64	3
11	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	368,218	769	0.2	0.82	0.32	0.001	0.32	1
12	*Eruca vesicaria*	Arúgula	13,808,192	28,846	7.46	6.56	12.08	0.025	12.08	26
13	*Geranium seemannii*	Agujona	1,104,655	2,308	0.6	1.64	0.97	0.002	0.97	3
14	*Helenium mexicanum*	Cabezona	1,288,765	2,692	0.7	2.46	1.13	0.002	1.13	4
15	*Helianthus annuus*	Acahual	5,952,865	12,436	3.22	7.38	2.74	0.006	2.74	13
16	*Hordeum vulgare*	Cebada	36,699,107	76,667	19.82	7.38	14.81	0.031	14.81	42
17	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	736,437	1,538	0.4	0.82	0.64	0.001	0.64	2
18	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	1,104,655	2,308	0.6	2.46	0.97	0.002	0.97	4
19	*Physalis angulata*	Tomatillo	368,218	769	0.2	0.82	0.32	0.001	0.32	1
20	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	3,252,596	6,795	1.76	5.74	1.61	0.003	1.61	9
21	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	552,328	1,154	0.3	1.64	0.48	0.001	0.48	2
22	*Sicyos microphyllus*	Amole	2,147,941	4,487	1.16	1.64	0.64	0.001	0.64	3
23	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	2,393,420	5,000	1.29	5.74	2.09	0.004	2.09	9
24	*Sonchus asper*	Cerraja	184,109	385	0.1	0.82	0.16	0.001	0.16	1
25	*Taraxacum officinale*	Diente de león	368,218	769	0.2	0.82	0.32	0.001	0.32	1
26	*Triticum aestivum*	Trigo	50,752,778	106,026	27.41	14.75	33.82	0.07	33.82	76
26	∑		**185,152,516**	**386,795**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	525,939	1,099	64.58	42.31	70.92	0.148	70.92	178
2	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	368	1	0.05	1.92	0.08	0.001	0.08	2
3	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	28,721	60	3.53	3.85	6.3	0.013	6.3	14
4	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	368	1	0.05	1.92	0.08	0.001	0.08	2
5	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	67,016	140	8.23	15.38	14.7	0.031	14.7	38
6	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	149,006	311	18.3	11.54	5.33	0.011	5.33	35
7	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	42,959	90	5.28	23.08	2.58	0.005	2.58	31
7	∑		**814,376**	**1,701**	**100**	**100**	**100**	**0.21**	**100**	**300**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) para el segundo muestreo, se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 3 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=195), mientras que la especie de menor valor fue la *Yucca filifera* (IVI=21) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 9 registradas, fue *Adolphia infesta* con IVI notablemente más alto (IVI=65). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 13 especies, *Muhlenbergia macroura* fue la especie con mayor (IVI = 77). Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 8 especies, la especie con mayor IVI es *Ferocactus latispinus* con un (IVI=88) (Tabla IV.48).

Tabla IV. 48 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal del segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2,163	67	25.64	14.29	43.48	1.340	43.48	83
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	6,058	187	71.79	71.43	52.17	1.608	52.17	195
3	*Yucca filifera*	Palma pita	216	7	2.56	14.29	4.35	0.134	4.35	21
3	∑		**8,437**	**260**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	68,148	2,100	25.00	14.81	25.00	0.770	25.00	65
2	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	6,490	200	2.38	3.70	2.38	0.073	2.38	8
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	53,004	1,633	19.44	18.52	19.44	0.599	19.44	57
4	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	22,716	700	8.33	11.11	8.33	0.257	8.33	28
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	54,086	1,667	19.84	22.22	19.84	0.611	19.84	62
6	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	2,163	67	0.79	3.70	0.79	0.024	0.79	5
7	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	11,899	367	4.37	3.70	4.37	0.135	4.37	12
8	*Salvia microphylla*	Mirto chico	28,125	867	10.32	11.11	10.32	0.318	10.32	32
9	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	25,961	800	9.52	11.11	9.52	0.293	9.52	30
9	∑		**272,593**	**8,400**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	757,202	23,333	6.48	13.33	6.48	0.200	6.48	26
2	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	324,515	10,000	2.78	3.33	2.78	0.086	2.78	9
3	*Asclepias linaria*	Pinillo	108,172	3,333	0.93	3.33	0.93	0.029	0.93	5
4	*Bouteloua gracilis*	Navajita	1,730,747	53,333	14.81	10.00	14.81	0.457	14.81	40
5	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	216,343	6,667	1.85	3.33	1.85	0.057	1.85	7
6	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	757,202	23,333	6.48	6.67	6.48	0.200	6.48	20
7	*Geranium seemannii*	Agujona	432,687	13,333	3.70	3.33	3.70	0.114	3.70	11
8	*Helenium mexicanum*	Cabezona	216,343	6,667	1.85	3.33	1.85	0.057	1.85	7
9	*Helianthus annuus*	Acahual	216,343	6,667	1.85	3.33	1.85	0.057	1.85	7
10	*Medicago lupulina*	Carretilla	432,687	13,333	3.70	3.33	3.70	0.114	3.70	11
11	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	2,920,635	90,000	25.00	26.67	25.00	0.770	25.00	77
12	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	973,545	30,000	8.33	10.00	8.33	0.257	8.33	27
13	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	2,596,120	80,000	22.22	10.00	22.22	0.685	22.22	54
13	∑		**11,682,540**	**360,000**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	25,745	793	10.07	16.28	14.43	0.445	14.43	41
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	216	7	0.08	2.33	0.15	0.004	0.15	3
3	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	101,681	3,133	39.76	16.28	31.78	0.979	31.78	88
4	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	36,129	1,113	14.13	6.98	24.34	0.750	24.34	45
5	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	28,557	880	11.17	13.95	5.25	0.162	5.25	30
6	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	30,288	933	11.84	13.95	8.75	0.270	8.75	35
7	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	23,149	713	9.05	16.28	9.77	0.301	9.77	35
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	9,952	307	3.89	13.95	5.54	0.171	5.54	23
8	∑		**255,718**	**7,880**	**100**	**100**	**100**	**3.08**	**100**	**300**

<u>SAR segundo muestreo general</u>: Los resultados obtenidos de los trabajos en campo del segundo muestreo ejecutado en otoño (octubre 2024) para el Sistema Ambiental Regional, comenzando por el muestreo total se identificaron cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 6 especies, donde *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=196), mientras que la especie de menor valor fue el *Prunus serótina* (IVI=8) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 19 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=102). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 34 especies, el *Triticum aestivum* fue la especie con mayor IVI = 34. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 13 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=66 (Tabla IV.49).

Tabla IV. 49 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en el segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	9,406	5	0.68	15.79	4.82	0.003	4.82	21
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	175,545	98	12.76	10.53	14.46	0.008	14.46	38
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	1,128,806	632	82.06	42.11	72.29	0.04	72.29	196
4	*Prunus serotina*	Capulín	14,877	8	1.08	5.26	1.2	0.001	1.2	8
5	*Schinus molle*	Pirul	2,303	1	0.17	10.53	2.41	0.001	2.41	13
6	*Yucca filifera*	Palma pita	44,630	25	3.24	15.79	4.82	0.003	4.82	24
6	**∑**		**1,375,567**	**771**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	2,465,214	1,381	13.67	4.14	9.15	0.005	9.15	27
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	76,783	43	0.43	2.07	0.87	0.001	0.87	3
3	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	503,888	282	2.79	4.14	2.35	0.001	2.35	9
4	*Atriplex muricata*	Atriplex	97,898	55	0.54	2.07	2.1	0.001	2.1	5
5	*Baccharis conferta*	Azoyate	6,849,044	3,837	37.97	28.28	35.6	0.02	35.6	102
6	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	1,113,354	624	6.17	6.9	6.55	0.004	6.55	20
7	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	142,528	80	0.79	4.14	2.47	0.001	2.47	7
8	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	700,165	392	3.88	8.97	5.07	0.003	5.07	18
9	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	14,877	8	0.08	0.69	0.12	0.001	0.12	1
10	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	279,298	156	1.55	2.07	1.11	0.001	1.11	5
11	*Dalea bicolor*	Engordacabra	23,035	13	0.13	0.69	0.49	0.001	0.49	1
12	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	40,311	23	0.22	1.38	0.87	0.001	0.87	2
13	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	11,517	6	0.06	0.69	0.25	0.001	0.25	1
14	*Lantana camara*	Cinco negritos	34,552	19	0.19	0.69	0.74	0.001	0.74	2
15	*Marrubium vulgare*	Marrubio	584,031	327	3.24	4.14	3.09	0.002	3.09	10
16	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	458,778	257	2.54	4.14	4.45	0.002	4.45	11
17	*Salvia microphylla*	Mirto chico	2,152,803	1,206	11.94	7.59	6.55	0.004	6.55	26
18	*Solanum americanum*	Hierba mora	34,552	19	0.19	0.69	0.74	0.001	0.74	2
19	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	2,453,217	1,374	13.6	16.55	17.43	0.01	17.43	48
19	**∑**		**18,035,847**	**10,103**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	73,711,682	41,290	5.37	3.49	2.76	0.002	2.76	12
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	21,547,230	12,070	1.57	4.8	1.77	0.001	1.77	8
3	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	82,109,823	45,995	5.98	6.55	4.86	0.003	4.86	17
4	*Asclepias linaria*	Pinillo	30,569,233	17,124	2.23	3.49	1.33	0.001	1.33	7
5	*Bouteloua gracilis*	Navajita	90,747,911	50,833	6.61	3.06	2.87	0.002	2.87	13
6	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	39,159,331	21,935	2.85	1.31	1.99	0.001	1.99	6
7	*Brassica rapa*	Mostaza	71,115,893	39,836	5.18	10.48	10.17	0.006	10.17	26
8	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	30,809,180	17,258	2.24	0.87	1.44	0.001	1.44	5
9	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	8,734,066	4,892	0.64	2.18	1.33	0.001	1.33	4
10	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	10,461,684	5,860	0.76	3.06	1.66	0.001	1.66	5
11	*Cirsium vulgare*	Cardo común	2,303,490	1,290	0.17	1.75	0.44	0.001	0.44	2
12	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	40,982,927	22,957	2.98	2.62	1.55	0.001	1.55	7
13	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	53,700,112	30,081	3.91	2.62	2.54	0.001	2.54	9
14	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	1,727,618	968	0.13	0.44	0.33	0.001	0.33	1
15	*Eruca vesicaria*	Arúgula	25,578,338	14,328	1.86	1.75	2.98	0.002	2.98	7
16	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	2,303,490	1,290	0.17	1.31	0.44	0.001	0.44	2
17	*Geranium seemannii*	Agujona	137,009,669	76,747	9.97	3.06	4.75	0.003	4.75	18
18	*Helenium mexicanum*	Cabezona	27,848,715	15,600	2.03	1.31	1.33	0.001	1.33	5
19	*Helianthus annuus*	Acahual	19,291,729	10,806	1.4	3.06	2.32	0.001	2.32	7
20	*Hordeum vulgare*	Cebada	76,495,066	42,849	5.57	4.8	10.83	0.006	10.83	21
21	*Medicago lupulina*	Carretilla	82,877,653	46,425	6.03	1.31	2.32	0.001	2.32	10
22	*Medicago sativa*	Alfalfa	6,910,470	3,871	0.5	0.87	1.33	0.001	1.33	3
23	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	26,778,072	15,000	1.95	2.18	1.22	0.001	1.22	5
24	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	93,291,348	52,258	6.79	6.99	3.54	0.002	3.54	17
25	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	23,802,731	13,333	1.73	0.87	0.44	0.001	0.44	3
26	*Physalis angulata*	Tomatillo	13,117,096	7,348	0.95	3.06	1.55	0.001	1.55	6
27	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	21,547,230	12,070	1.57	3.06	1.55	0.001	1.55	6
28	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	6,449,772	3,613	0.47	1.31	0.77	0.001	0.77	3
29	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	128,611,529	72,043	9.36	3.93	7.18	0.004	7.18	20
30	*Sicyos microphyllus*	Amole	2,639,416	1,478	0.19	0.87	0.33	0.001	0.33	1
31	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	12,765,174	7,151	0.93	4.8	2.1	0.001	2.1	8
32	*Sonchus asper*	Cerraja	5,614,757	3,145	0.41	0.87	0.55	0.001	0.55	2
33	*Taraxacum officinale*	Diente de león	2,303,490	1,290	0.17	0.44	0.44	0.001	0.44	1
34	*Triticum aestivum*	Trigo	100,873,669	56,505	7.34	7.42	19.01	0.011	19.01	34
34	**∑**		**1,373,789,593**	**769,542**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	4,188,897	2,346	14.71	20.61	30.79	0.017	30.79	66
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	23,803	13	0.08	0.61	0.07	0.001	0.07	1
3	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	5,951	3	0.02	0.61	0.03	0.001	0.03	1
4	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	6,700,469	3,753	23.54	8.48	10.86	0.006	10.86	43
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	2,415,977	1,353	8.49	3.03	6.18	0.003	6.18	18

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
6	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	8,888,496	4,979	31.22	8.48	23.68	0.013	23.68	63
7	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	201,459	113	0.71	1.82	0.66	0.001	0.66	3
8	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	12,669	7	0.04	0.61	0.36	0.001	0.36	1
9	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	2,704,393	1,515	9.5	19.39	14.67	0.008	14.67	44
10	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	1,952,400	1,094	6.86	18.18	6.51	0.004	6.51	32
11	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,305,791	731	4.59	16.97	6.02	0.003	6.02	28
12	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	23,803	13	0.08	0.61	0.13	0.001	0.13	1
13	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	44,630	25	0.16	0.61	0.03	0.001	0.03	1
13	∑		**28,468,738**	**15,947**	**100**	**100**	**100**	**0.06**	**100**	**300**

Para el Sistema Ambiental Regional en el uso de suelo agrícola segundo muestreo, se identificaron igualmente cuatro estratos, para el **estrato arbóreo** se registraron 5 especies, donde *Buddleja cordata* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=75), mientras que la especie de menor valor fue *Juniperus deppeana* (IVI=30) **en el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 19 registradas, fue *Baccharis conferta* con IVI notablemente más alto (IVI=95). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 33 especies, *Triticum aestivum* fue la especie con mayor IVI = 53. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 8 especies, la especie con mayor IVI es *Agave salmiana* con un IVI=148 (Tabla IV.50).

Tabla IV. 50 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	1,713	2	9.42	28.57	37.5	0.042	37.5	75
2	*Juniperus deppeana*	Sabino	571	1	3.14	14.29	12.5	0.014	12.5	30
3	*Prunus serotina*	Capulín	7,377	8	40.58	14.29	12.5	0.014	12.5	67
4	*Schinus molle*	Pirul	1,142	1	6.28	28.57	25	0.028	25	60
5	*Yucca filifera*	Palma pita	7,377	8	40.58	14.29	12.5	0.014	12.5	67
5	∑		**18,180**	**21**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	115,887	131	5.68	1.96	4.18	0.005	4.18	12
2	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	38,074	43	1.87	2.94	1.46	0.002	1.46	6
3	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	43,309	49	2.12	4.9	2.51	0.003	2.51	10
4	*Atriplex muricata*	Atriplex	48,544	55	2.38	2.94	3.56	0.004	3.56	9
5	*Baccharis conferta*	Azoyate	703,650	795	34.52	28.43	32.01	0.036	32.01	95
6	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	79,955	90	3.92	5.88	5.86	0.007	5.86	16
7	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	70,674	80	3.47	5.88	4.18	0.005	4.18	14
8	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	96,374	109	4.73	8.82	6.07	0.007	6.07	20
9	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	7,377	8	0.36	0.98	0.21	0.001	0.21	2
10	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	5,711	6	0.28	0.98	0.42	0.001	0.42	2
11	*Dalea bicolor*	Engordacabra	11,422	13	0.56	0.98	0.84	0.001	0.84	2
12	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	19,989	23	0.98	1.96	1.46	0.002	1.46	4
13	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,711	6	0.28	0.98	0.42	0.001	0.42	2
14	*Lantana camara*	Cinco negritos	17,133	19	0.84	0.98	1.26	0.001	1.26	3
15	*Marrubium vulgare*	Marrubio	83,048	94	4.07	4.9	3.77	0.004	3.77	13
16	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	79,955	90	3.92	2.94	5.86	0.007	5.86	13
17	*Salvia microphylla*	Mirto chico	42,119	48	2.07	4.9	2.09	0.002	2.09	9
18	*Solanum americanum*	Hierba mora	17,133	19	0.84	0.98	1.26	0.001	1.26	3
19	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	552,545	624	27.1	17.65	22.59	0.026	22.59	67
19	∑		**2,038,611**	**2,303**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	5,568,285	6,290	2.07	1.74	1.41	0.002	1.41	5
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	5,520,693	6,237	2.05	5.23	1.84	0.002	1.84	9
3	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	15,634,030	17,661	5.82	5.81	4.38	0.005	4.38	16
4	*Asclepias linaria*	Pinillo	2,617,570	2,957	0.97	2.33	0.85	0.001	0.85	4
5	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,688,394	4,167	1.37	1.16	0.71	0.001	0.71	3
6	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	1,713,318	1,935	0.64	0.58	0.85	0.001	0.85	2
7	*Brassica rapa*	Mostaza	35,263,640	39,836	13.12	13.95	12.99	0.015	12.99	40
8	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	1,998,871	2,258	0.74	0.58	0.99	0.001	0.99	2
9	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	4,330,888	4,892	1.61	2.91	1.69	0.002	1.69	6
10	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	5,187,547	5,860	1.93	4.07	2.12	0.002	2.12	8
11	*Cirsium vulgare*	Cardo común	1,142,212	1,290	0.42	2.33	0.56	0.001	0.56	3
12	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	2,617,570	2,957	0.97	1.16	0.85	0.001	0.85	3
13	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	8,923,533	10,081	3.32	2.91	2.4	0.003	2.4	9
14	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	856,659	968	0.32	0.58	0.42	0.001	0.42	1
15	*Eruca vesicaria*	Arúgula	12,683,315	14,328	4.72	2.33	3.81	0.004	3.81	11
16	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	1,142,212	1,290	0.42	1.74	0.56	0.001	0.56	3
17	*Geranium seemannii*	Agujona	3,022,103	3,414	1.12	1.74	1.27	0.001	1.27	4
18	*Helenium mexicanum*	Cabezona	2,006,248	2,266	0.75	1.16	1.13	0.001	1.13	3
19	*Helianthus annuus*	Acahual	5,139,955	5,806	1.91	3.49	2.54	0.003	2.54	8
20	*Hordeum vulgare*	Cebada	37,930,965	42,849	14.11	6.4	13.84	0.016	13.84	34
21	*Medicago lupulina*	Carretilla	1,998,871	2,258	0.74	0.58	0.99	0.001	0.99	2
22	*Medicago sativa*	Alfalfa	3,426,637	3,871	1.27	1.16	1.69	0.002	1.69	4
23	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	2,950,715	3,333	1.1	1.16	0.56	0.001	0.56	3
24	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	8,637,980	9,758	3.21	4.07	2.26	0.003	2.26	10
25	*Physalis angulata*	Tomatillo	6,504,264	7,348	2.42	4.07	1.98	0.002	1.98	8
26	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	4,045,335	4,570	1.5	2.91	1.55	0.002	1.55	6
27	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	3,198,194	3,613	1.19	1.74	0.99	0.001	0.99	4
28	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	19,512,793	22,043	7.26	2.91	6.07	0.007	6.07	16
29	*Sicyos microphyllus*	Amole	1,308,785	1,478	0.49	1.16	0.42	0.001	0.42	2
30	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	6,329,760	7,151	2.35	6.4	2.68	0.003	2.68	11
31	*Sonchus asper*	Cerraja	2,784,142	3,145	1.04	1.16	0.71	0.001	0.71	3
32	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,142,212	1,290	0.42	0.58	0.56	0.001	0.56	2
33	*Triticum aestivum*	Trigo	50,019,378	56,505	18.61	9.88	24.29	0.027	24.29	53
33	∑		**268,847,078**	**303,708**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	1,609,425	1,818	54.37	29	64.39	0.073	64.39	148
2	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	14,754	17	0.5	1	0.16	0.001	0.16	2
3	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	52,209	59	1.76	3	0.62	0.001	0.62	5
4	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	99,896	113	3.37	3	1.56	0.002	1.56	8
5	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	6,282	7	0.21	1	0.86	0.001	0.86	2
6	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	747,911	845	25.27	26	19.36	0.022	19.36	71
7	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	233,392	264	7.89	17	5.83	0.007	5.83	31
8	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	196,032	221	6.62	20	7.23	0.008	7.23	34
8	∑		**2,959,900**	**3,344**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) para el segundo muestreo realizado en la temporada de otoño, se identificaron igualmente cuatro estratos para el mismo tipo de vegetación presente dentro del AeP, para el **estrato arbóreo** se registraron 4 especies, donde el *Juniperus deppeana* obtuvo el valor de importancia más alto (IVI=221), mientras

que la especie de menor valor fue la *Buddleja cordata* (IVI=10) **en el estrato arbustivo**, las especies con mayor IVI, de las 10 registradas, fue la *Baccharis conferta* (IVI=108). En el **estrato herbáceo**, compuesto por 18 especies, el *Geranium seemanni*i fue la especie con mayor IVI = 40. Finalmente, en el **estrato de las cactáceas,** se registraron 11 especies, la especie con mayor IVI es *Mammillaria uncinata* con un IVI=97 (Tabla IV.51).

Tabla IV. 51 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal segundo muestreo

CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA										
ID	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**Densidad**	**Densidad relativa (%)**	**Frecuencia relativa (%)**	**Cobertura (%)**	**Dominancia**	**Dominancia relativa (%)**	**IVI (%)**
ESTRATO ARBÓREO										
1	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	3,000	3	0.44	8.33	1.33	0.001	1.33	10
2	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	88,499	98	13.11	16.67	16	0.018	16	46
3	*Juniperus deppeana*	Sabino	568,494	632	84.22	58.33	78.67	0.087	78.67	221
4	*Yucca filifera*	Palma pita	15,000	17	2.22	16.67	4	0.004	4	23
4	∑		**674,993**	**750**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO ARBUSTIVO										
1	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,124,988	1,250	16.03	9.3	16.31	0.018	16.31	42
2	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	209,998	233	2.99	2.33	2.11	0.002	2.11	7
3	*Baccharis conferta*	Azoyate	2,737,470	3,042	39	27.91	40.79	0.045	40.79	108
4	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	479,995	533	6.84	9.3	7.55	0.008	7.55	24
5	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	254,997	283	3.63	9.3	3.63	0.004	3.63	17
6	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	134,999	150	1.92	4.65	2.11	0.002	2.11	9
7	*Marrubium vulgare*	Marrubio	209,998	233	2.99	2.33	2.11	0.002	2.11	7
8	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	149,998	167	2.14	6.98	2.42	0.003	2.42	12
9	*Salvia microphylla*	Mirto chico	1,042,489	1,158	14.85	13.95	12.99	0.014	12.99	42
10	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	674,993	750	9.62	13.95	9.97	0.011	9.97	34
10	∑		**7,019,924**	**7,800**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO HERBÁCEO										
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	31,499,661	35,000	7.51	8.77	7.61	0.008	7.61	24
2	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	5,249,943	5,833	1.25	3.51	1.52	0.002	1.52	6
3	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	25,499,725	28,333	6.08	8.77	6.6	0.007	6.6	21
4	*Asclepias linaria*	Pinillo	12,749,863	14,167	3.04	7.02	3.05	0.003	3.05	13
5	*Bouteloua gracilis*	Navajita	41,999,547	46,667	10.02	8.77	10.66	0.012	10.66	29
6	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	17,999,806	20,000	4.29	3.51	6.09	0.007	6.09	14
7	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13,499,855	15,000	3.22	1.75	3.05	0.003	3.05	8
8	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	17,999,806	20,000	4.29	7.02	4.06	0.005	4.06	15
9	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	17,999,806	20,000	4.29	1.75	3.05	0.003	3.05	9
10	*Geranium seemannii*	Agujona	65,999,289	73,333	15.74	7.02	17.26	0.019	17.26	40
11	*Helenium mexicanum*	Cabezona	11,999,871	13,333	2.86	1.75	2.03	0.002	2.03	7
12	*Helianthus annuus*	Acahual	4,499,952	5,000	1.07	1.75	1.52	0.002	1.52	4
13	*Medicago lupulina*	Carretilla	39,749,572	44,167	9.48	3.51	7.11	0.008	7.11	20
14	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	10,499,887	11,667	2.5	5.26	3.55	0.004	3.55	11
15	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	38,249,588	42,500	9.12	15.79	8.12	0.009	8.12	33
16	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,999,871	13,333	2.86	3.51	2.03	0.002	2.03	8
17	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	6,749,927	7,500	1.61	3.51	1.52	0.002	1.52	7
18	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	44,999,515	50,000	10.73	7.02	11.17	0.012	11.17	29
18	∑		**419,245,481**	**465,833**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**
ESTRATO CACTACEAS										
1	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	475,495	528	4.19	7.69	6.16	0.007	6.16	18
2	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	12,000	13	0.11	1.54	0.11	0.001	0.11	2
3	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	3,000	3	0.03	1.54	0.06	0.001	0.06	2
4	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,362,964	3,737	29.65	20	18.7	0.021	18.7	68
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	1,217,987	1,353	10.74	7.69	10.72	0.012	10.72	29
6	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	4,427,952	4,920	39.04	16.92	40.59	0.045	40.59	97
7	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	602,994	670	5.32	9.23	11.23	0.012	11.23	26
8	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	746,992	830	6.59	20	7.01	0.008	7.01	34
9	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	458,995	510	4.05	12.31	5.13	0.006	5.13	21
10	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	12,000	13	0.11	1.54	0.23	0.001	0.23	2
11	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	22,500	25	0.2	1.54	0.06	0.001	0.06	2
11	∑		**11,342,878**	**12,603**	**100**	**100**	**100**	**0.11**	**100**	**300**

Índice de diversidad alfa de Shannon-Wiener: Un índice de diversidad es una medida matemática de la diversidad de especies en una comunidad. Los índices de diversidad proporcionan más información sobre la composición de la comunidad

que simplemente la riqueza de especies, ya que consideran la abundancia relativa de éstas. Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad en términos de estructura es el de Shannon, también conocido como Índice de Shannon-Wiener, derivado de la teoría de información como una medida de la entropía, este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Moreno, 2001 Op Cit). El índice de Shannon (H) se define como:

$$\mathrm{H} = -\sum_{i=1}^{s} Pi * LnPi$$

Donde:
H = Índice de diversidad de Shannon
Pi =Abundancia relativa de especies
S= número de especies en la muestra

En este sentido es importante mencionar que la diversidad es un concepto que se utiliza, sobre todo, centrándose en el hecho de la relación entre la diversidad y las perturbaciones, ya que puede ser visto como una disminución en la diversidad cuando las perturbaciones ambientales aumentan. Es así como el índice puede tomar valores entre 0 y el Ln(S), donde S es la riqueza específica (valor conocido como Hmax). Los valores máximos rara vez son mayores a 5, y en la literatura, los valores bajos de este índice se consideran indicadores de perturbación como consecuencia de la modificación o alteración de las condiciones naturales de una comunidad vegetal, considerando que los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral y los menores son las zonas desérticas.

A la vez, los valores de Shannon más altos indican que los individuos están más equitativamente distribuidos, o sea que **una comunidad es más diversa si tiene menos grupos dominantes**. Por lo que para complementar el índice es preciso determinar la equidad, mediante el índice de Pielou (**J´**) en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, donde 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, es decir, que hay menos dominancia (Magurran, 1988)[49].

J´=$H'/H'max$ $H'máx$= Ln (S)

Para el **Índice de Shannon-Wiener** el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa la técnica empleada para la obtención de los resultados fue la siguiente:

1. Obtener datos estadísticos confiables y representativos de la superficie del proyecto (Muestreos levantados).

2. Procesamiento de información en gabinete:

a. Fotointerpretación sobre el material cartográfico de apoyo, correspondiente al área de estudio en general, y complementado mediante fotografías de campo.

b. Identificación de especies acorde a cada tipo de vegetación, por medio de guías botánicas y claves taxonómicas y páginas web especializadas.

c. Obtención de riqueza florística.

d. Análisis por medio de índices de biodiversidad (bioestadística) con la información obtenida en campo (abundancia, especies encontradas e información dasométrica).

3. Consolidar la base de datos la cual es amplia en cuanto a registros de vegetación georreferenciada, dentro de esta se tomaron cuatro formaciones (arbóreo, arbustivo, cactáceas, hierbas).

Igualmente, esta posee datos de abundancia por especie y por tipo de vegetación.

Es importante considerar que se realizó el procedimiento que se describe a continuación:

1. Por especie, se deberá determinar el número de individuos por hectárea, ésta se obtiene al multiplicar la frecuencia registrada por 1 que es el número de hectáreas que se requiere determinar, el resultado de la operación anterior es dividido entre el total de la superficie muestreada (Numero de sitios de muestreo por el tamaño de los mismos).

2. Posteriormente calculamos el número total de individuos (muestra) que se asume están presentes en toda la superficie, mediante la extrapolación de datos entre los individuos/ha por la superficie del proyecto.

3. p(i) = Para el cálculo de abundancia relativa de las especies, este se determina mediante el número de individuos de cada especie entre el total de individuos de cada estrato.

4. El siguiente paso será determinar el logaritmo natural de p(i) de cada especie, y este deberá ser multiplicado por p(i).

5. Una vez determinados todos los pasos para todas las especies de cada estrato muestreado, se realiza la sumatoria de todas las especies.

6. El resultado de la sumatoria saldrá negativo, por lo que deberá multiplicarse por -1 para convertirlo a número positivo obteniendo el Índice de Shannon.

7. Para obtener la diversidad máxima es necesario cuantificar el número de especies por estrato y se calcula con el LN del total de las especies.

Las estimaciones de Shannon aplicadas se presentan en todos los estratos por debajo de su diversidad máxima esperada, lo que denota que son espacios perturbados en ambas unidades de análisis.

AeP primer muestreo general: Los registros de flora obtenidos de los trabajos en campo del primer muestreo ejecutado en invierno (enero 2024) dentro de la superficie del área de establecimiento del proyecto, registraron los siguientes valores de diversidad; H´= 0.6831 (estrato arbóreo), H´=1.6836 (estrato arbustivo), H´=2.1351 (estrato herbáceo) y H´= 1.8092 (estrato cactáceas) (Tabla IV.52); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo fue valor menor a 2, mientras que para el estrato arbustivo, herbáceo y

cactáceas fue de valores menores a 3, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.4244 (estrato arbóreo), J' = 0.6391 (estrato arbustivo), J' = 0.7536 (estrato herbáceo) y J' = 0.7857 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato herbáceo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y arbustivo, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 52 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	786	0.0052	-5.261	-0.0273
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	34,076	0.2249	-1.492	-0.3356
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	112,843	0.7448	-0.2946	-0.2194
4	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	393	0.0026	-5.9541	-0.0155
5	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	3,408	0.0225	-3.7946	-0.0853
5	Total				151,506	1	-	-0.6831
I. Shannon H								**0.6831**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.6094**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.4244**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,100,907	0.2729	-1.2988	-0.3544
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,898	0.0015	-6.5281	-0.0095
3	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,093,699	0.2711	-1.3054	-0.3538
4	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	416,772	0.1033	-2.2701	-0.2345
5	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,864	0.0019	-6.2404	-0.0122
6	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	842,063	0.2087	-1.5668	-0.327
7	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	41,939	0.0104	-4.5665	-0.0475
8	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,932	0.001	-6.9336	-0.0068
9	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,898	0.0015	-6.5281	-0.0095
10	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	5,898	0.0015	-6.5281	-0.0095
11	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	31,454	0.0078	-4.8541	-0.0378
12	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	452,814	0.1122	-2.1872	-0.2455
13	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,898	0.0015	-6.5281	-0.0095
14	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	19,659	0.0049	-5.3241	-0.0259
14	Total				4,034,694	1	-	-1.6836
I. Shannon H								**1.6836**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.6391**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6379**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	982,953	0.0044	-5.4279	-0.0238
2	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	1,769,315	0.0079	-4.8401	-0.0383
3	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	17,037,850	0.0761	-2.5753	-0.1961
4	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	37,286,679	0.1666	-1.7921	-0.2986
5	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	196,591	0.0009	-7.0373	-0.0062
6	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	393,181	0.0018	-6.3442	-0.0111
7	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	15,334,065	0.0685	-2.6806	-0.1837
8	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	1,572,725	0.007	-4.9579	-0.0348
9	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	34,534,411	0.1543	-1.8687	-0.2884
10	Fabaceae	Medicago	*Medicago sativa*	Alfalfa	2,162,496	0.0097	-4.6394	-0.0448
11	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	5,897,717	0.0264	-3.6361	-0.0958
12	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	50,982,490	0.2278	-1.4792	-0.337
13	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,926,495	0.0533	-2.9319	-0.1563
14	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	393,181	0.0018	-6.3442	-0.0111
15	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	196,591	0.0009	-7.0373	-0.0062
16	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	7,011,731	0.0313	-3.4631	-0.1085

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
17	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	36,107,136	0.1613	-1.8242	-0.2943
17	Total				223,785,607	1	-	-2.1351
I. Shannon H								**2.1351**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.8332**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7536**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	963,163	0.1968	-1.6254	-0.3199
2	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	3,408	0.0007	-7.2696	-0.0051
3	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	1,601,558	0.3273	-1.1169	-0.3656
4	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	569,064	0.1163	-2.1516	-0.2502
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	450,192	0.092	-2.386	-0.2195
6	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	30,668	0.0063	-5.0724	-0.0318
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	393	0.0001	-9.4291	-0.0008
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	548,619	0.1121	-2.1882	-0.2453
9	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	523,717	0.107	-2.2347	-0.2392
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	202,619	0.0414	-3.1843	-0.1319
10	Total				4,893,402	1	-	-1.8092
I. Shannon H								**1.8092**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.3026**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7857**

En el uso de suelo agrícola, se registraron valores de diversidad H´= 0.2765 (estrato arbóreo), H´=1.7002 (estrato arbustivo), H´=1.7735 (estrato herbáceo) y H´= 1.0817 (estrato cactáceas) (Tabla IV.53); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo y cactáceas fueron valores menores a 2, mientras que para el estrato herbáceo y arbustivo fue de valores menores a 3, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.2517 (estrato arbóreo), J' = 0.6443 (estrato arbustivo), J' = 0.6549 (estrato herbáceo) y J' = 0.5559 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 53 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo agrícola primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	Buddleja cordata	Tepozán blanco	736	0.0423	-3.1641	-0.1337
2	Cupressaceae	Juniperus	Juniperus deppeana	Sabino	16324	0.9366	-0.0655	-0.0613
3	Anacardiaceae	Schinus	Schinus molle	Pirul	368	0.0211	-3.8572	-0.0815
3	Total				17,429	1	-	-0.2765
I. Shannon H								**0.2765**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.0986**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.2517**
ESTRATO ARBUSTIVO								

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Rhamnaceae	Adolphia	Adolphia infesta	Abrojo	25,775	0.0464	-3.0703	-0.1425
2	Asteraceae	Amargocilla	Ageratina petiolaris	Amargocilla	5,523	0.0099	-4.6107	-0.0459
3	Asteraceae	Baccharis	Baccharis conferta	Azoyate	274,323	0.4939	-0.7054	-0.3484
4	Asteraceae	Baccharis	Baccharis pteronioides	Carátacua	55,233	0.0994	-2.3081	-0.2295
5	Asteraceae	Barkleyanthus	Barkleyanthus salicifolius	Azomiate	7,364	0.0133	-4.323	-0.0573
6	Rubiaceae	Bouvardia	Bouvardia ternifolia	Trompetilla	102,487	0.1845	-1.6899	-0.3118
7	Orobanchaceae	Castilleja	Castilleja tenuiflora	Garañona	7,364	0.0133	-4.323	-0.0573
8	Fabaceae	Dalea	Dalea bicolor	Engordacabra	3,682	0.0066	-5.0162	-0.0333
9	Asteraceae	Heterotheca	Heterotheca inuloides	Árnica mexicana	5,523	0.0099	-4.6107	-0.0459
10	Lamiaceae	Marrubium	Marrubium vulgare	Marrubio	5,523	0.0099	-4.6107	-0.0459
11	Lamiaceae	Salvia	Salvia amarissima	Hierba del cáncer	29,457	0.0530	-2.9367	-0.1558
12	Lamiaceae	Salvia	Salvia microphylla	Mirto chico	9,205	0.0166	-4.0999	-0.068
13	Solanaceae	Solanum	Solanum americanum	Hierba mora	5,523	0.0099	-4.6107	-0.0459
14	Asteraceae	Zaluzania	Zaluzania augusta	Hierba blanca	18,411	0.0331	-3.4067	-0.1129
14	Total				555,396	1	-	-1.7002
I. Shannon H								**1.7002**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.6391**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6443**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Papaveraceae	Argemone	Argemone ochroleuca	Cardo santo	920,546	0.007	-4.961	-0.0348
2	Asteraceae	Artemisia	Artemisia ludoviciana	Estafiate	1,656,983	0.0126	-4.3732	-0.0552
3	Brassicaceae	Brassica	Brassica rapa	Mostaza	34,919,384	0.2658	-1.3251	-0.3522
4	Poaceae	Cenchrus	Cenchrus longisetus	Zacate africano plumoso	184,109	0.0014	-6.5704	-0.0092
5	Geraniaceae	Erodium	Erodium cicutarium	Alfilerillo	368,218	0.0028	-5.8773	-0.0165
6	Brassicaceae	Eruca	Eruca vesicaria	Arúgula	14,360,520	0.1093	-2.2137	-0.2419
7	Geraniaceae	Geranium	Geranium seemannii	Agujona	1,472,874	0.0112	-4.491	-0.0503
8	Poaceae	Hordeum	Hordeum vulgare	Cebada	32,341,855	0.2461	-1.4018	-0.3451
9	Fabaceae	Medicago	Medicago sativa	Alfalfa	2,025,202	0.0154	-4.1725	-0.0643
10	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia capillaris	Pasto	736,437	0.0056	-5.1841	-0.0291
11	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia macroura	Zacatón	1,472,874	0.0112	-4.491	-0.0503
12	Resedaceae	Reseda	Reseda luteola	Acelguilla euroasiática	368,218	0.0028	-5.8773	-0.0165
13	Asteraceae	Sonchus	Sonchus asper	Cerraja	184,109	0.0014	-6.5704	-0.0092
14	Asteraceae	Taraxacum	Taraxacum officinale	Diente de león	6,566,563	0.0500	-2.9962	-0.1497
15	Poaceae	Triticum	Triticum aestivum	Trigo	33,814,729	0.2574	-1.3573	-0.3493
15	Total				131,392,621	1	-	-1.7735
I. Shannon H								**1.7735**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.7081**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6549**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	Agave salmiana	Maguey pulquero	522,257	0.6442	-0.4397	-0.2833
2	Cactaceae	Mammillaria	Mammillaria uncinata	Biznaga ganchuda	368	0.0005	-7.697	-0.0035
3	Cactaceae	Opuntia	Opuntia ficus-indica	Nopal de castilla	28,721	0.0354	-3.3403	-0.1183

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
4	Cactaceae	Opuntia	Opuntia lasiacantha	Nopal de cerro	368	0.0005	-7.697	-0.0035
5	Cactaceae	Opuntia	Opuntia leucotricha	Nopal Duraznillo	67,016	0.0827	-2.493	-0.2061
6	Cactaceae	Opuntia	Opuntia robusta	Nopal camueso	149,006	0.1838	-1.6939	-0.3113
7	Cactaceae	Opuntia	Opuntia streptacantha	Nopal cardón	42,959	0.053	-2.9376	-0.1557
7	Total				810,694	1	-	-1.0817
I. Shannon H								**1.0817**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.9459**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.5559**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo), se registraron valores de diversidad H´= 0.6808 (estrato arbóreo), H´=1.5769 (estrato arbustivo), H´=1.0838 (estrato herbáceo) y H´= 1.7216 (estrato cactáceas) (Tabla IV.54); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo, herbáceo y arbustivo fueron valores menores a 2, mientras que para el estrato de las cactáceas fue de valor menor a 2.5, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.
En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.6197 (estrato arbóreo), J' = 0.8801 (estrato arbustivo), J' = 0.7818 (estrato herbáceo) y J' = 0.8279 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y hierbas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 54 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
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	2,163	0.2564	-1.361	-0.349
2	Cupressaceae	Juniperus	Juniperus deppeana	Sabino	6,058	0.7179	-0.3314	-0.2379
3	Asparagaceae	Yucca	Yucca filifera	Palma pita	216	0.0256	-3.6636	-0.0939
3	Total				8,437	1	-	-0.6808
I. Shannon H								**0.6808**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.0986**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6197**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	Adolphia infesta	Abrojo	68,148	0.3119	-1.1651	-0.3634
2	Asteraceae	Baccharis	Baccharis conferta	Azoyate	50,841	0.2327	-1.4581	-0.3393
3	Asteraceae	Baccharis	Baccharis pteronioides	Carátacua	22,716	0.1040	-2.2637	-0.2353
4	Rubiaceae	Bouvardia	Bouvardia ternifolia	Trompetilla	46,514	0.2129	-1.5471	-0.3293
5	Orobanchaceae	Castilleja	Castilleja tenuiflora	Garañona	2,163	0.0099	-4.6151	-0.0457
6	Lamiaceae	Salvia	Salvia microphylla	Mirto chico	28,125	0.1287	-2.0502	-0.2639
6	Total				218,507	1	-	-1.5769

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
I. Shannon H								**1.5769**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.7918**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8801**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	Bouteloua	Bouteloua gracilis	Navajita	1,081,717	0.2041	-1.5892	-0.3243
2	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia capillaris	Pasto	324,515	0.0612	-2.7932	-0.171
3	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia macroura	Zacatón	3,136,978	0.5918	-0.5245	-0.3104
4	Pteridaceae	Myriopteris	Myriopteris aurea	Helecho dorado	757,202	0.1429	-1.9459	-0.278
4	Total				5,300,412	1	-	-1.0838
I. Shannon H								**1.0838**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.3863**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7818**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	Agave salmiana	Maguey pulquero	25,745	0.1007	-2.2958	-0.2311
2	Cactaceae	Coryphantha	Coryphantha pycnacantha	Biznaga partida chiche de burro	216	0.0008	-7.075	-0.006
3	Cactaceae	Ferocactus	Ferocactus latispinus	Biznaga ganchuda	101,681	0.3976	-0.9222	-0.3667
4	Cactaceae	Mammillaria	Mammillaria magnimamma	Biznaga de chilitos	36,129	0.1413	-1.957	-0.2765
5	Cactaceae	Mammillaria	Mammillaria uncinata	Biznaga ganchuda	28,557	0.1117	-2.1922	-0.2448
6	Cactaceae	Opuntia	Opuntia leucotricha	Nopal Duraznillo	30,288	0.1184	-2.1333	-0.2527
7	Cactaceae	Opuntia	Opuntia robusta	Nopal camueso	23,149	0.0905	-2.4021	-0.2175
8	Cactaceae	Opuntia	Opuntia streptacantha	Nopal cardón	9,952	0.0389	-3.2463	-0.1263
8	Total				255,718	1	-	-1.7216
I. Shannon H								**1.7216**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8279**

SAR primer muestreo general: Los registros de flora obtenidos de los trabajos en campo del primer muestreo ejecutado en invierno (enero 2024) dentro de la superficie del SAR registran los siguientes valores de diversidad H´= 0.6299 (estrato arbóreo), H´=1.8193 (estrato arbustivo), H´=2.4515 (estrato herbáceo) y H´=1.8022 (estrato cactáceas), (Tabla IV.55); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el caso del estrato arbóreo fue menor a 2, para los estratos arbustivo y cactáceas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3, mientras que en el estrato herbáceo este se encuentra con una diversidad máxima esperada (H´max) menor a 3.5, apuntando a que el área del SAR corresponde a un área con una diversidad florística media con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación importante a consecuencia de la intervención humana principalmente.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.3516 (estrato arbóreo), J' = 0.6422 (estrato arbustivo), J' = 0.7931 (estrato herbáceo) y J' = 0.7026 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en los estratos herbáceo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para el estrato arbustivo y arbóreo donde los valores tendieron

a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 55 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	9,406	0.0068	-4.9853	-0.0341
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	175,545	0.1276	-2.0587	-0.2627
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	1,128,806	0.8206	-0.1977	-0.1622
4	Rosaceae	Prunus	*Prunus serotina*	Capulín	14,877	0.0108	-4.5268	-0.049
5	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	2,303	0.0017	-6.3922	-0.0107
6	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	44,630	0.0324	-3.4282	-0.1112
6	Total				1,375,567	1	-	-0.6299
I. Shannon H								**0.6299**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.7918**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.3516**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	2,494,968	0.1519	-1.8843	-0.2863
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	76,783	0.0047	-5.3653	-0.0251
3	Amaranthaceae	Atriplex	*Atriplex muricata*	Atriplex	97,898	0.006	-5.1224	-0.0305
4	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	7,016,047	0.4273	-0.8504	-0.3633
5	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	1,113,354	0.0678	-2.6912	-0.1825
6	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	142,528	0.0087	-4.7468	-0.0412
7	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	581,151	0.0354	-3.3413	-0.1183
8	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	14,877	0.0009	-7.0065	-0.0063
9	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	279,298	0.017	-4.074	-0.0693
10	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	23,035	0.0014	-6.5693	-0.0092
11	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	11,517	0.0007	-7.2625	-0.0051
12	Verbenaceae	Lantana	*Lantana camara*	Cinco negritos	34,552	0.0021	-6.1638	-0.013
13	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	584,031	0.0356	-3.3364	-0.1187
14	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	161,244	0.0098	-4.6234	-0.0454
15	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	2,213,270	0.1348	-2.0041	-0.2701
16	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	34,552	0.0021	-6.1638	-0.013
17	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	1,541,899	0.0939	-2.3655	-0.2221
17	Total				16,421,005	1	-	-1.8193
I. Shannon H								**1.8193**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.8332**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6422**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	7,582,321	0.0119	-4.4347	-0.0526
2	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	93,339,337	0.146	-1.9243	-0.2809
3	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	99,673,935	0.1559	-1.8586	-0.2897
4	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	82,013,844	0.1283	-2.0537	-0.2634
5	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	30,809,180	0.0482	-3.0327	-0.1461
6	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	2,975,341	0.0047	-5.3702	-0.025
7	Chenopodiaceae	Chenopodium	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	5,758,725	0.009	-4.7098	-0.0424
8	Asteraceae	Cirsium	*Cirsium vulgare*	Cardo común	2,303,490	0.0036	-5.6261	-0.0203
9	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	1,727,618	0.0027	-5.9138	-0.016
10	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	28,553,679	0.0447	-3.1088	-0.1388
11	Apiaceae	Eryngium	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	2,303,490	0.0036	-5.6261	-0.0203
12	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	5,758,725	0.009	-4.7098	-0.0424
13	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	65,601,477	0.1026	-2.2769	-0.2336
14	Fabaceae	Medicago	*Medicago sativa*	Alfalfa	6,910,470	0.0108	-4.5275	-0.0489
15	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	26,778,072	0.0419	-3.173	-0.1329
16	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	88,828,336	0.1389	-1.9738	-0.2742
17	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	23,802,731	0.0372	-3.2907	-0.1225
18	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	2,879,363	0.0045	-5.403	-0.0243
19	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	1,727,618	0.0027	-5.9138	-0.016
20	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	3,551,214	0.0056	-5.1933	-0.0288
21	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	2,879,363	0.0045	-5.403	-0.0243
22	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	53,652,123	0.0839	-2.478	-0.2079
22	Total				639,410,450	1	-	-2.4515
I. Shannon H								**2.4515**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.091**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7931**
ESTRATO CACTACEAS								

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	4,188,897	0.1462	-1.9226	-0.2811
2	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	23,803	0.0008	-7.093	-0.0059
3	Cactaceae	Echinocereus	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	5,951	0.0002	-8.4793	-0.0018
4	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	6,700,469	0.2339	-1.4529	-0.3398
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	2,415,977	0.0843	-2.473	-0.2086
6	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	9,067,017	0.3165	-1.1504	-0.3641
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	201,459	0.007	-4.9572	-0.0349
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	12,669	0.0004	-7.7236	-0.0034
9	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	2,704,393	0.0944	-2.3602	-0.2228
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	1,952,400	0.0682	-2.686	-0.1831
11	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,305,791	0.0456	-3.0882	-0.1408
12	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costillluda	23,803	0.0008	-7.093	-0.0059
13	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	44,630	0.0016	-6.4644	-0.0101
13	Total				28,647,258	1	-	-1.8022
I. Shannon H								**1.8022**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.5649**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7026**

En el **uso de suelo agrícola**, se registraron valores de diversidad H´= 1.2371 (estrato arbóreo), H´=2.0008 (estrato arbustivo), H´=2.3175 (estrato herbáceo) y H´=1.2840 (estrato cactáceas), (Tabla IV.56); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el caso del estrato arbóreo fue menor a 2, para los estratos arbustivo y cactáceas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3 y para las hierbas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3.5, apuntando a que el área del SAR corresponde a un área con una diversidad florística media con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación importante a consecuencia de la intervención humana principalmente.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.7687 (estrato arbóreo), J' = 0.7062 (estrato arbustivo), J' = 0.7612 (estrato herbáceo) y J' = 0.6175 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en los estratos arbóreo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para el estrato arbustivo y cactáceas donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 56 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	1713	0.0942	-2.3619	-0.2226
2	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	571	0.0314	-3.4605	-0.1087
3	Rosaceae	Prunus	*Prunus serotina*	Capulín	7377	0.4058	-0.902	-0.366
4	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	1142	0.0628	-2.7674	-0.1739
5	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	7377	0.4058	-0.902	-0.366
5	Total				18,180	1	-	-1.2371
I. Shannon H								**1.2371**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.6094**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7687**
ESTRATO ARBUSTIVO								

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	130,641	0.0709	-2.6466	-0.1876
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	38,074	0.0207	-3.8795	-0.0802
3	Amaranthaceae	Atriplex	*Atriplex muricata*	Atriplex	48,544	0.0263	-3.6366	-0.0958
4	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	697,939	0.3787	-0.9709	-0.3677
5	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	79,955	0.0434	-3.1376	-0.1361
6	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	70,674	0.0384	-3.2609	-0.1251
7	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	96,374	0.0523	-2.9508	-0.1543
8	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	7,377	0.004	-5.5207	-0.0221
9	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	5,711	0.0031	-5.7766	-0.0179
10	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	11,422	0.0062	-5.0835	-0.0315
11	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,711	0.0031	-5.7766	-0.0179
12	Verbenaceae	Lantana	*Lantana camara*	Cinco negritos	17,133	0.0093	-4.678	-0.0435
13	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	83,048	0.0451	-3.0996	-0.1397
14	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	79,955	0.0434	-3.1376	-0.1361
15	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	27,841	0.0151	-4.1925	-0.0633
16	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	17,133	0.0093	-4.678	-0.0435
17	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	425,236	0.2308	-1.4664	-0.3384
17	Total				1,842,769	1	-	-2.0008
I. Shannon H								**2.0008**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.8332**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7062**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	3,759,782	0.0215	-3.8386	-0.0826
2	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	21,202,315	0.1214	-2.1089	-0.256
3	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,688,394	0.0211	-3.8578	-0.0815
4	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	40,667,516	0.2328	-1.4576	-0.3393
5	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	1,998,871	0.0114	-4.4704	-0.0512
6	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	1,475,358	0.0084	-4.7741	-0.0403
7	Chenopodiaceae	Chenopodium	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	2,855,531	0.0163	-4.1137	-0.0672
8	Asteraceae	Cirsium	*Cirsium vulgare*	Cardo común	1,142,212	0.0065	-5.03	-0.0329
9	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	856,659	0.0049	-5.3177	-0.0261
10	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	14,158,673	0.0811	-2.5127	-0.2037
11	Apiaceae	Eryngium	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	1,142,212	0.0065	-5.03	-0.0329
12	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	2,855,531	0.0163	-4.1137	-0.0672
13	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	32,529,253	0.1862	-1.6809	-0.313
14	Fabaceae	Medicago	*Medicago sativa*	Alfalfa	3,426,637	0.0196	-3.9314	-0.0771
15	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	2,950,715	0.0169	-4.0809	-0.0689
16	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	7,900,301	0.0452	-3.0961	-0.14

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
17	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	1,427,765	0.0082	-4.8069	-0.0393
18	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	856,659	0.0049	-5.3177	-0.0261
19	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	1,760,911	0.0101	-4.5972	-0.0463
20	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,427,765	0.0082	-4.8069	-0.0393
21	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	26,604,027	0.1523	-1.8819	-0.2866
21	Total				174,687,087	1	-	-2.3175
I. Shannon H								**2.3175**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.0445**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7612**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	1,609,425	0.5437	-0.6093	-0.3313
2	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	14,754	0.005	-5.3014	-0.0264
3	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	52,209	0.0176	-4.0377	-0.0712
4	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	99,896	0.0337	-3.3888	-0.1144
5	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	6,282	0.0021	-6.1552	-0.0131
6	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	747,911	0.2527	-1.3756	-0.3476
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	233,392	0.0789	-2.5402	-0.2003
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	196,032	0.0662	-2.7146	-0.1798
8	Total				2,959,900	1	-	-1.284
I. Shannon H								**1.2840**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6175**

Para el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) del SAR, se registraron valores de diversidad H´= 0.5197 (estrato arbóreo), H´=1.6188 (estrato arbustivo), H´=1.6367 (estrato herbáceo) y H´= 1.5890 (estrato cactáceas) (Tabla IV.57); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo y herbáceo fueron valores menores a 2, mientras que para el estrato arbustivo y cactáceas fue de valores menores a 3, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J’ = 0.3749 (estrato arbóreo), J’ = 0.7785 (estrato arbustivo), J’ = 0.9135 (estrato herbáceo) y J’ = 0.6627 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 57 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal primer muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	3,000	0.0044	-5.4161	-0.0241
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	88,499	0.1311	-2.0317	-0.2664
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	568,494	0.8422	-0.1717	-0.1446
4	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	15,000	0.0222	-3.8067	-0.0846
4	Total				674,993	1	-	-0.5197
I. Shannon H								**0.5197**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.3863**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.3749**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,124,988	0.1756	-1.7393	-0.3055
2	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	2,827,470	0.4415	-0.8177	-0.361
3	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	479,995	0.0749	-2.591	-0.1942
4	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	194,998	0.0304	-3.4918	-0.1063
5	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	134,999	0.0211	-3.8596	-0.0813
6	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	209,998	0.0328	-3.4177	-0.1121
7	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	1,087,488	0.1698	-1.7732	-0.3011
8	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	344,996	0.0539	-2.9213	-0.1574
8	Total				6,404,931	1	-	-1.6188
I. Shannon H								**1.6188**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7785**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	25,499,725	0.1762	-1.7363	-0.3059
2	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	46,499,499	0.3212	-1.1356	-0.3648
3	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13,499,855	0.0933	-2.3723	-0.2213
4	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	10,499,887	0.0725	-2.6236	-0.1903
5	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	36,749,604	0.2539	-1.3709	-0.348
6	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,999,871	0.0829	-2.4901	-0.2064
6	Total				144,748,440	1	-	-1.6367
I. Shannon H								**1.6367**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.7918**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.9135**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	475,495	0.0416	-3.1799	-0.1323
2	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	12,000	0.001	-6.8594	-0.0072
3	Cactaceae	Echinocereus	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	3,000	0.0003	-8.2456	-0.0022
4	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,362,964	0.2941	-1.2237	-0.3599
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	1,217,987	0.1065	-2.2393	-0.2386
6	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	4,517,951	0.3952	-0.9284	-0.3669
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	602,994	0.0527	-2.9423	-0.1552
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	746,992	0.0653	-2.7282	-0.1783
9	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	458,995	0.0401	-3.2152	-0.1291
10	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	12,000	0.001	-6.8594	-0.0072
11	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	22,500	0.002	-6.2307	-0.0123
11	Total				11,432,877	1	-	-1.589
I. Shannon H								**1.5890**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.3979**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6627**

AeP segundo muestreo general: Los registros de flora obtenidos de los trabajos en campo del segundo muestreo ejecutado en otoño (octubre 2024) dentro de la superficie del área de establecimiento del proyecto, registraron los siguientes valores de diversidad; H´= 0.6831 (estrato arbóreo), H´=1.9601 (estrato arbustivo), H´=2.7387 (estrato herbáceo) y H´= 1.8090 (estrato cactáceas) (Tabla IV.58); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo fue valor menor a 2, mientras que para el estrato arbustivo y cactáceas fue de valores menores a 3, mientras que para las hierbas el valor fue menor a 3.5,

apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.
En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.4244 (estrato arbóreo), J' = 0.7070 (estrato arbustivo), J' = 0.8052 (estrato herbáceo) y J' = 0.7856 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato herbáceo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y arbustivo, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 58 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	786	0.0052	-5.261	-0.0273
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	34,076	0.2249	-1.492	-0.3356
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	112,843	0.7448	-0.2946	-0.2194
4	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	393	0.0026	-5.9541	-0.0155
5	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	3,408	0.0225	-3.7946	-0.0853
5	Total				151,506	1	-	-0.6831
I. Shannon H								**0.6831**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.6094**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.4244**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,100,907	0.2189	-1.519	-0.3326
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5,898	0.0012	-6.7484	-0.0079
3	Asteraceae	Ageratina	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	102,227	0.0203	-3.8957	-0.0792
4	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	1,147,434	0.2282	-1.4777	-0.3372
5	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	416,772	0.0829	-2.4904	-0.2064
6	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	7,864	0.0016	-6.4607	-0.0101
7	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	963,294	0.1916	-1.6526	-0.3166
8	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	41,939	0.0083	-4.7867	-0.0399
9	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	3,932	0.0008	-7.1538	-0.0056
10	Asteraceae	Gymnosperma	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	9,830	0.002	-6.2375	-0.0122
11	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,898	0.0012	-6.7484	-0.0079
12	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	1,966	0.0004	-7.847	-0.0031
13	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	218,871	0.0435	-3.1345	-0.1364
14	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	452,814	0.0900	-2.4075	-0.2168
15	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	5,898	0.0012	-6.7484	-0.0079
16	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	543,245	0.1080	-2.2254	-0.2404
16	Total				5,028,787	1	-	-1.9601
I. Shannon H								**1.9601**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.7726**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7070**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Achillea	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	12,319,676	0.0323	-3.4335	-0.1108
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	1,572,725	0.0041	-5.4919	-0.0226
3	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	17,889,743	0.0469	-3.0604	-0.1434
4	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	1,900,376	0.005	-5.3026	-0.0264
5	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	29,029,875	0.0761	-2.5763	-0.1959
6	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	3,407,570	0.0089	-4.7187	-0.0421
7	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	37,745,391	0.0989	-2.3138	-0.2288
8	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	11,009,072	0.0288	-3.546	-0.1023
9	Chenopodiaceae	Chenopodium	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	982,953	0.0026	-5.9619	-0.0154
10	Asteraceae	Cosmos	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	1,179,543	0.0031	-5.7795	-0.0179
11	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	12,712,857	0.0333	-3.4021	-0.1133
12	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	393,181	0.001	-6.8782	-0.0071
13	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	14,744,293	0.0386	-3.2538	-0.1257
14	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	7,994,683	0.0209	-3.8659	-0.081
15	Asteraceae	Helenium	*Helenium mexicanum*	Cabezona	4,783,704	0.0125	-4.3795	-0.0549
16	Asteraceae	Helianthus	*Helianthus annuus*	Acahual	9,763,999	0.0256	-3.666	-0.0938
17	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	39,187,055	0.1027	-2.2763	-0.2337

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
18	Fabaceae	Medicago	*Medicago lupulina*	Carretilla	6,815,140	0.0179	-4.0255	-0.0719
19	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	786,362	0.0021	-6.185	-0.0127
20	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	47,181,738	0.1236	-2.0907	-0.2584
21	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	15,334,065	0.0402	-3.2146	-0.1291
22	Solanaceae	Physalis	*Physalis angulata*	Tomatillo	393,181	0.001	-6.8782	-0.0071
23	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	3,473,100	0.0091	-4.6996	-0.0428
24	Polygonaceae	Rumex	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	589,772	0.0015	-6.4727	-0.01
25	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	40,890,840	0.1071	-2.2338	-0.2393
26	Cucurbitaceae	Sicyos	*Sicyos microphyllus*	Amole	2,293,557	0.006	-5.1146	-0.0307
27	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	2,555,678	0.0067	-5.0064	-0.0335
28	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	196,591	0.0005	-7.5713	-0.0039
29	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	393,181	0.001	-6.8782	-0.0071
30	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	54,193,469	0.142	-1.9521	-0.2771
30	Total				381,713,370	1	-	-2.7387
I. Shannon H								**2.7387**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.4012**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8052**
ESTRATO CACTACEAS								
1	*Asparagaceae*	*Agave*	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	967,095	0.1975	-1.6221	-0.3203
2	*Cactaceae*	*Coryphantha*	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	3,408	0.0007	-7.2704	-0.0051
3	*Cactaceae*	*Ferocactus*	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	1,601,558	0.327	-1.1177	-0.3655
4	*Cactaceae*	*Mammillaria*	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	569,064	0.1162	-2.1525	-0.2501
5	*Cactaceae*	*Mammillaria*	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	450,192	0.0919	-2.3868	-0.2194
6	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	30,668	0.0063	-5.0732	-0.0318
7	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	393	0.0001	-9.4299	-0.0008
8	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	548,619	0.112	-2.189	-0.2452
9	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	523,717	0.1069	-2.2355	-0.2391
10	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	202,619	0.0414	-3.1851	-0.1318
10	Total				4,897,333	1	-	-1.809
I. Shannon H								**1.8090**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.3026**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7856**

En el uso de suelo agrícola, se registraron valores de diversidad H´= 0.2765 (estrato arbóreo), H´=1.7927 (estrato arbustivo), H´=2.1704 (estrato herbáceo) y H´= 1.0788 (estrato cactáceas) (Tabla IV.59); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo y cactáceas fueron valores menores a 2, mientras que para el estrato herbáceo y arbustivo fue de valores menores a 3.5, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.2517 (estrato arbóreo), J' = 0.6620 (estrato arbustivo), J' = 0.6662 (estrato herbáceo) y J' = 0.5544 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 59 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo agrícola segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Scrophulariaceae	Buddleja	Buddleja cordata	Tepozán blanco	736	0.0423	-3.1641	-0.1337
2	Cupressaceae	Juniperus	Juniperus deppeana	Sabino	16324	0.9366	-0.0655	-0.0613
3	Anacardiaceae	Schinus	Schinus molle	Pirul	368	0.0211	-3.8572	-0.0815
3	Total				17,429	1	-	-0.2765
I. Shannon H								**0.2765**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.0986**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.2517**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	Adolphia infesta	Abrojo	25,775	0.0374	-3.2852	-0.123
2	Asteraceae	Amargocilla	Ageratina petiolaris	Amargocilla	5,523	0.008	-4.8256	-0.0387
3	Asteraceae	Baccharis	Baccharis conferta	Azoyate	292,734	0.4251	-0.8554	-0.3636
4	Asteraceae	Baccharis	Baccharis pteronioides	Carátacua	55,233	0.0802	-2.5231	-0.2024
5	Asteraceae	Barkleyanthus	Barkleyanthus salicifolius	Azomiate	7,364	0.0107	-4.538	-0.0485
6	Rubiaceae	Bouvardia	Bouvardia ternifolia	Trompetilla	104,329	0.1515	-1.8871	-0.2859
7	Orobanchaceae	Castilleja	Castilleja tenuiflora	Garañona	7,364	0.0107	-4.538	-0.0485
8	Fabaceae	Dalea	Dalea bicolor	Engordacabra	3,682	0.0053	-5.2311	-0.028
9	Asteraceae	Gymnosperma	Gymnosperma glutinosum	Tatalencho	9,205	0.0134	-4.3148	-0.0577
10	Asteraceae	Heterotheca	Heterotheca inuloides	Árnica mexicana	5,523	0.008	-4.8256	-0.0387
11	Lamiaceae	Marrubium	Marrubium vulgare	Marrubio	1,841	0.0027	-5.9243	-0.0158
12	Lamiaceae	Salvia	Salvia amarissima	Hierba del cáncer	29,457	0.0428	-3.1517	-0.1348
13	Lamiaceae	Salvia	Salvia microphylla	Mirto chico	9,205	0.0134	-4.3148	-0.0577
14	Solanaceae	Solanum	Solanum americanum	Hierba mora	5,523	0.008	-4.8256	-0.0387
15	Asteraceae	Zaluzania	Zaluzania augusta	Hierba blanca	125,808	0.1827	-1.6999	-0.3106
15	Total				688,569	1	-	-1.7927
I. Shannon H								**1.7927**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.7081**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6620**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Achillea	Achillea millefolium	Milenrama eurasiática	368,218	0.002	-6.2203	-0.0124
2	Papaveraceae	Argemone	Argemone ochroleuca	Cardo santo	1,472,874	0.008	-4.834	-0.0385
3	Asteraceae	Artemisia	Artemisia ludoviciana	Estafiate	11,967,100	0.0646	-2.739	-0.177
4	Apocynaceae	Asclepias	Asclepias linaria	Pinillo	184,109	0.0010	-6.9134	-0.0069
5	Poaceae	Bouteloua	Bouteloua gracilis	Navajita	1,656,983	0.0089	-4.7162	-0.0422
6	Brassicaceae	Brassica	Brassica rapa	Mostaza	35,348,972	0.1909	-1.6559	-0.3161
7	Poaceae	Cenchrus	Cenchrus longisetus	Zacate africano plumoso	10,310,117	0.0557	-2.8881	-0.1608
8	Chenopodiaceae	Chenopodium	Chenopodium berlandieri	Quelite cenizo	920,546	0.0050	-5.304	-0.0264
9	Asteraceae	Cosmos	Cosmos bipinnatus	Girasol morado	1,104,655	0.0060	-5.1216	-0.0306
10	Poaceae	Eragrostis	Eragrostis intermedia	Zacate llanero	736,437	0.0040	-5.5271	-0.022
11	Geraniaceae	Erodium	Erodium cicutarium	Alfilerillo	368,218	0.0020	-6.2203	-0.0124
12	Brassicaceae	Eruca	Eruca vesicaria	Arúgula	13,808,192	0.0746	-2.5959	-0.1936
13	Geraniaceae	Geranium	Geranium seemannii	Agujona	1,104,655	0.0060	-5.1216	-0.0306
14	Asteraceae	Helenium	Helenium mexicanum	Cabezona	1,288,765	0.0070	-4.9675	-0.0346

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
15	Asteraceae	Helianthus	Helianthus annuus	Acahual	5,952,865	0.0322	-3.4373	-0.1105
16	Poaceae	Hordeum	Hordeum vulgare	Cebada	36,699,107	0.1982	-1.6184	-0.3208
17	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia capillaris	Pasto	736,437	0.0040	-5.5271	-0.022
18	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia macroura	Zacatón	1,104,655	0.0060	-5.1216	-0.0306
19	Solanaceae	Physalis	Physalis angulata	Tomatillo	368,218	0.0020	-6.2203	-0.0124
20	Resedaceae	Reseda	Reseda luteola	Acelguilla euroasiática	3,252,596	0.0176	-4.0417	-0.071
21	Polygonaceae	Rumex	Rumex crispus	Lengua de vaca	552,328	0.0030	-5.8148	-0.0173
22	Cucurbitaceae	Sicyos	Sicyos microphyllus	Amole	2,147,941	0.0116	-4.4567	-0.0517
23	Solanaceae	Solanum	Solanum rostratum	Ayohuiztle	2,393,420	0.0129	-4.3485	-0.0562
24	Asteraceae	Sonchus	Sonchus asper	Cerraja	184,109	0.0010	-6.9134	-0.0069
25	Asteraceae	Taraxacum	Taraxacum officinale	Diente de león	368,218	0.0020	-6.2203	-0.0124
26	Poaceae	Triticum	Triticum aestivum	Trigo	50,752,778	0.2741	-1.2942	-0.3548
26	Total				185,152,516	1	-	-2.1704
I. Shannon H								**2.1704**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.2581**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6662**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	Agave salmiana	Maguey pulquero	525,939	0.6458	-0.4372	-0.2824
2	Cactaceae	Mammillaria	Mammillaria uncinata	Biznaga ganchuda	368	0.0005	-7.7015	-0.0035
3	Cactaceae	Opuntia	Opuntia ficus-indica	Nopal de castilla	28,721	0.0353	-3.3448	-0.118
4	Cactaceae	Opuntia	Opuntia lasiacantha	Nopal de cerro	368	0.0005	-7.7015	-0.0035
5	Cactaceae	Opuntia	Opuntia leucotricha	Nopal Duraznillo	67,016	0.0823	-2.4975	-0.2055
6	Cactaceae	Opuntia	Opuntia robusta	Nopal camueso	149,006	0.1830	-1.6984	-0.3108
7	Cactaceae	Opuntia	Opuntia streptacantha	Nopal cardón	42,959	0.0528	-2.9422	-0.1552
7	Total				814,376	1	-	-1.0788
I. Shannon H								**1.0788**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.9459**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.5544**

En el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo), se registraron valores de diversidad H´= 0.6808 (estrato arbóreo), H´=1.9153 (estrato arbustivo), H´=2.1341 (estrato herbáceo) y H´= 1.7216 (estrato cactáceas) (Tabla IV.60); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo fueron valores menores a 2, mientras que para el estrato de las cactáceas, herbáceo y arbustivo fue de valores menores a 2.5, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J’ = 0.6197 (estrato arbóreo), J’ = 0.8717 (estrato arbustivo), J’ = 0.8320 (estrato herbáceo) y J’ = 0.8279 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número

de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 60 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del AeP en suelo forestal segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
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	2,163	0.2564	-1.361	-0.349
2	Cupressaceae	Juniperus	Juniperus deppeana	Sabino	6,058	0.7179	-0.3314	-0.2379
3	Asparagaceae	Yucca	Yucca filifera	Palma pita	216	0.0256	-3.6636	-0.0939
3	Total				8,437	1	-	-0.6808
I. Shannon H								**0.6808**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.0986**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6197**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	Adolphia infesta	Abrojo	68,148	0.25	-1.3863	-0.3466
2	Asteraceae	Ageratina	Ageratina scorodonioides	Amargoso	6,490	0.0238	-3.7377	-0.089
3	Asteraceae	Baccharis	Baccharis conferta	Azoyate	53,004	0.1944	-1.6376	-0.3184
4	Asteraceae	Baccharis	Baccharis pteronioides	Carátacua	22,716	0.0833	-2.4849	-0.2071
5	Rubiaceae	Bouvardia	Bouvardia ternifolia	Trompetilla	54,086	0.1984	-1.6174	-0.3209
6	Orobanchaceae	Castilleja	Castilleja tenuiflora	Garañona	2,163	0.0079	-4.8363	-0.0384
7	Lamiaceae	Salvia	Salvia amarissima	Hierba del cáncer	11,899	0.0437	-3.1315	-0.1367
8	Lamiaceae	Salvia	Salvia microphylla	Mirto chico	28,125	0.1032	-2.2713	-0.2343
9	Asteraceae	Zaluzania	Zaluzania augusta	Hierba blanca	25,961	0.0952	-2.3514	-0.2239
9	Total				272,593	1	-	-1.9153
I. Shannon H								**1.9153**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.1972**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8717**
ESTRATO HERBÁCEO								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Asteraceae	Achillea	Achillea millefolium	Milenrama eurasiática	757,202	0.0648	-2.7362	-0.1773
2	Asteraceae	Artemisia	Artemisia ludoviciana	Estafiate	324,515	0.0278	-3.5835	-0.0995
3	Apocynaceae	Asclepias	Asclepias linaria	Pinillo	108,172	0.0093	-4.6821	-0.0434
4	Poaceae	Bouteloua	Bouteloua gracilis	Navajita	1,730,747	0.1481	-1.9095	-0.2829
5	Poaceae	Bouteloua	Bouteloua scorpioides	Pasto	216,343	0.0185	-3.989	-0.0739
6	Poaceae	Eragrostis	Eragrostis intermedia	Zacate llanero	757,202	0.0648	-2.7362	-0.1773
7	Geraniaceae	Geranium	Geranium seemannii	Agujona	432,687	0.0370	-3.2958	-0.1221
8	Asteraceae	Helenium	Helenium mexicanum	Cabezona	216,343	0.0185	-3.989	-0.0739
9	Asteraceae	Helianthus	Helianthus annuus	Acahual	216,343	0.0185	-3.989	-0.0739
10	Fabaceae	Medicago	Medicago lupulina	Carretilla	432,687	0.0370	-3.2958	-0.1221
11	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia macroura	Zacatón	2,920,635	0.2500	-1.3863	-0.3466
12	Pteridaceae	Myriopteris	Myriopteris aurea	Helecho dorado	973,545	0.0833	-2.4849	-0.2071

13	Asteraceae	Sanvitalia	Sanvitalia procumbens	Ojo de gallo	2,596,120	0.2222	-1.5041	-0.3342
13	Total				11,682,540	1	-	-2.1341
I. Shannon H								**2.1341**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.5649**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.832**
ESTRATO CACTACEAS								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	*Asparagaceae*	*Agave*	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	25,745	0.1007	-2.2958	-0.2311
2	*Cactaceae*	*Coryphantha*	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	216	0.0008	-7.075	-0.006
3	*Cactaceae*	*Ferocactus*	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	101,681	0.3976	-0.9222	-0.3667
4	*Cactaceae*	*Mammillaria*	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	36,129	0.1413	-1.957	-0.2765
5	*Cactaceae*	*Mammillaria*	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	28,557	0.1117	-2.1922	-0.2448
6	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	30,288	0.1184	-2.1333	-0.2527
7	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	23,149	0.0905	-2.4021	-0.2175
8	*Cactaceae*	*Opuntia*	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	9,952	0.0389	-3.2463	-0.1263
8	Total				255,718	1	-	-1.7216
I. Shannon H								**1.7216**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8279**

<u>SAR segundo muestreo general</u>: Los registros de flora obtenidos de los trabajos en campo del segundo muestreo ejecutado en otoño (octubre 2024) dentro de la superficie del SAR registran los siguientes valores de diversidad H´= 0.6299 (estrato arbóreo), H´=1.9783 (estrato arbustivo), H´=3.0916 (estrato herbáceo) y H´=1.8062 (estrato cactáceas), (Tabla IV.61); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el caso del estrato arbóreo fue menor a 2, para los estratos arbustivo y cactáceas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3, mientras que en el estrato herbáceo este se encuentra con una diversidad máxima esperada (H´max) menor a 3.6, apuntando a que el área del SAR corresponde a un área con una diversidad florística media con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación importante a consecuencia de la intervención humana principalmente.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J’ = 0.3516 (estrato arbóreo), J’ = 0.6719 (estrato arbustivo), J’ = 0.8767 (estrato herbáceo) y J’ = 0.7042 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en los estratos herbáceo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para el estrato arbustivo y arbóreo donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 61 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	9,406	0.0068	-4.9853	-0.0341
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	175,545	0.1276	-2.0587	-0.2627
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	1,128,806	0.8206	-0.1977	-0.1622
4	Rosaceae	Prunus	*Prunus serotina*	Capulín	14,877	0.0108	-4.5268	-0.049
5	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	2,303	0.0017	-6.3922	-0.0107
6	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	44,630	0.0324	-3.4282	-0.1112
6	Total				1,375,567	1	-	-0.6299
I. Shannon H								**0.6299**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.7918**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.3516**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	2,465,214	0.1367	-1.9901	-0.272
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	76,783	0.0043	-5.4591	-0.0232
3	Asteraceae	Ageratina	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	503,888	0.0279	-3.5778	-0.1
4	Amaranthaceae	Atriplex	*Atriplex muricata*	Atriplex	97,898	0.0054	-5.2162	-0.0283
5	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	6,849,044	0.3797	-0.9683	-0.3677
6	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	1,113,354	0.0617	-2.785	-0.1719
7	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	142,528	0.0079	-4.8406	-0.0383
8	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	700,165	0.0388	-3.2488	-0.1261
9	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	14,877	0.0008	-7.1003	-0.0059
10	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	279,298	0.0155	-4.1678	-0.0645
11	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	23,035	0.0013	-6.6631	-0.0085
12	Asteraceae	Gymnosperma	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	40,311	0.0022	-6.1035	-0.0136
13	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	11,517	0.0006	-7.3563	-0.0047
14	Verbenaceae	Lantana	*Lantana camara*	Cinco negritos	34,552	0.0019	-6.2576	-0.012
15	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	584,031	0.0324	-3.4302	-0.1111
16	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	458,778	0.0254	-3.6715	-0.0934
17	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	2,152,803	0.1194	-2.1256	-0.2537
18	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	34,552	0.0019	-6.2576	-0.012
19	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	2,453,217	0.136	-1.995	-0.2714
19	Total				18,035,847	1	-	-1.9783
I. Shannon H								**1.9783**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.9444**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6719**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Achillea	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	73,711,682	0.0537	-2.9252	-0.157
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	21,547,230	0.0157	-4.1551	-0.0652
3	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	82,109,823	0.0598	-2.8173	-0.1684
4	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	30,569,233	0.0223	-3.8053	-0.0847
5	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	90,747,911	0.0661	-2.7172	-0.1795
6	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	39,159,331	0.0285	-3.5577	-0.1014
7	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	71,115,893	0.0518	-2.961	-0.1533
8	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	30,809,180	0.0224	-3.7975	-0.0852
9	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	8,734,066	0.0064	-5.0581	-0.0322
10	Chenopodiaceae	Chenopodium	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	10,461,684	0.0076	-4.8776	-0.0371
11	Asteraceae	Cirsium	*Cirsium vulgare*	Cardo común	2,303,490	0.0017	-6.3909	-0.0107
12	Asteraceae	Cosmos	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	40,982,927	0.0298	-3.5122	-0.1048
13	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	53,700,112	0.0391	-3.2419	-0.1267
14	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	1,727,618	0.0013	-6.6786	-0.0084
15	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	25,578,338	0.0186	-3.9836	-0.0742
16	Apiaceae	Eryngium	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	2,303,490	0.0017	-6.3909	-0.0107
17	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	137,009,669	0.0997	-2.3053	-0.2299
18	Asteraceae	Helenium	*Helenium mexicanum*	Cabezona	27,848,715	0.0203	-3.8985	-0.079
19	Asteraceae	Helianthus	*Helianthus annuus*	Acahual	19,291,729	0.014	-4.2657	-0.0599
20	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	76,495,066	0.0557	-2.8881	-0.1608
21	Fabaceae	Medicago	*Medicago lupulina*	Carretilla	82,877,653	0.0603	-2.808	-0.1694
22	Fabaceae	Medicago	*Medicago sativa*	Alfalfa	6,910,470	0.005	-5.2923	-0.0266
23	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	26,778,072	0.0195	-3.9377	-0.0768
24	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	93,291,348	0.0679	-2.6896	-0.1826
25	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	23,802,731	0.0173	-4.0555	-0.0703
26	Solanaceae	Physalis	*Physalis angulata*	Tomatillo	13,117,096	0.0095	-4.6514	-0.0444
27	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	21,547,230	0.0157	-4.1551	-0.0652
28	Polygonaceae	Rumex	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	6,449,772	0.0047	-5.3613	-0.0252
29	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	128,611,529	0.0936	-2.3685	-0.2217

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
30	Cucurbitaceae	Sicyos	*Sicyos microphyllus*	Amole	2,639,416	0.0019	-6.2548	-0.012
31	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	12,765,174	0.0093	-4.6786	-0.0435
32	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	5,614,757	0.0041	-5.4999	-0.0225
33	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	2,303,490	0.0017	-6.3909	-0.0107
34	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	100,873,669	0.0734	-2.6115	-0.1918
34	Total				1,373,789,593	1	-	-3.0916
I. Shannon H								**3.0916**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.5264**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8767**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	4,188,897	0.1471	-1.9164	-0.282
2	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	23,803	0.0008	-7.0868	-0.0059
3	Cactaceae	Echinocereus	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	5,951	0.0002	-8.4731	-0.0018
4	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	6,700,469	0.2354	-1.4466	-0.3405
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	2,415,977	0.0849	-2.4667	-0.2093
6	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	8,888,496	0.3122	-1.164	-0.3634
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	201,459	0.0071	-4.951	-0.035
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	12,669	0.0004	-7.7174	-0.0034
9	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	2,704,393	0.095	-2.3539	-0.2236
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	1,952,400	0.0686	-2.6797	-0.1838
11	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	1,305,791	0.0459	-3.082	-0.1414
12	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	23,803	0.0008	-7.0868	-0.0059
13	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	44,630	0.0016	-6.4582	-0.0101
13	Total				28,468,738	1	-	-1.8062
I. Shannon H								**1.8062**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.5649**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7042**

En el **uso de suelo agrícola**, se registraron valores de diversidad H´= 1.2371 (estrato arbóreo), H´=2.0626 (estrato arbustivo), H´=2.8590 (estrato herbáceo) y H´=1.2840 (estrato cactáceas), (Tabla IV.62); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el caso del estrato arbóreo fue menor a 2, para los estratos arbustivo y cactáceas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3 y para las hierbas su diversidad máxima esperada (H´max) es menor a 3.5, apuntando a que el área del SAR corresponde a un área con una diversidad florística media con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación importante a consecuencia de la intervención humana principalmente.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.7687 (estrato arbóreo), J' = 0.7005 (estrato arbustivo), J' = 0.8177 (estrato herbáceo) y J' = 0.6175 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en los estratos arbóreo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para el estrato arbustivo y cactáceas donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 62 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en uso de suelo agrícola segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	1713	0.0942	-2.3619	-0.2226
2	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	571	0.0314	-3.4605	-0.1087
3	Rosaceae	Prunus	*Prunus serotina*	Capulín	7377	0.4058	-0.902	-0.366
4	Anacardiaceae	Schinus	*Schinus molle*	Pirul	1142	0.0628	-2.7674	-0.1739
5	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	7377	0.4058	-0.902	-0.366
5	Total				18,180	1	-	-1.2371
I. Shannon H								**1.2371**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.6094**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7687**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	115,887	0.0568	-2.8674	-0.163
2	Asteraceae	Amargocilla	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	38,074	0.0187	-3.9805	-0.0743
3	Asteraceae	Ageratina	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	43,309	0.0212	-3.8517	-0.0818
4	Amaranthaceae	Atriplex	*Atriplex muricata*	Atriplex	48,544	0.0238	-3.7376	-0.089
5	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	703,650	0.3452	-1.0637	-0.3672
6	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	79,955	0.0392	-3.2386	-0.127
7	Asteraceae	Barkleyanthus	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	70,674	0.0347	-3.3619	-0.1166
8	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	96,374	0.0473	-3.0518	-0.1443
9	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja perfoliata*	Salvia de bolita	7,377	0.0036	-5.6217	-0.0203
10	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	5,711	0.0028	-5.8776	-0.0165
11	Fabaceae	Dalea	*Dalea bicolor*	Engordacabra	11,422	0.0056	-5.1845	-0.029
12	Asteraceae	Gymnosperma	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	19,989	0.0098	-4.6249	-0.0453
13	Asteraceae	Heterotheca	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	5,711	0.0028	-5.8776	-0.0165
14	Verbenaceae	Lantana	*Lantana camara*	Cinco negritos	17,133	0.0084	-4.779	-0.0402
15	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	83,048	0.0407	-3.2006	-0.1304
16	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	79,955	0.0392	-3.2386	-0.127
17	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	42,119	0.0207	-3.8795	-0.0802
18	Solanaceae	Solanum	*Solanum americanum*	Hierba mora	17,133	0.0084	-4.779	-0.0402
19	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	552,545	0.271	-1.3055	-0.3538
19	Total				2,038,611	1	-	-2.0626
I. Shannon H								**2.0626**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.9444**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7005**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Achillea	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	5,568,285	0.0207	-3.8771	-0.0803
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	5,520,693	0.0205	-3.8856	-0.0798
3	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	15,634,030	0.0582	-2.8447	-0.1654
4	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	2,617,570	0.0097	-4.6319	-0.0451
5	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	3,688,394	0.0137	-4.289	-0.0588
6	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	1,713,318	0.0064	-5.0557	-0.0322
7	Brassicaceae	Brassica	*Brassica rapa*	Mostaza	35,263,640	0.1312	-2.0313	-0.2664
8	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	1,998,871	0.0074	-4.9016	-0.0364

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
9	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	4,330,888	0.0161	-4.1284	-0.0665
10	Chenopodiaceae	Chenopodium	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	5,187,547	0.0193	-3.9479	-0.0762
11	Asteraceae	Cirsium	*Cirsium vulgare*	Cardo común	1,142,212	0.0042	-5.4612	-0.0232
12	Asteraceae	Cosmos	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	2,617,570	0.0097	-4.6319	-0.0451
13	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	8,923,533	0.0332	-3.4055	-0.113
14	Geraniaceae	Erodium	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	856,659	0.0032	-5.7489	-0.0183
15	Brassicaceae	Eruca	*Eruca vesicaria*	Arúgula	12,683,315	0.0472	-3.0539	-0.1441
16	Apiaceae	Eryngium	*Eryngium proteiflorum*	Hierba del sapo	1,142,212	0.0042	-5.4612	-0.0232
17	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	3,022,103	0.0112	-4.4882	-0.0505
18	Asteraceae	Helenium	*Helenium mexicanum*	Cabezona	2,006,248	0.0075	-4.8979	-0.0365
19	Asteraceae	Helianthus	*Helianthus annuus*	Acahual	5,139,955	0.0191	-3.9571	-0.0757
20	Poaceae	Hordeum	*Hordeum vulgare*	Cebada	37,930,965	0.1411	-1.9584	-0.2763
21	Fabaceae	Medicago	*Medicago lupulina*	Carretilla	1,998,871	0.0074	-4.9016	-0.0364
22	Fabaceae	Medicago	*Medicago sativa*	Alfalfa	3,426,637	0.0127	-4.3626	-0.0556
23	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	2,950,715	0.011	-4.5121	-0.0495
24	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	8,637,980	0.0321	-3.438	-0.1105
25	Solanaceae	Physalis	*Physalis angulata*	Tomatillo	6,504,264	0.0242	-3.7217	-0.09
26	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	4,045,335	0.015	-4.1966	-0.0631
27	Polygonaceae	Rumex	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	3,198,194	0.0119	-4.4316	-0.0527
28	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	19,512,793	0.0726	-2.6231	-0.1904
29	Cucurbitaceae	Sicyos	*Sicyos microphyllus*	Amole	1,308,785	0.0049	-5.325	-0.0259
30	Solanaceae	Solanum	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	6,329,760	0.0235	-3.7489	-0.0883
31	Asteraceae	Sonchus	*Sonchus asper*	Cerraja	2,784,142	0.0104	-4.5702	-0.0473
32	Asteraceae	Taraxacum	*Taraxacum officinale*	Diente de león	1,142,212	0.0042	-5.4612	-0.0232
33	Poaceae	Triticum	*Triticum aestivum*	Trigo	50,019,378	0.1861	-1.6817	-0.3129
33	Total				268,847,078	1	-	-2.859
I. Shannon H								**2.8590**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**3.4965**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.8177**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	1,609,425	0.5437	-0.6093	-0.3313
2	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	14,754	0.005	-5.3014	-0.0264
3	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	52,209	0.0176	-4.0377	-0.0712
4	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	99,896	0.0337	-3.3888	-0.1144
5	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	6,282	0.0021	-6.1552	-0.0131
6	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	747,911	0.2527	-1.3756	-0.3476
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	233,392	0.0789	-2.5402	-0.2003
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	196,032	0.0662	-2.7146	-0.1798

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
8	Total				2,959,900	1	-	-1.284
I. Shannon H								**1.2840**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.0794**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6175**

Para el suelo forestal (bosque de táscate y matorral crasicaule en estado secundario arbustivo) del SAR, se registraron valores de diversidad H´= 0.5197 (estrato arbóreo), H´=1.8410 (estrato arbustivo), H´=2.6558 (estrato herbáceo) y H´= 1.5942 (estrato cactáceas) (Tabla IV.63); Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos presentes en el AeP, quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H´max) que en el estrato arbóreo, arbustivo y cactáceas fueron valores menores a 2.5, mientras que para el herbáceo fue de valor menor a 3, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja con respecto a su máximo, derivado de un grado de perturbación.

En cuanto a los valores de equidad, éstos oscilaron entre J' = 0.3749 (estrato arbóreo), J' = 0.7996 (estrato arbustivo), J' = 0.9188 (estrato herbáceo) y J' = 0.6648 (estrato cactáceas), por lo que los valores de equitatividad indican un bajo número de especies dominantes de forma generalizada en el estrato arbustivo y herbáceo, donde los valores tendieron a acercarse a 1, y una mayor dominancia de ciertas especies para los estratos arbóreo y cactáceas, donde los valores tendieron a acercarse al 0, reflejando una menor diversidad en consecuencia a la elevada dominancia.

Tabla IV. 63 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los estratos definidos dentro del SAR en suelo forestal segundo muestreo

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
ESTRATO ARBÓREO								
1	Scrophulariaceae	Buddleja	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	3,000	0.0044	-5.4161	-0.0241
2	Cupressaceae	Cupressus	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	88,499	0.1311	-2.0317	-0.2664
3	Cupressaceae	Juniperus	*Juniperus deppeana*	Sabino	568,494	0.8422	-0.1717	-0.1446
4	Asparagaceae	Yucca	*Yucca filifera*	Palma pita	15,000	0.0222	-3.8067	-0.0846
4	Total				674,993	1	-	-0.5197
I. Shannon H								**0.5197**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**1.3863**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.3749**
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Rhamnaceae	Adolphia	*Adolphia infesta*	Abrojo	1,124,988	0.1603	-1.831	-0.2934
2	Asteraceae	Ageratina	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	209,998	0.0299	-3.5094	-0.105
3	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis conferta*	Azoyate	2,737,470	0.39	-0.9417	-0.3672
4	Asteraceae	Baccharis	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	479,995	0.0684	-2.6827	-0.1834
5	Rubiaceae	Bouvardia	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	254,997	0.0363	-3.3153	-0.1204
6	Orobanchaceae	Castilleja	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	134,999	0.0192	-3.9512	-0.076
7	Lamiaceae	Marrubium	*Marrubium vulgare*	Marrubio	209,998	0.0299	-3.5094	-0.105
8	Lamiaceae	Salvia	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	149,998	0.0214	-3.8459	-0.0822
9	Lamiaceae	Salvia	*Salvia microphylla*	Mirto chico	1,042,489	0.1485	-1.9071	-0.2832
10	Asteraceae	Zaluzania	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	674,993	0.0962	-2.3418	-0.2252
10	Total				7,019,924	1	-	-1.841
I. Shannon H								**1.8410**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.3026**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.7996**
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Asteraceae	Achillea	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	31,499,661	0.0751	-2.5885	-0.1945
2	Papaveraceae	Argemone	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	5,249,943	0.0125	-4.3802	-0.0549
3	Asteraceae	Artemisia	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	25,499,725	0.0608	-2.7998	-0.1703

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	**Familia**	**Género**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**n**	**p(i) = n/N**	**LN p(i)**	**p(i)*LN p(i)**
4	Apocynaceae	Asclepias	*Asclepias linaria*	Pinillo	12,749,863	0.0304	-3.4929	-0.1062
5	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua gracilis*	Navajita	41,999,547	0.1002	-2.3008	-0.2305
6	Poaceae	Bouteloua	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	17,999,806	0.0429	-3.1481	-0.1352
7	Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	13,499,855	0.0322	-3.4358	-0.1106
8	Asteraceae	Cosmos	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	17,999,806	0.0429	-3.1481	-0.1352
9	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	17,999,806	0.0429	-3.1481	-0.1352
10	Geraniaceae	Geranium	*Geranium seemannii*	Agujona	65,999,289	0.1574	-1.8488	-0.291
11	Asteraceae	Helenium	*Helenium mexicanum*	Cabezona	11,999,871	0.0286	-3.5536	-0.1017
12	Asteraceae	Helianthus	*Helianthus annuus*	Acahual	4,499,952	0.0107	-4.5344	-0.0487
13	Fabaceae	Medicago	*Medicago lupulina*	Carretilla	39,749,572	0.0948	-2.3559	-0.2234
14	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	10,499,887	0.025	-3.6871	-0.0923
15	Poaceae	Muhlenbergia	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	38,249,588	0.0912	-2.3943	-0.2184
16	Pteridaceae	Myriopteris	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	11,999,871	0.0286	-3.5536	-0.1017
17	Resedaceae	Reseda	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	6,749,927	0.0161	-4.1289	-0.0665
18	Asteraceae	Sanvitalia	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	44,999,515	0.1073	-2.2318	-0.2395
18	Total				419,245,481	1	-	-2.6558
I. Shannon H								**2.6558**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.8904**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.9188**
ESTRATO CACTACEAS								
1	Asparagaceae	Agave	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	475,495	0.0419	-3.172	-0.133
2	Cactaceae	Coryphantha	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	12,000	0.0011	-6.8514	-0.0072
3	Cactaceae	Echinocereus	*Echinocereus cinerascens*	Alicoche cocuá	3,000	0.0003	-8.2377	-0.0022
4	Cactaceae	Ferocactus	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	3,362,964	0.2965	-1.2158	-0.3605
5	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de chilitos	1,217,987	0.1074	-2.2314	-0.2396
6	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	4,427,952	0.3904	-0.9407	-0.3672
7	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	602,994	0.0532	-2.9344	-0.156
8	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	746,992	0.0659	-2.7203	-0.1791
9	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	458,995	0.0405	-3.2073	-0.1298
10	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga undulada costilluda	12,000	0.0011	-6.8514	-0.0072
11	Cactaceae	Stenocactus	*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga Ondulada de Espinas Planas	22,500	0.002	-6.2228	-0.0123
11	Total				11,342,878	1	-	-1.5942
I. Shannon H								**1.5942**
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								**2.3979**
Equitatividad (J) H/H' max =								**0.6648**

El estudio de una comunidad vegetal de manera aislada resulta difícil de interpretar, razón por la cual se requiere llevar a cabo la comparación con un área de referencia similar a la zona de interés que en el caso de este estudio corresponden al AeP con respecto al SAR, por lo que el análisis del índice de diversidad de Shannon-Wiener fue aplicado para ambas áreas muestreadas, sobre los mismos estratos y uso de suelo para cada uno de los dos muestreos levantados, a fin de guardar la representatividad que permita hacer dicha comparación.

En este sentido, los valores de riqueza específica (S), diversidad de Shannon (H´) y de equitatividad (J´) obtenidos y presentados en la Tabla IV.64 y en los anexos ANX.VIII.IV.6 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 1er muestreo, ANX.VIII.IV.7 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 2º muestreo, ANX.VIII.IV.8 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 1er muestreo y ANX.VIII.IV.9 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 2º muestreo, indican que el AeP exhibe valores de diversidad alfa inferiores a los obtenidos en el SAR, porque posee una menor riqueza específica en todos los estratos. A pesar de ello, tanto en el AeP como en el SAR los rangos de diversidad alfa se mantienen por debajo o al límite de H´=3.5 y también guardan coincidencia en algunas especies con mayor índice de valor de importancia, siendo un indicativo de que las especies que más contribuyen a otorgar el carácter y estructura del ecosistema se presentan en ambas áreas (AeP y SAR). De manera que, de ejecutarse el desarrollo del

proyecto, no se estará interviniendo sobre un área mejor conservada con respecto a la superficie aledaña de su entorno.

Tabla IV. 64 Comparación de índices de diversidad alfa (AeP y SAR) primer y segundo muestreo

Tipo de vegetación	Estrato	M1 S	M2 S	M1 H´	M2 H´	M1 J´	M2 J´
AeP							
MUESTREO GENERAL (Uso de suelo agrícola + Uso de suelo forestal)	Arbóreo	5	5	0.6831	0.6831	0.4244	0.4244
	Arbustivo	14	16	1.6836	1.9601	0.6379	0.7070
	Herbáceo	17	30	2.1351	2.7387	0.7536	0.8052
	Cactáceo	10	10	1.8092	1.809	0.7857	0.7856
Uso de suelo agrícola (Agrícola + Plantación Agaves-Opuntias)	Arbóreo	3	3	0.2765	0.2765	0.2517	0.2517
	Arbustivo	14	15	1.7002	1.7927	0.6443	0.6620
	Herbáceo	15	26	1.7735	2.1704	0.6549	0.6662
	Cactáceo	7	7	1.0817	1.0788	0.5559	0.5544
Uso de suelo forestal (Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate + Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule)	Arbóreo	3	3	0.6808	0.6808	0.6197	0.6197
	Arbustivo	6	9	1.5769	1.9153	0.8801	0.8717
	Herbáceo	4	13	1.0838	2.1341	0.7818	0.8320
	Cactáceo	8	8	1.7216	1.7216	0.8279	0.8279
SAR							
MUESTREO GENERAL (Uso de suelo agrícola + Uso de suelo forestal)	Arbóreo	6	6	0.6299	0.6299	0.3516	0.3516
	Arbustivo	17	19	1.8193	1.9783	0.6422	0.6719
	Herbáceo	22	34	2.4515	3.0916	0.7931	0.8767
	Cactáceo	13	13	1.8022	1.8062	0.7026	0.7042
Uso de suelo agrícola (Agrícola + Plantación Agaves-Opuntias)	Arbóreo	5	5	1.2371	1.2371	0.7687	0.7687
	Arbustivo	17	19	2.0008	2.0626	0.7062	0.7005
	Herbáceo	21	33	2.3175	2.859	0.7612	0.8177
	Cactáceo	8	8	1.284	1.284	0.6175	0.6175
Uso de suelo forestal (Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate + Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule)	Arbóreo	4	4	0.5197	0.5197	0.3749	0.3749
	Arbustivo	8	10	1.6188	1.841	0.7785	0.7996
	Herbáceo	6	18	1.6367	2.6558	0.9135	0.9188
	Cactáceo	11	11	1.589	1.5942	0.6627	0.6648

Índices: riqueza específica (S); Shannon-Wiener (H´); equitatividad de Pielou (J´).
M1: Muestreo 1
M2: Muestreo 2

Índice de diversidad beta: Índice de similitud de Morisita: La diversidad beta se define como la variación en la composición de especies entre dos o más áreas distintas (Whittaker, 1972[50]), representando un concepto clave para analizar la composición de la vegetación de los mosaicos dentro de un paisaje y así obtener información cuantitativa de su similitud (Castillo-Campos et al., 2008[51]), que dirijan correctamente las decisiones de conservación o de restauración, entre otros posibles objetivos.

En este contexto, en los estudios ecológicos la comparación de las comunidades a través de su diversidad beta, está en función del juicio del investigador y depende fundamentalmente del propósito de estudio, por ejemplo, los coeficientes de similitud pueden utilizarse para comparar espacial y temporalmente comunidades con atributos similares, o bien para cotejar las comunidades en estaciones diferentes o micrositios con distintos grados de perturbación (Rocha *et al*., 2012 *Op*

Cit.) o también pueden usarse para la identificación de ecotonos[xii]. En este estudio, el objetivo es cuantificar la variación de la composición de especies (diversidad beta) para comparar cada comunidad vegetal presente en el Área de establecimiento del Proyecto con su igual dentro del SAR.

La medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente a la diversidad alfa, porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988 en Moreno, 2001 *Op Cit*). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia o ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.) (Moreno, 2001 *Op Cit*). Los índices de similitud, expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, entre los índices más empleados, se encuentra el "índice de Morisita" (índice cuantitativo), determinado por la siguiente expresión matemática y que de acuerdo con Wolda (1981 en Rocha *et al.,* 2012 *Op Cit*.) es la mejor medida de similitud para los estudios ecológicos:

Índice de Morisita

$$I_M = \frac{2\sum_{i=1}^{S} X_{ij}X_{ik}}{(\lambda_j\lambda_k)\, N_j N_k}$$

Donde:
IM =similitud de Morisita entre las muestras *j* y *k*
X_{ij} = número de individuos de la especie *i* en la muestra *j*
X_{ik} = número de individuos de la especie *i* en la muestra *k*
S = número de especies
$\square_j$ = dominancia de la muestra j
$\square_k$ = dominancia de la muestra k
N_j = número total de individuos en la muestra j
N_k = número total de individuos en la muestra k

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001 *Op Cit*.). El análisis de diversidad beta se realizó mediante el programa Past Versión 4.03[xiii]. El análisis se aplicó comparando el conjunto de especies identificadas en todos los estratos, toda vez que, como ya se mencionó el objetivo es comparar las comunidades vegetales presentes en el AeP con respecto a las del SAR. 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 (estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo, cactáceo que fueron los estratos caracterizados en este estudio) (Ornduff, 2003[52]).

Los resultados obtenidos del primer muestreo Tabla IV.65 y Figura IV.43, ANX.VIII.IV.10 Diversidad Beta 1er Muestreo) confirman la similitud entre comunidades equivalentes en ambas áreas, es decir, el uso de suelo agrícola del área total del proyecto presenta una mayor similitud con el uso de suelo agrícola del SAR con un valor de IM = 0.98542 (muy cercano a 1) y el suelo forestal del área total del proyecto presenta una mayor similitud con el uso de suelo forestal del SAR

[xii] Ecotono: zona de transición entre dos o más comunidades ecológicas.

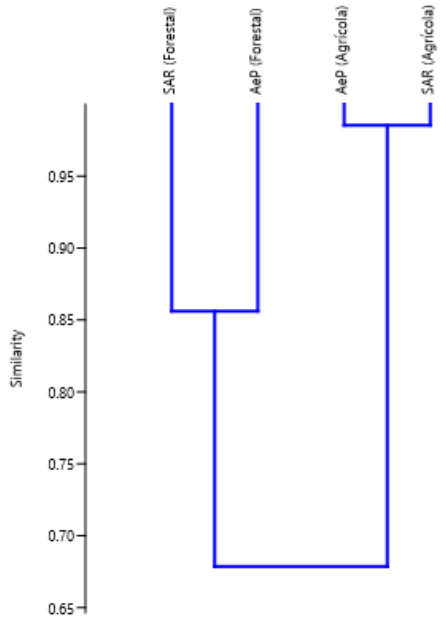
[xiii] Past, es un software gratuito para el análisis de datos científicos, con funciones de trazado, estadísticas univariadas y multivariadas, análisis ecológico, series de tiempo y análisis espacial, morfometría y estratigrafía.

con un valor de IM = 0.85608, por lo que se observa que en el Dendrograma estas comunidades forman grupos cercanos. Lo anterior puede interpretarse como que las comunidades vegetales del área del proyecto son entre el 98% y el 85% similares a su equivalente dentro del SAR, mientras que el porcentaje restante, que se encuentra entre el 2% y el 15%, corresponde al grado de disimilitud, diferencia o recambio de especies entre las comunidades del área del proyecto y el SAR, y que dicho en otras palabras, corresponde al porcentaje de especies que no se comparten, ya que fueron registradas exclusivamente en el SAR, que fue el área con mayor riqueza de especies de acuerdo con la diversidad alfa anteriormente analizada. Destaca también que, incluso entre comunidades diferentes, es decir entre el uso de suelo agrícola y el forestal, existe cierta semejanza pues no se alcanzó el valor de cero en el índice de Morisita, apuntando a que debido a que todas las comunidades de interés se encuentran perturbadas, alrededor de un 87% de las especies se comparten entre estas comunidades vegetales (IM = 0.87).

Tabla IV. 65: Índice de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y SAR primer muestreo (diversidad beta)

	SAR (Agrícola)	AeP (Agrícola)	SAR (Forestal)	AeP (Forestal)
SAR (Agrícola)	1	0.98542	0.67358	0.75611
AeP (Agrícola)	0.98542	1	0.58732	0.69738
SAR (Forestal)	0.67358	0.58732	1	0.85608
AeP (Forestal)	0.75611	0.69738	0.85608	1

Figura IV. 43 Dendrograma de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y el SAR primer muestreo



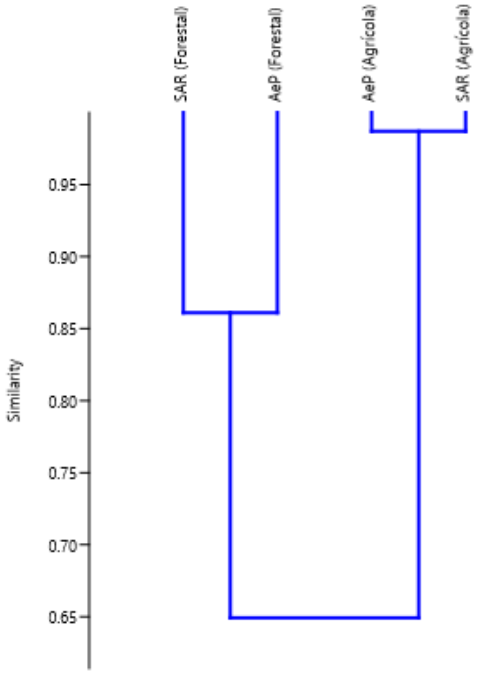
Los resultados del segundo (Tabla IV.66 y Figura IV.44, ANX.VIII.IV.11 Diversidad Beta 2º Muestreo) igualmente confirman la similitud entre comunidades equivalentes en ambas áreas, es decir, el uso de suelo agrícola del área total del proyecto presenta una mayor similitud con el uso de suelo agrícola del SAR con un valor de IM = 0.98696 (muy cercano a 1) y el suelo forestal del área total del proyecto presenta una mayor similitud con el uso de suelo forestal del SAR con un valor de IM = 0.86111, por lo que se observa que en el Dendrograma estas comunidades forman grupos cercanos. Lo anterior puede interpretarse como que las comunidades vegetales del área del proyecto son entre el 98% y el 86% similares a su equivalente dentro del SAR, mientras que el porcentaje restante, que se encuentra entre el 2% y el 14%, corresponde al grado de disimilitud, diferencia o recambio de especies entre las comunidades del área del proyecto y el SAR, y que dicho en otras palabras, corresponde al porcentaje de especies que no se comparten, ya que fueron registradas exclusivamente en el SAR, que fue el área con mayor riqueza de especies de acuerdo con la diversidad alfa anteriormente analizada. Destaca también que, incluso entre comunidades diferentes, es decir entre el uso de suelo agrícola y el forestal, existe cierta semejanza pues no se alcanzó el valor de cero en el índice de Morisita, apuntando a que debido a que todas las comunidades de interés se encuentran perturbadas, alrededor de un 88% de las especies se comparten entre estas comunidades vegetales (IM = 0.88).

Tabla IV. 66 Índice de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y SAR segundo muestreo (diversidad beta)

	SAR (Agrícola)	AeP (Agrícola)	SAR (Forestal)	AeP (Forestal)
SAR (Agrícola)	1	0.98696	0.65246	0.72091
AeP (Agrícola)	0.98696	1	0.56631	0.65727
SAR (Forestal)	0.65246	0.56631	1	0.86111
AeP (Forestal)	0.72091	0.65727	0.86111	1

Figura IV. 44 Dendrograma de similitud entre las comunidades vegetales del AeP y el SAR segundo muestreo

Morisita
Similitud cuantitativa: en función de la abundancia de cada especie



Para disponer de evidencia palpable del escenario antes descrito, se realizó la vinculación de las especies resultando que **42 especies (68.85%) de las 61 registradas en el AeP son de hábitos ruderales[xiv] y perturbados** (Tabla IV.67) y otras que probablemente son aprovechadas por los pobladores, de igual forma en caso de autorizar la construcción del proyecto, las especies se encuentran representadas en el SAR por lo que en ningún momento se pone en riesgo alguna de las 61 especies registradas.

[xiv] Una **planta ruderal** (del latín ruderis, "escombro") es una planta que aparece en hábitats alterados por la acción del ser humano, como bordes de caminos, campos de cultivo abandonados o zonas urbanas.

Tabla IV. 67 Hábitat de las especies registradas en el AeP durante los dos muestreos

ID	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DIST	REGISTRO DE LA ESPECIE		HABITAT
				1er MUESTREO	2do MUESTREO	
1	*Achillea millefolium*	Milenrama eurasiática	Nativa		+	Ruderal, sobre todo en las orillas de parcelas, y ocasionalmente como arvense en partes altas.
2	*Adolphia infesta*	Abrojo	Nativa	+	+	Matorral xerófilo, pastizal y bosque de Juniperus; en lugares perturbados como orillas de parcelas y fondos de barrancas
3	*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Endémica	+	+	Matorral xerófilo
4	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Endémica	+	+	Vegetación secundaria, lugares perturbados
5	*Ageratina scorodonioides*	Amargoso	Endémica		+	Vegetación secundaria, lugares perturbados
6	*Argemone ochroleuca*	Cardo santo	Nativa	+	+	En parcelas en descanso, a veces muy abundante; ruderal
7	*Artemisia ludoviciana*	Estafiate	Nativa	+	+	Arvense, ruderal, generalmente en lugares perturbados
8	*Asclepias linaria*	Pinillo	Nativa		+	Pastizal y matorral, orillas de parcelas, potreros en mal estado.
9	*Baccharis conferta*	Azoyate	Nativa	+	+	Orillas de caminos, parcelas y lugares perturbados
10	*Baccharis pteronioides*	Carátacua	Nativa	+	+	Orillas de caminos, parcelas y lugares perturbados
11	*Barkleyanthus salicifolius*	Azomiate	Nativa	+	+	En lugares perturbados y a orillas de camino
12	*Bouteloua gracilis*	Navajita	Nativa	+	+	En pastizales y matorrales, pero principalmente en la vegetación secundaria
13	*Bouteloua scorpioides*	Pasto	Nativa		+	En colinas rocosas, pastizales, incluso los halófilos, matorrales xerófilos y encinares abiertos.
14	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Nativa	+	+	Preferentemente en lugares perturbados, a orillas de caminos y carreteras
15	*Brassica rapa*	Mostaza	Exótica	+	+	Ruderal
16	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Nativa	+	+	Bosques y matorrales
17	*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Nativa	+	+	En bordes de cultivo y orillas de caminos
18	*Cenchrus longisetus*	Zacate africano plumoso	Nativa	+	+	Ruderal
19	*Chenopodium berlandieri*	Quelite cenizo	Nativa		+	Ruderal y arvense.
20	*Coryphantha pycnacantha*	Biznaga partida chiche de burro	Endémica	+	+	Matorrales
21	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	Nativa		+	Ruderal y arvense, pastizales, superficies rocosas o tepetatosas.
22	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	Nativa	+	+	Bosques
23	*Dalea bicolor*	Engordacabra	Nativa	+	+	Orillas de caminos, laderas, barrancas
24	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Nativa		+	Maleza en campos de cultivo y áreas perturbadas, orillas de caminos, pastizales
25	*Erodium cicutarium*	Alfilerillo	Exótica-Invasora	+	+	En terrenos de cultivo y como ruderal
26	*Eruca vesicaria*	Arúgula	Exótica	+	+	Ruderal
27	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Endémica	+	+	Matorrales y pastizales
28	*Geranium seemannii*	Agujona	Nativa	+	+	Ruderal
29	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Nativa		+	En áreas perturbadas y vegetación secundaria.
30	*Helenium mexicanum*	Cabezona	Nativa		+	Se encuentra en lugares perturbados y húmedos como orillas de parcelas y caminos, en las orillas de estanques y cuerpos de agua,
31	*Helianthus annuus*	Acahual	Nativa		+	Maleza agresiva.
32	*Heterotheca inuloides*	Árnica mexicana	Endémica	+	+	Ruderal y arvense, pastizales perturbados
33	*Hordeum vulgare*	Cebada	Exótica	+	+	Lugares perturbados, terrenos agrícolas
34	*Juniperus deppeana*	Sabino	Nativa	+	+	Zonas de transición entre los bosques de pino, encino y abies, así como entre el pastizal y el matorral xerófilo
35	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Endémica	+	+	Matorrales, pastizales
36	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Endémica	+	+	Matorrales, pastizales
37	*Marrubium vulgare*	Marrubio	Exótica	+	+	Ruderal y áreas con disturbio
38	*Medicago sativa*	Alfalfa	Exótica	+	+	Lugares perturbados
39	*Muhlenbergia capillaris*	Pasto	Nativa	+	+	Bosques y pastizales
40	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Nativa	+	+	Orillas de los caminos y campos de cultivo

ID	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DIST	REGISTRO DE LA ESPECIE		HABITAT
				1er MUESTREO	2do MUESTREO	
41	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Nativa	+	+	Matorral xerófilo, pastizal y en bosques perturbados
42	*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla	Nativa	+	+	Matorral xerófilo, pastizal
43	*Opuntia lasiacantha*	Nopal de cerro	Endémica	+	+	Matorral xerófilo, pastizal
44	*Opuntia leucotricha*	Nopal Duraznillo	Endémica	+	+	Matorral xerófilo, pastizal
45	*Opuntia robusta*	Nopal camueso	Endémica	+	+	Matorral xerófilo, pastizal
46	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Endémica	+	+	Matorral xerófilo, pastizal
47	*Physalis angulata*	Tomatillo	Nativa		+	Ruderal y arvense
48	*Reseda luteola*	Acelguilla euroasiática	Exótica-Invasora	+	+	Ruderal y arvense
49	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	Exotica		+	Orillas de arroyos y zanjas, así como ruderal y arvense.
50	*Salvia amarissima*	Hierba del cáncer	Endémica	+	+	Lugares perturbados
51	*Salvia microphylla*	Mirto chico	Nativa	+	+	Ruderal
52	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Nativa		+	Arvense, ruderal, en matorrales y pastizales.
53	*Schinus molle*	Pirul	Exótica	+	+	En pastizales perturbados, en jardines, orillas de carreteras y caminos.
54	*Sicyos microphyllus*	Amole	Nativa		+	Orillas de caminos, terrenos cultivados y áreas perturbadas en general.
55	*Solanum americanum*	Hierba mora	Nativa	+	+	Áreas agrícolas y sitios perturbados
56	*Solanum rostratum*	Ayohuiztle	Nativa		+	Ruderal, a veces como arvense.
57	*Sonchus asper*	Cerraja	Exótica	+	+	Ruderal y arvense
58	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Exótica	+	+	Ruderal y arvense
59	*Triticum aestivum*	Trigo	Exótica	+	+	Áreas agrícolas y sitios perturbados
60	*Yucca filifera*	Palma pita	Endémica	+	+	Matorral xerófilo
61	*Zaluzania augusta*	Hierba blanca	Endémica	+	+	Matorral xerófilo

Acotaciones:
+) Especie registrada durante los trabajos de muestreo

La vegetación del SAR y AeP se observa con diversidad baja en ambos muestreos con respecto a su potencial que pudiera presentar pero es notorio que se presenta una mayor diversidad en el SAR que en el AeP, Por lo anterior, puede concluirse que la vegetación quizá constituirá el factor ambiental menos afectado por la instalación del proyecto, en virtud de su pobre diversidad dentro del AeP y, a que la vegetación forestal que se encuentra al interior del AeP es menor, toda vez que el proyecto y demás elementos constitutivos ocuparán mayormente áreas agrícolas (Figura IV.45 y Figura IV.46).

Figura IV. 45 Condiciones y uso actual del AeP enero 2024




09/01/24, 10:12 a.m.
14Q 540508 2213272
Singuilucan, Hgo. 43793


09/01/24, 10:12 a.m.
14Q 540508 2213272
Singuilucan, Hgo. 43793




09/01/24, 9:50 a.m.
14Q 539986 2213354
Epazoyucan, Hgo. 43592


09/01/24, 2:21 p.m.
14Q 541104 2214808
Singuilucan, Hgo. 43793


10/01/24, 12:47 p.m.
14Q 542264 2211455
Epazoyucan, Hgo. 43592

Figura IV. 46 Condiciones y uso actual del AeP octubre 2024







De los datos obtenidos, se observa que tal como era de esperarse, la comunidad del AeP es menos diverso a su equivalente dentro del SAR y que en la zona dominan las áreas agrícolas, sin embargo, el SAR presenta mayor riqueza especifica y abundancia con respecto al AeP, existe un 68.85% de especies del AeP que son de habito ruderales y/o arvenses, evidenciando que se trata de terrenos con perturbación, por lo que es viable la instalación del proyecto, con el objetivo de mejorar el uso de suelo.

IV.2.2 Fauna

Entre los factores que ayudan a determinar la calidad ambiental de un sitio se encuentran la riqueza, estructura y diversidad faunística (Jorgensen, 2005)[53]; por lo que el acercamiento al estatus que guarda este factor ambiental es fundamental para determinar el grado de conservación que mantiene y las fuentes de deterioro que les están afectando, lo cual constituye una base que permite determinar el grado de integridad funcional del ecosistema.

A través de tres procedimientos es posible determinar el estado que presenta la fauna en un sitio:

- ✓ *Recopilación bibliográfica*: realiza la recopilación y análisis de documentos técnicos y científicos que reporten, entre otros rubros, la distribución natural de las especies en el área de interés y la descripción del hábitat y el nicho de las especies reportadas.
  A diferencia de estudios de campo puntuales y acotados a un momento del año en particular, existen herramientas bibliográficas, tales como colecciones científicas, tesis especializadas, libros, revistas científicas y, recientemente, programas informáticos que permiten tener un registro histórico del factor ambiental a caracterizar.
- ✓ *Inventario en campo*: es un estudio que consiste en el levantamiento de información, directamente en campo, el cual, idóneamente debe abarcar varios ciclos anuales que superen las condiciones variables propias de la movilidad natural de los individuos (desplazamientos estacionales, migraciones, búsqueda

de alimento, etc.), las características climatológicas de cada anualidad y, por lo tanto, que ofrezca certidumbre estadística respecto a la fiabilidad de los resultados; lo anterior puede ser satisfecho con la realización de campañas de muestreo en diferentes estaciones del año o, los resultados se pueden enriquecer con la aplicación de modelos científicos con algoritmos que permitan estimar el nicho ecológico de una especie en función de variables ambientales.

- ✓ *Estudio combinado*: se trata de la combinación de ambos estudios, restringiendo la amplitud del estudio de campo e incrementando el esfuerzo de recopilación y análisis de información técnica y científica publicada en fuentes formales.

Mediante la aplicación de estas tres fases se trabajó para obtener conclusiones respecto a la distribución espacial y temporal de los grupos de vertebrados, así como su estado de conservación, su diversidad asociada a los diferentes tipos de asociaciones vegetales que caracterizan el SAR, su vulnerabilidad y sus endemismos, además de la identificación de especies potenciales que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010; con la finalidad de poder deducir precisiones respecto a su presencia potencial en el SAR. Bajo esta premisa se desarrolló el trabajo cuyos resultados se reseñan en este apartado de la MIA-R.

Si bien el grupo más abundante y diversificado del planeta es el de los invertebrados, debido a diversos factores se complica el estudio de estos grupos taxonómicos, como la escala espacial de la distribución: en el caso de los ácaros del suelo, la escala espacial es muy reducida y presenta grandes variaciones a pequeñas escalas, por lo que resulta muy costoso y, en parte, inútil realizar muestreos representativos para áreas relativamente extensas; la estacionalidad, ya que determinadas especies tienen su etapa adulta (muchas veces la más visible), reducida a un periodo de tiempo muy corto, presentándose el resto del año como formas resistentes (huevos, larvas), que resultan imposibles de clasificar para quien no es especialista en el tema. Los muestreos representan altas dificultades taxonómicas derivadas del conocimiento precario que existe en el territorio mexicano y existen dificultades para la clasificación de estos organismos.

En este sentido, considerando la información presentada previamente, fue que se determinó que los grupos faunísticos a utilizar serán los de los vertebrados que, aunque las dificultades no son menores, la información sobre estos grupos taxonómicos es más amplia, por lo que pueden ser usados como indicadores de la estabilidad de una zona determinada y permitir generar una caracterización integral del SAR.

Así, con la finalidad de cumplir con el alcance del presente estudio, se utilizó el estudio combinado. Los resultados que se esperan mediante la recopilación, monitoreo y análisis de la información van a permitir obtener conclusiones respecto a la distribución de los grupos de vertebrados, así como su estado de conservación, su diversidad asociada a los diferentes tipos de asociaciones vegetales que caracterizan el SAR, su vulnerabilidad, endemismos, además de la identificación de especies potenciales que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-

059-SEMARNAT-2010 y la UICN; con la finalidad de poder deducir precisiones respecto a su presencia potencial en el SAR.

Además, en la medida de lo posible, la información fue corroborada en campo mediante muestreos específicos para cada grupo de vertebrados estudiado, obteniendo como resultado conclusiones respecto a la calidad del SAR en el cual se pretende establecer el proyecto.

Marco de referencia nacional

En la actualidad, las tendencias relacionadas con el estudio de la diversidad biológica contemplan tres niveles: el genético, que involucra la diversidad de genes, alelos y proteínas; el específico, que se circunscribe en la cuantificación del número total de especies y endemismos; y el de ecosistemas, que contempla las interacciones intraespecíficas, y aquellas con elementos abióticos (Boero, 2010)[54].

Entre los países latinoamericanos considerados como megadiversos se encuentra México, junto con Brasil, Colombia y Perú (Lamoreux, et al., 2006)[55]; ya que se ha estimado que alberga aproximadamente el 10% de la diversidad biológica mundial.

La singularidad de la diversidad de las especies mexicanas radica no solo en el número de taxones sino a su exclusividad o endemismo. (Leroux & Schmiegelow, 2007, *op. Cit*), (Velasco de León, *et al,* 2007)[56].

Uno de los factores que podría influir en la alta biodiversidad del país es su posición entre la zona de transición de las regiones biogeográficas neártica y neotropical; lo que implica una variedad de climas, rangos altitudinales, su orografía y tipos de vegetación. Sin embargo, la diversidad biológica no se distribuye de manera uniforme y se ha documentado que existen gradientes en los que se identifican sitios con mayor diversidad que otros, hecho que parece estar determinado por la latitud, la elevación y factores asociados como la precipitación, el tipo de suelo, entre otros (Arita, 1997)[57]; aunque, una región que presente un alto número de especies no necesariamente va a poseer una alta cantidad de endemismos.

El territorio mexicano alberga áreas de mayor riqueza de especies y otras que poseen numerosos endemismos, las cuales varían por grupo taxonómico; tal es el caso del grupo de las aves, las cuales en la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia son las más ricas en número de especies, sin embargo, los bosques de pino-encino y el bosque mesófilo de montaña son las zonas que presentan más endemismos (Navarro-Sigüenza, et al., 2014)[58]; en el caso de los mamíferos, se reconoce que el Eje Neovolcánico Transversal es el sitio de mayor número de endemismos (Escalante, et al., 2009)[59] pero la ecorregión de bosques templados es la más rica en cuanto a número de especies totales (Sánchez-Cordero, et al., 2014)[60].

Debido a la riqueza de especies que alberga México, es que se encuentra en el primer lugar en riqueza de reptiles, el tercero en mamíferos, quinto en anfibios y onceavo en aves (Ceballos, et al., 2006)[61]. Además, los porcentajes de especies endémicas que se reportan para el país es alto, ya que se encuentra en el tercer lugar en vertebrados endémicos, después de Indonesia y Australia. Los porcentajes de endemismo se encuentran entre el 10.4 y 58.9%, mientras que otros países centroamericanos tienen valores entre 0.5 y 28.4%. La estimación de la riqueza faunística alcanza las 2,954 especies, considerando, además que el territorio es de menores dimensiones que Canadá, Estados Unidos y sus territorios (incluyendo las islas en otros continentes), países que en su conjunto albergan cerca de 2,187 especies.

México destaca más por el número total de especies y por los porcentajes de endemismo que hay en el país (Ramírez-Pulido & Castro-Campillo, 1994)[62]. No obstante que, la distribución de los vertebrados terrestres no es homogénea en el territorio mexicano, toda vez que existen regiones con altas concentraciones de especies en general o de especies endémicas en particular (Ceballos, et al, 2006 op. Cit).

Derivado de las condiciones fisiográficas del país, así como su extensión, permiten una gran variedad de fauna silvestre, aunque la actividad transformadora de la sociedad, aunada a los factores causantes de deterioro ecológico, en los últimos años ha afectado este recurso. La fauna silvestre es y ha sido uno de los elementos de gran importancia en el desarrollo de la humanidad.

Cabe mencionar que, si bien el grupo más abundante y diversificado del planeta es el de los invertebrados, existen diversos factores que complican el estudio de estos grupos taxonómicos, tal es el caso de la escala espacial de la distribución, como en el caso de los ácaros del suelo, el cual es muy reducido y presenta grandes variaciones a pequeñas escalas, por lo que resulta muy costoso y, en parte, inútil realizar muestreos representativos para áreas relativamente extensas; la estacionalidad, ya que determinadas especies tienen su etapa adulta (muchas veces la más visible), reducida a un periodo de tiempo muy corto, presentándose el resto del año como formas resistentes (huevos, larvas, entre otros), que resultan imposibles de clasificar para quien no es especialista en el tema. Los muestreos representan altas dificultades taxonómicas derivadas del conocimiento precario que existe en el territorio mexicano y existen dificultades para la clasificación de estos organismos.

Siendo las razones antes expuestas, las que permitieron determinar que los grupos faunísticos a considerar serán los de los vertebrados que, aunque las dificultades no son menores, la información sobre estos grupos taxonómicos es más amplia, por lo que pueden ser usados como indicadores de la estabilidad de una zona determinada. A continuación, se abordan aspectos generales de los tres grupos faunísticos que serán abordados en el presente documento.

La diversidad herpetofaunística en México constituye uno de los elementos más importantes de la fauna del país. La diversidad que posee el grupo de los anfibios sitúa a México como el quinto país más diverso a nivel mundial, ya que poseen un

grado de endemismo del 67% (252) de sus especies. Este grupo taxonómico se encuentra representado por 16 familias que equivalen al 21.62% con respecto a la riqueza a nivel mundial, 54 géneros (9.87%) y 376 especies (5.23%) (Parra-Olea, *et al*., 2014)[63].

Mientras que en el caso de los reptiles hay 864 especies, de las cuales 417 son lagartijas, 393 serpientes, 3 anfisbénidos, 3 cocodrilos y 48 tortugas. Estas especies se incluyen en 159 géneros y 40 familias, que representan el 8.7% de los reptiles del mundo. Además, el 57.1% de las especies son endémicas (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014)[64].

Ahora bien, se estima que existen alrededor de 10,507 especies de aves en el mundo, de las cuales, en México se reportan entre 1,123 y 1,150 (Gill & Donsker, 2013)[65], que representa cerca del 11% del total mundial. Este porcentaje es mayor al que existe en Estados Unidos y Canadá en conjunto. Derivado de la diversidad avifaunística que existe en el territorio mexicano, lo coloca en el onceavo lugar entre los países megadiversos del mundo y en el cuarto en cuanto a la proporción de especies endémicas. De las categorías supra específicas de aves del mundo, en México se presentan 26 (65%) órdenes, 95 (41%) familias y 493 (22%) géneros (Navarro-Sigüenza, *et al*., 2014).

Finalmente, en cuanto a la biodiversidad de mamíferos México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos & Oliva, 2005)[66] y el segundo lugar en especies endémicas con 157 (28%). De acuerdo con diversos autores, existen 564 especies de mamíferos silvestres, lo que representa aproximadamente el 13% de la diversidad mundial; estas especies se encuentran distribuidas en 46 familias y 200 géneros (Sánchez-Cordero, *et al*, 2014, *op. Cit*).

Sin embargo, el estado de conservación de este grupo indica que existen problemas ambientales severos, ya que 7 especies se han extinguido o desaparecido en el último siglo, y 295, que equivale al 52.3% del total, se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo (CONABIO-SEMARNAT, 2009)[67].

Es por ello que la riqueza biológica no solo es un valor en sí misma, sino que representa un recurso que debe protegerse debido a que se ve sometido a numerosas amenazas (Edwards & Abivardi Cyrus, 1998)[68]. Es innegable que el crecimiento poblacional en México y en el mundo genera demandas de infraestructura e insumos, por ello, en México y en el mundo, se reconocen como los principales factores que amenazan la riqueza y el endemismo de las especies al cambio de uso de suelo, la explotación no racional de los recursos naturales y al cambio climático.

IV.2.2.1 Metodología para caracterización de la fauna.

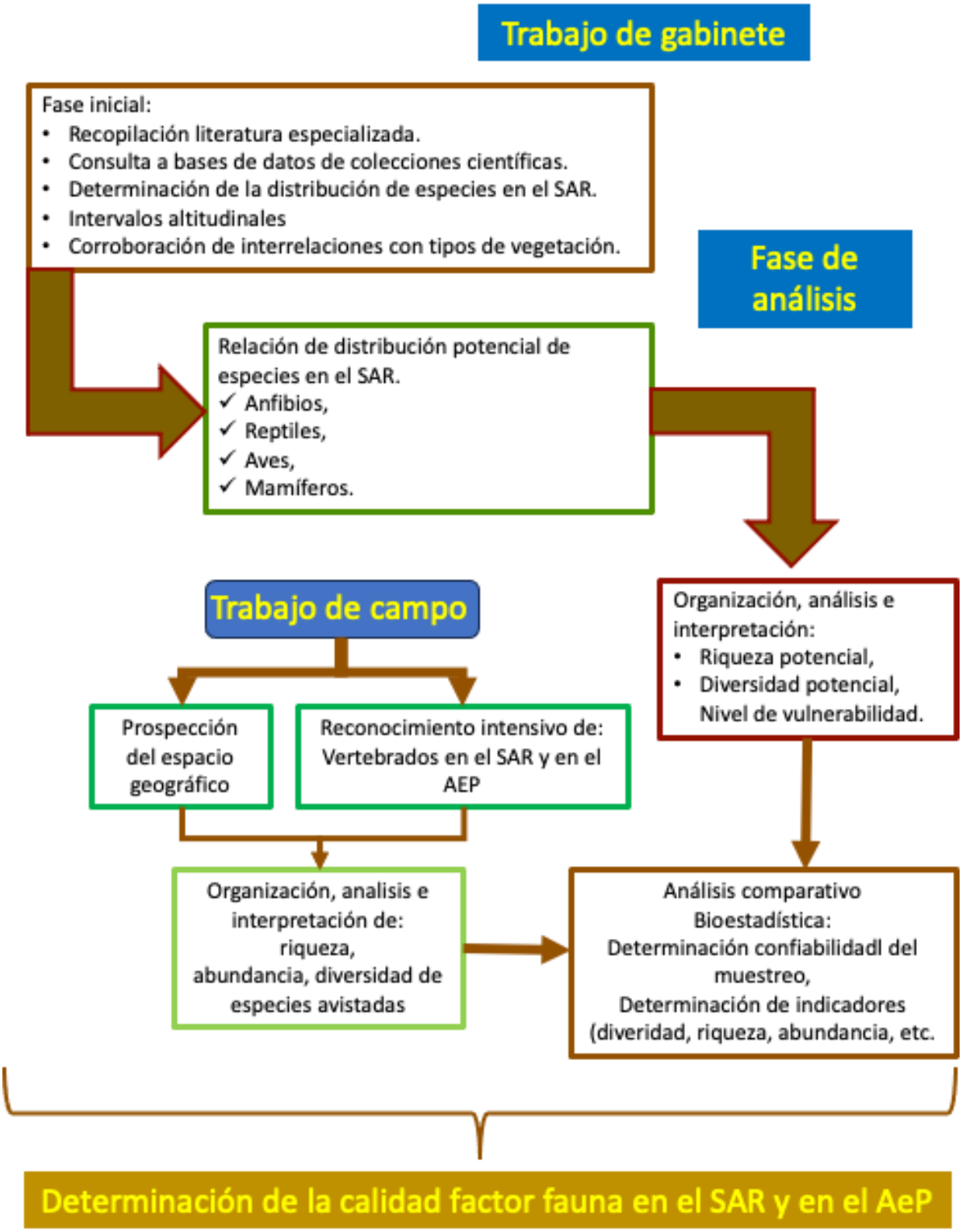
Los inventarios biológicos son una herramienta fundamental para la toma de decisiones respecto a la conservación de la biodiversidad (Sánchez, *et al*., 2011)[69], sin embargo, es importante incrementar el esfuerzo para tener acceso a información más detallada, tal como, conocer el estado de conservación global y nacional de la especie, conocer el ámbito general donde se ha inferido su distribución en el país,

conocer su área de ocupación real, identificar los tipos de ecosistemas y hábitat en los que existe, los tipos de movimiento que suele efectuar y la extensión de los mismos e indagar, en la región donde se halla un predio, si la población local de la especie es solo parte de una unidad poblacional mayor, que entre otros aspectos, formaran un marco de referencia mínimo a considerar antes de la toma de decisiones.

En este sentido, la metodología para la caracterización de la fauna estuvo asentada básicamente en tres procedimientos (Figura IV.47).

La diversidad de fauna en el SAR está asociada principalmente a su perturbación y, fragmentación de dicho ecosistema. En este espacio, los trabajos de campo concluyeron en la determinación tres tipos de vegetación: vegetación secundaria arbórea de encino, vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate y vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule; asimismo, se domina el uso de suelo destinado a cultivos agrícolas de temporal y, en menor proporción se registra la cobertura de pastizales inducidos. Considerando que la vegetación forma parte inseparable del paisaje, el tipo de fauna estará en correlación directa con el tipo de vegetación, pues ésta determina las características del ecosistema que pueden habitar los diferentes grupos de animales.
Por antes expuesto para el estudio y caracterización de la fauna se llevó a cabo en tres etapas: la primera etapa fue el trabajo de gabinete, que consistió en la consulta de literatura y bases de datos especializadas para poder obtener así un listado de especies que pudieran estar potencialmente presentes dentro del SAR, este listado además servirá de apoyo en la segunda etapa que es el trabajo de campo; el cual consistió en muestreos. Una vez recabada esta información, se prosiguió a la tercer y última etapa: la interpretación de datos, que consistió en análisis estadísticos para conocer la diversidad y abundancia de cada uno de los grupos faunísticos.

Figura IV. 47 Metodología para la caracterización de la fauna

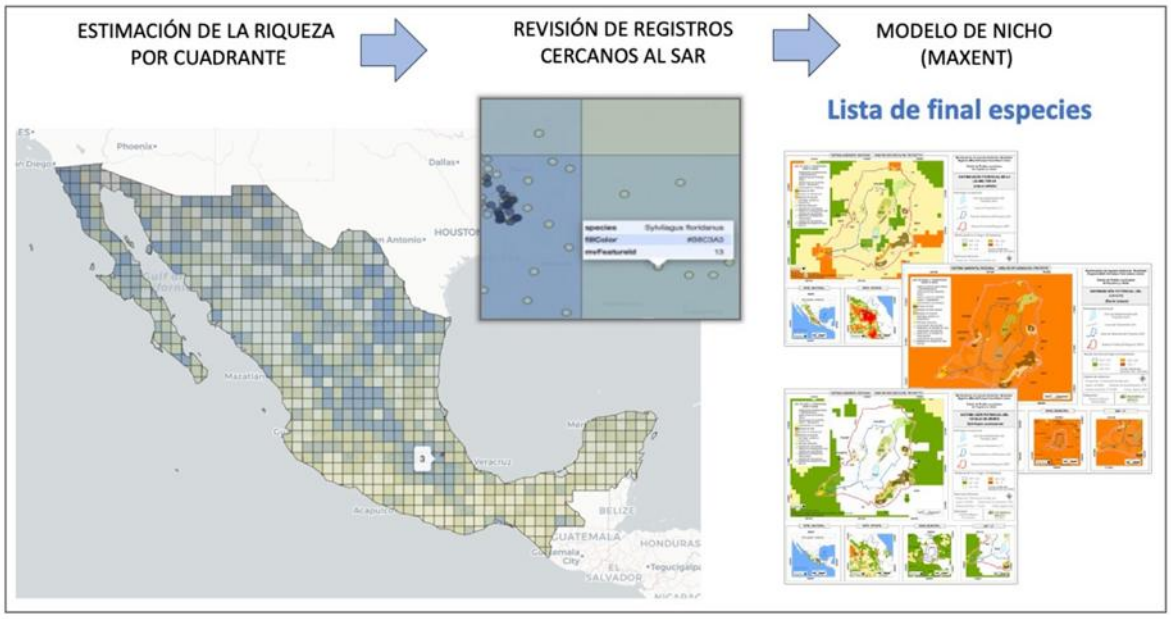


F. Desarrollo de la metodología

Metodología para la elaboración del listado potencial: Con la finalidad de conocer la riqueza que podría encontrarse en el SAR se elaboró el listado potencial de especies, para lo cual se siguieron los pasos a continuación enunciados (Figura IV.48):

1. Consulta a la base del SNIB (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad a nivel de Municipio.
2. Estimación de la riqueza de especies a través de cuadrantes de 0.5º x 0.5º obtenida de la base de datos GBIF (*Global Biodiversity Information Facility;* Centro mundial de información sobre biodiversidad.).
3. Selección de las especies cercanas al SAR considerando su distribución, preferencia de hábitat, rangos hogareños, nivel de elevación en la que encuentran, estacionalidad dicha información se consultó con la revisión de artículos científicos especializados, tesis, libros, página especializas como *Birds of the World* (Aves del mundo), enciclovida, UICN.
4. Generación de los modelos de nicho para obtener el listado final de las especies a considerar como potenciales.

Figura IV. 48 Modelo esquemático del proceso para la elaboración de un listado potencial



Metodología durante el trabajo de campo: El monitoreo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos se realizó del 08 al 12 de enero de 2024 en el Área de establecimiento del Proyecto (**AeP**) y en el Sistema Ambiental Regional (**SAR**). Se emplearon las siguientes técnicas de campo para obtener información referente a los grupos de fauna: 1) Transectos en línea, 2) Uso de redes para aves y murciélagos, 3) Uso de detectores acústicos automatizados, 4) Uso de detectores ultrasónicos

automatizados, 5) Uso de Cámara Termográfica, 6) Colocación de cámaras trampa y 7) Colocación de trampas Sherman. Para el diseño de muestreo se realizaron un total de 60 transectos con una longitud de 200 m y 30 m de ancho para la búsqueda de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Figura IV.49).

Los transectos se agruparon de la siguiente manera, del T1 al T30 corresponden al AeP y del transecto T31 al T60 corresponden al SAR (Figura IV.49,Tabla IV. 68 y Tabla IV.69).

Figura IV. 49 Ubicación de transectos en el AeP y en el SAR

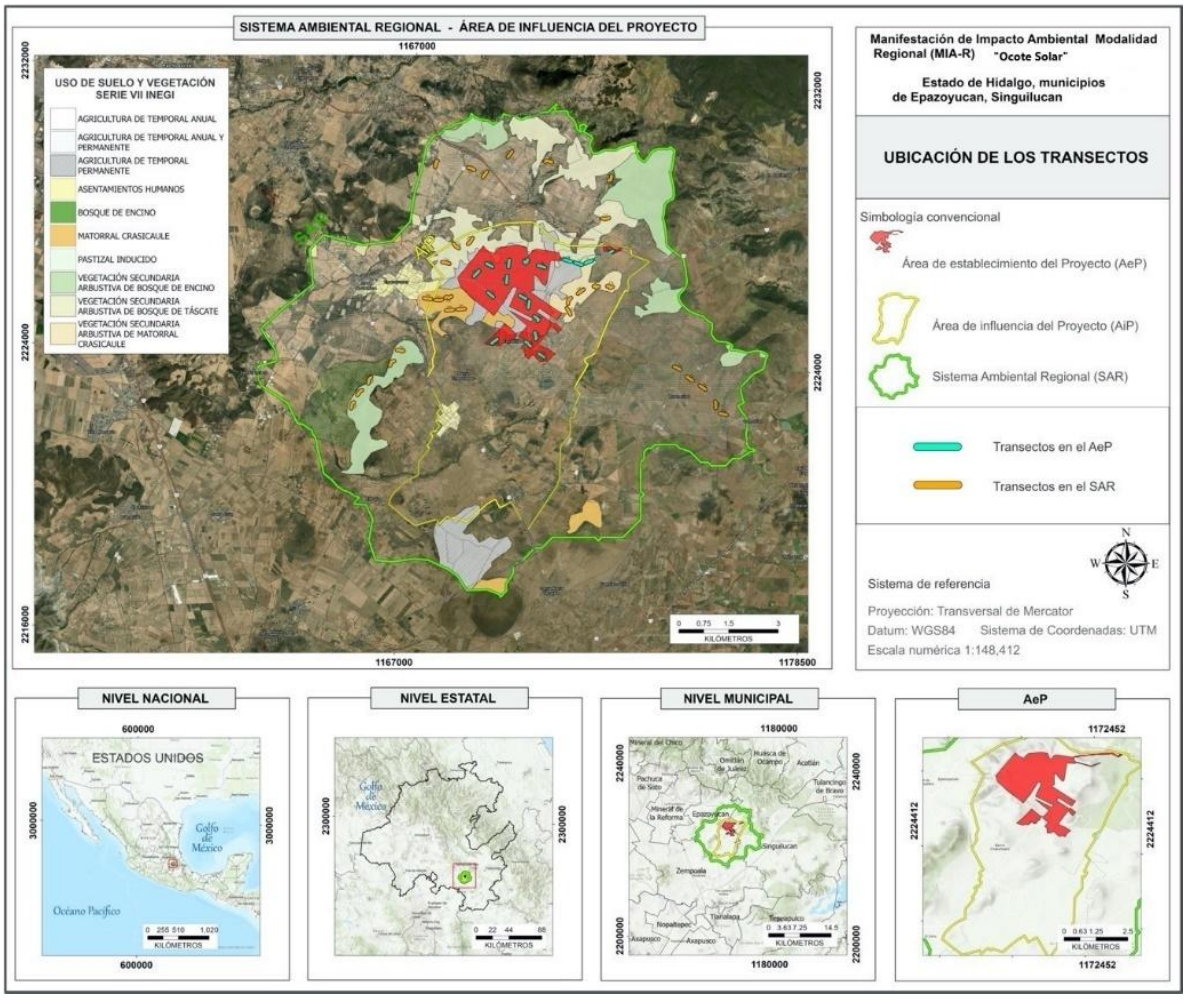


Tabla IV. 68 Transectos y tipos de vegetación

TRANSECTO	VEGETACIÓN INEGI SERIE VII	CLAVE
T1	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T2	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T3	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T4	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T5	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T6	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T7	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T8	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T9	Agricultura de Temporal Permanente	TP

TRANSECTO	VEGETACIÓN INEGI SERIE VII	CLAVE
T10	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T11	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T12	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T13	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T14	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T15	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T16	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T17	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T18	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T19	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T20	Agricultura de Temporal Anual	TA
T21	Agricultura de Temporal Anual	TA
T22	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T23	Agricultura de Temporal Anual	TA
T24	Agricultura de Temporal Anual	TA
T25	Agricultura de Temporal Anual	TA
T26	Agricultura de Temporal Anual	TA
T27	Agricultura de Temporal Anual	TA
T28	Agricultura de Temporal Anual	TA
T29	Agricultura de Temporal Anual	TA
T30	Agricultura de Temporal Anual	TA
T31	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T32	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T33	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T34	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T35	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T36	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T37	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	VSa/BJ
T38	V.S.Arbustiva de Bosque de Táscate	VSa/BJ
T39	V.S.Arbustiva de Bosque de Táscate	VSa/BJ
T40	V.S.Arbustiva de Bosque de Táscate	VSa/BJ
T41	Matorral Crasicaule	MC
T42	Matorral Crasicaule	MC
T43	Matorral Crasicaule	MC
T44	Matorral Crasicaule	MC
T45	Matorral Crasicaule	MC
T46	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T47	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T48	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T49	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T50	V.S.Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T51	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T52	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T53	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T54	Agricultura de Temporal Anual	TA
T55	Agricultura de Temporal Anual	TA
T56	V.S.Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T57	V.S.Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T58	V.S.Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T59	V.S.Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T60	V.S.Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ

Tabla IV. 69 Geo referenciación de los transectos de muestreo de fauna

TRANSECTO	UNIDAD DE ANALISIS	COORDENADAS UTM INICIO DEL TRANSECTO		COORDENADAS UTM FIN DEL TRANSECTO	
		X	Y	X	Y
T1	AeP	544249	2214448	544424	2214412
T2	AeP	543902	2214157	543702	2214075
T3	AeP	543614	2214032	543413	2213951
T4	AeP	543323	2213912	543141	2213843
T5	AeP	542909	2213932	542718	2214082

TRANSECTO	UNIDAD DE ANALISIS	COORDENADAS UTM INICIO DEL TRANSECTO		COORDENADAS UTM FIN DEL TRANSECTO	
		X	Y	X	Y
T6	AeP	542257	2213861	542061	2213924
T7	AeP	541758	2214090	541675	2214032
T8	AeP	541246	2214077	541221	2213869
T9	AeP	541183	2213622	541165	2213418
T10	AeP	540768	2213881	540588	2213975
T11	AeP	540392	2213767	540243	2213609
T12	AeP	540640	2213154	540801	2213017
T13	AeP	541536	2213074	541716	2212981
T14	AeP	541816	2212922	541787	2212719
T15	AeP	541954	2212490	542056	2212356
T16	AeP	540910	2211842	540861	2211692
T17	AeP	541973	2212028	541994	2211844
T18	AeP	541707	2211767	541856	2211639
T19	AeP	542080	2211436	542247	2211325
T20	AeP	541236	2212089	541119	2211964
T21	AeP	542342	2212428	542342	2212579
T22	AeP	542067	2211640	542235	2211546
T23	AeP	540537	2212923	540702	2212816
T24	AeP	539998	2213392	540174	2213286
T25	AeP	540513	2214250	540672	2214140
T26	AeP	540720	2213300	540921	2213266
T27	AeP	541529	2213639	541541	2213390
T28	AeP	541163	2214313	541401	2214311
T29	AeP	542707	2213841	542681	2213653
T30	AeP	541992	2214242	542251	2214203
T31	SAR	539203	2216866	539128	2216688
T32	SAR	540068	2216679	540249	2216613
T33	SAR	540602	2216570	540486	2216402
T34	SAR	541316	2217139	541194	2216977
T35	SAR	542443	2216836	542253	2216855
T36	SAR	544049	2216313	544133	2216455
T37	SAR	544061	2215268	543875	2215253
T38	SAR	540201	2214689	540071	2214524
T39	SAR	539812	2214397	539669	2214533
T40	SAR	539546	2213966	539342	2214009
T41	SAR	539610	2213045	539426	2213002
T42	SAR	539341	2212952	539142	2212940
T43	SAR	539026	2212956	538823	2212992
T44	SAR	539453	2212641	539655	2212662
T45	SAR	539777	2212676	539982	2212692
T46	SAR	544177	2213329	544018	2213339
T47	SAR	543781	2213335	543634	2213334
T48	SAR	543352	2213247	543187	2213128
T49	SAR	542994	2213010	542909	2212839
T50	SAR	542877	2212722	542982	2212537
T51	SAR	545922	2211067	546105	2210989
T52	SAR	546287	2210791	546452	2210676
T53	SAR	546651	2210543	546816	2210432
T54	SAR	540114	2207758	540242	2207594
T55	SAR	541528	2207954	541718	2208058
T56	SAR	538248	2211503	538065	2211521
T57	SAR	537985	2211219	537863	2211079
T58	SAR	537332	2210749	537248	2210578
T59	SAR	537079	2210390	536940	2210251
T60	SAR	536843	2210045	536766	2209872

Condiciones climáticas (datos meteorológicos obtenidos en campo): Durante el monitoreo en campo se registraron datos meteorológicos de los transectos del **AeP** como del **SAR**. Los datos meteorológicos se registraron con un anemómetro **Kestrel** y con un anemómetro **Ambient weather WM-4** (Figura IV.50 y Figura IV.51. En cuanto a la nubosidad los días estuvieron totalmente despejados.

Figura IV. 50 Obtención de los datos meteorológicos en el AeP y SAR



Figura IV. 51 Dron utilizado en el proyecto

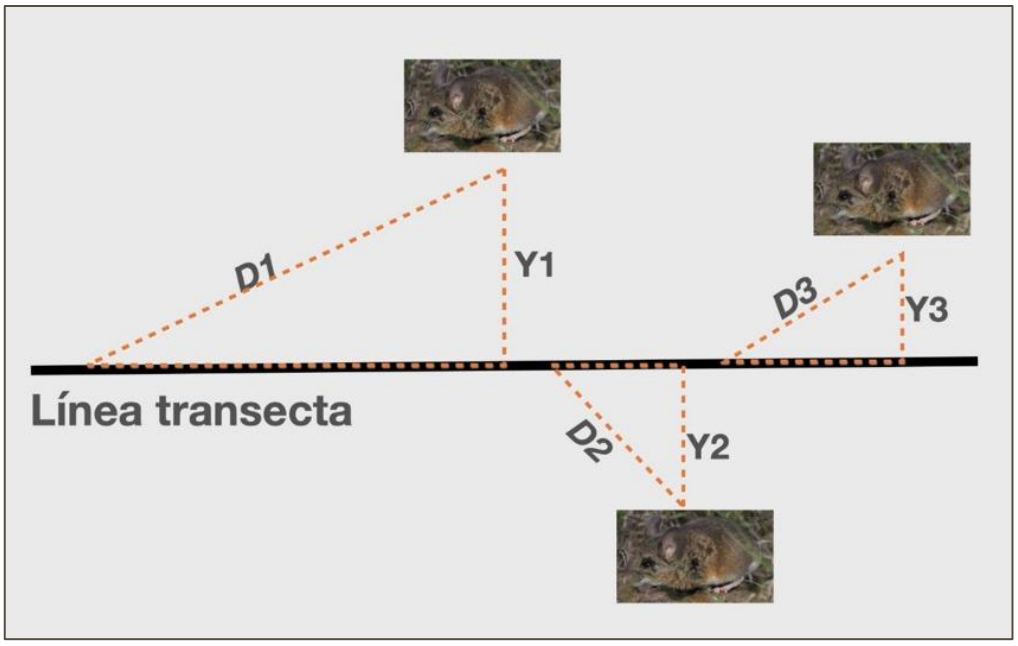


Método por transectos en línea: el registro de observaciones se realiza a lo largo de una línea de muestreo. Los criterios a considerar para una densidad poblacional confiable bajo este método son (Sélem-Salas *et al.,* 2011)[70]:

- Todos los animales en el transecto son observados.
- Los animales son observados en su ubicación inicial, para evitar registrar un individuo dos veces.
- Se miden con exactitud la distancia de manera perpendicular a donde fue observado el ejemplar.
- La detección de un individuo es independiente de la detección de otro. Es decir, son eventos independientes.
- El comportamiento de respuesta de la población no cambia sustancialmente a lo largo del transecto.

El método propuesto asume que no todos los individuos serán vistos por el observador y el número de individuos observados se incrementará con la distancia recorrida en la línea transecta (Figura IV.52). El ancho del transecto se obtiene a partir de cada una de las observaciones, tomando las distancias (D) o (Y) desde el individuo hasta la línea recorrida. El observador debe recorrer la línea transecta (X), contando los individuos por ambos lados de la línea y registrando sin error (D) o (Y) cuando el individuo es detectado.

Figura IV. 52 Método línea transecta



Con el objetivo de conocer los diferentes transectos del **AeP** se utilizó un dron **DJI Mavic 2 Zoom** que cuenta con una cámara de **20 MP** y una resolución de video **4K**, con capacidad de elevación de 500 msnm. El dron se elevó a 100 metros sobre el suelo, una vez alcanzado la altura deseada se realizó un giro de 360 grados.

En el proyecto se utilizó equipo de muestreo indirecto como cámaras trampa, trampa Sherman; para la observación de aves y reptiles, un dron, cámaras y telémetro laser para medir distancias; un detector acústico y redes de niebla para aves.

Para dar cumplimiento con el objetivo del presente estudio se utilizaron métodos directos e indirectos, así como diversas técnicas para recabar la información referente a los diversos grupos. A continuación, se describen la metodología para los grupos iniciando con anfibios y reptiles, aves y por último a los mamíferos tanto terrestres como voladores.

Métodos para el muestreo de reptiles y anfibios: El muestreo se realizó en los transectos propuestos dentro del AeP y el SAR. Los muestreos se realizaron con la metodología de captura directa de ejemplares, recorriendo en transectos lineales y se les tomó la distancia a donde fue observado el ejemplar (ver apartado 4.2) (Figura IV.53).

El manejo de los organismos hallados en campo fue de forma manual, para anfibios, lagartijas y serpientes no venenosas. La forma de manipularlo es sosteniendo la cabeza y miembros anteriores para no dañar al organismo y poder realizar la identificación. En el caso de las serpientes venenosas se utiliza un gancho herpetológico inmovilizando la cabeza para su manipulación segura (Casas-Andreu *et al*., 1991)[71].

Los datos se registraron en un formato de campo, junto con los datos de fecha, hora, número de captura, nombre de la especie, donde fue encontrado el individuo, distancia perpendicular al transecto, así como la actividad que realizaba en el momento de ser observados.

La identificación de las especies se hizo por medio de “Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México” (Flores *et al.,* 1995)[72], los organismos se identificaron a nivel de especie, una vez capturados fueron liberados.

Figura IV. 53 Metodología para la herpetofauna



Métodos para el muestreo de aves: Para el monitoreo de este grupo, se utilizó el método Transecto en Línea descrito en el apartado 4.1, aunado a ello se emplearon técnicas complementarias como redes de niebla y monitoreo acústico pasivo (MAP), el objetivo de esta técnica es grabar las señales acústicas con la instalación de detectores con una programación particular de grabación sin que haya interferencia del observador y de ésta manera se registra la presencia de los individuos (Tovar-García y Acevedo-Charry, 2021)[73].

Cabe mencionar que ésta técnica no es invasiva, puede identificar mamíferos, aves, anfibios así como sonidos de lluvia, vientos y otros sonidos antrópicos. Su uso permite determinar la riqueza de especies o construir índices generales de biodiversidad (MacLaren *et al.*, 2018)[74].

Detector acústico: Los cantos de las aves fueron grabados con detectores acústicos Song Meter SM4 Acoustic Recorder de Wildlife Acoustics®, mismos que cuentan con dos canales de grabación para dos fuentes de audio simultáneas, teniendo una programación de 24 horas de grabación con pausas de un minuto cada hora.
Se utilizaron dos equipos acústicos (A1 y A2). El equipo A2 se llevó durante los recorridos en los transectos y el equipo A1 se estableció en un lugar fijo en el área

del AeP durante dos noches; posteriormente se movió de lugar para ser ubicado en el SAR. La colocación del equipo fue a una altura de 1.5 m con un período total de cuatro noches y cinco días obteniendo una grabación total acumulada de 98 horas (Figura IV.54).

Figura IV. 54 Registros de cantos y verificación de especies



Una vez en gabinete se procedió a los análisis de las grabaciones de cantos (visualización de los espectrogramas del canto) y se identificó a las especies con el programa **Songscope®** de **Wildlife Acoustics** de la siguiente forma:

- Primero: el programa **Songscope** analiza y fragmenta los formatos de audio (en formato **.wav**) con presencia de cantos reconocibles de aves, estos cantos se cotejaron con la base de datos de Xeno-Canto[75], disponibles en línea.
- Segundo: por medio del espectrograma, que es una forma gráfica de representar el sonido en un eje vertical (en Hertz), se identifica si el sonido del ave es una nota, una sílaba, una frase o un canto. Una nota es una línea continua en el espectrograma. Las sílabas se componen por dos o más notas, la frase puede estar formada por varias notas y/o sílabas que ocurren en un patrón recurrente.
- Tercero: el canto, dependiendo de la especie, puede entrar dentro de una de las categorías anteriores o presentar una combinación de las mismas (Catchpole y Slater, 2008)[76].

Redes de niebla: Las redes de niebla consisten en una malla fina de fibra sintética (nylon o poliéster) sostenida por un marco rectangular de varias líneas de nylon. Esta red es colocada en los sitios de captura empleando dos tubos preferentemente de metal. Las redes pueden colocarse de diferentes maneras de acuerdo con el hábitat, topografía, especies a capturar, vegetación y condiciones climáticas (Sélem-Salas *et al*., 2011)

Se colocaron 4 redes de niebla que fueron abiertas y vigiladas día y noche para evitar de esta manera el riesgo de que las especies capturadas se lastimen o pudiesen ser depredadas (Santiago-Alarcón, 2015)[77]. El tiempo en que se mantuvo abierta fue de 340 horas-red (4 redes x 40 horas) (Figura IV.55).

Figura IV. 55 Redes de niebla y guía de campo



Identificación y arreglo taxonómico de las especies
Las especies observadas se identificaron taxonómicamente con ayuda de las guías de campo de Ver (Van Perlo, 2006)[78], (Howell y Webb, 1995)[79]; (Scott y McFarland, 2010)[80]; (Peterson, 2002) [81] y (Beadle y Rising, 2002)[82].

Para la elaboración de la lista de especies se siguió el arreglo taxonómico de The American Ornithological Society (2023)[83], considerando los últimos cambios según los suplementos y artículos publicados (64th supplement, Chesser *et al*., 2023)[84].

La asignación de los nombres comunes en español se realizó con base en “Aves de México. Lista actualizada de especies y nombres comunes, 2021” de CONABIO (Berlanga *et al*., 2021)[85].

Selección de las áreas de descanso y/o anidación para las especies de aves
Para la determinación de zonas de descanso y anidación para rapaces y no rapaces además de la información obtenida de campo se realizó un análisis en la zona del proyecto y su AiP y SAR siguiendo parte de la metodología propuesta por Galindo-

Cruz, et al. 2021[86] que consiste en: una selección de especies de interés (rapaces y no rapaces), incluidas las listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y también aquellas que presentaron mortalidad en instalaciones fotovoltaicas (Kosciuch*, et al*. 2020) [87]; generación de Modelos de Nicho Ecológico de las especies seleccionadas con el programa Maxent y elaboración en un consenso por sobreposición de modelos; y determinación de las áreas de descaso y/o anidación.

Información complementaria

Endemismos
Se consideran tres categorías:

Endémicas a México **(EN)**, aquellas especies cuya distribución se restringe a los límites geográficos del país.

Cuasi endémicas (CE), las que presentan una distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km^2.

Semiendémicas (SE), especies cuya población completa se distribuye únicamente en el país o región durante una época del año (González-García y Gómez de Silva, 2003)[88].

Especies Exóticas Invasoras (Exo).

Para determinar si una especie de ave es invasora se obtuvo del "Sistema de información sobre especies invasoras en México" (CONABIO, 2016)[89].

Estacionalidad de las aves.

Estas categorías se establecieron con base a la Lista Actualizada de especies y nombres comunes; Actualización AOS, 2021 que reconocen las siguientes categorías: **Residente** (**R**), **Migratoria de invierno** (**MI**), **Migratoria de verano** (**MV**), **Transitoria** (**T**), **Accidental** (**A**), **Oceánica** (**O**). Además, se ocupó la información proporcionada por los mapas de migración en "Handbook of the Birds of the World Alive" (HBW)[90] y "The UICN Red List of Threatened Species"[91].

Residentes (R) son las especies que viven a lo largo de todo el año en una misma región.

Migratorias de invierno (MI) son las especies que se reproducen al norte del continente y pasan el invierno en México y más al sur, por lo general entre los meses de septiembre y abril.

Migratorias de verano (MV) son las especies que están en México únicamente durante la temporada de reproducción en verano, por lo general entre marzo y septiembre.

Transitorias (T) son especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a sus áreas de invernación al sur en el otoño, o hacia sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera.

Accidentales (A) son especies cuya presencia en México es rara o irregular, por ejemplo, individuos en dispersión que están fuera de sus áreas de distribución habitual, o individuos que han sido arrastrados por fenómenos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas.

Oceánicas (O), representadas por las especies de aves pelágicas que pasan la mayor parte del tiempo en mar abierto, y que por lo general se reproducen en islas. Si bien esta última no es una categoría de residencia, si permite destacar su presencia regular en el mar abierto durante la mayor parte del año.

Métodos para el muestreo de mamíferos
El muestreo usado fue por Transectos en Línea descrita (ver apartado 4.2). Las metodologías están divididas y dirigidas para dos grupos de mamíferos, los cuales son: a) metodologías para mamíferos terrestres y b) metodologías para mamíferos voladores (murciélagos).

a) Metodologías para mamíferos terrestres

Para los mamíferos de talla chica como musarañas y roedores se utilizaron trampas Sherman de captura viva (método directo); y las metodologías para el grupo de los mamíferos medianos y grandes son las de Cámaras-trampa (Fototrampeo) e identificación de rastro, huellas, excretas y madrigueras (métodos indirectos), dirigidas a felinos, carnívoros, didelfidos, artiodáctilos y lagomorfos.

Trampas Sherman de captura viva: Se colocaron un total de 100 trampas distribuidas en 5 transectos con 10 trampas cada uno, a una distancia de 10 m entre trampas, de tal manera que por sitio elegido estratégicamente fueran áreas representativas del SAR y el AeP. Las trampas fueron cebadas con bolitas de avena en hojuela humedecida por vainilla. La vainilla funciona como atrayente y la avena proporciona alimento a los individuos capturados hasta el momento que son liberados para evitar su muerte (Fig. 15). Las trampas Sherman se colocaron al atardecer (entre 18:00 y 19:00 p. m.) y se levantaron en la mañana (de 7:00 a 9:00 a. m.).

El método de captura con trampas Sherman permite obtener vivo al mamífero para su correcta identificación. Su eficiencia de captura es alta para medir riquezas y abundancia de especies (Santos *et al.,* 2006)[92]. Los mamíferos capturados vivos, fueron extraídos en bolsas de manta para su manipulación e identificación. La identificación taxonómica de los ejemplares colectados se realizó *in situ* tomando sus medidas somáticas y con la revisión de “Mammals of Mexico” (Ceballos, 2014)[93]. Una vez identificadas las especies, los ejemplares fueron fotografiados y liberados respectivamente en su área natural (Figura IV.56).

Figura IV. 56 Metodología para la mastofauna



Identificación de rastros y huellas: Se recorrieron los transectos detectando huellas, excretas y otros rastros (esqueletos, desechos de alimenticios y pelo). La técnica de colecta de rastros en transectos lineales permite detectar y determinar la presencia de mamíferos medianos, así como el uso de hábitat y alimentación (Aranda, 2012)[94]. Las huellas y excretas registradas se identificaron con la ayuda de las guías: "Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México" (Aranda, 2012) y "Mammals Tracks and Sign" (Elbroch, 2003)[95].

Cámaras trampa

El uso de Cámaras-trampa para el estudio de mamíferos grandes y medianos, es una herramienta confiable y no invasiva (Monroy *et al.*, 2011)[96]estás ofrece ciertas ventajas en comparación con otros métodos, como el trampeo directo, ya que se pueden estudiar especies con densidades bajas y difíciles de capturar, así como determinar su abundancia (Heilbrun *et al.* 2006)[97] .

Con este método se obtienen estimados más precisos de la abundancia, riqueza, diversidad, variación espacio temporal y patrones de actividad de las especies. Otra ventaja está dada por la identificación exacta de la mayoría de los organismos (Karanth *et al*., 2004)[98] , así como obtener registros de especies con la mínima perturbación, ya que los animales no son capturados, y los registros del muestreo pueden cubrir extensas áreas con un mínimo esfuerzo personal (Botello *et al.* 2007)[99].

Estos son dispositivos que integran cámara fotográfica digital, sensores de movimiento y luz por infrarrojos que facilitan el registro de especies no observadas

por el técnico. Se colocaron un total de 18 cámaras trampa de diferentes modelos CUDDEBACK, PRIMOS BULLET, MOULTRIE que fueron colocados principalmente en el AeP y se colocaron a una altura de entre 30-40 centímetros del suelo (Figura IV.57).

La estimación de la abundancia con cámaras trampa se ve afectada por la distancia entre las estaciones de cámaras trampa, es decir, si hay mucho espacio entre estaciones de cámaras trampa los animales en estos espacios tiene una baja probabilidad de ser detectados y estaciones de cámaras trampa muy juntas incrementan la probabilidad de detectar los mismos animales varias veces. Dado lo anterior las cámaras fueron colocadas a un kilómetro de distancia entre cada una tomando en cuenta los rangos hogareños de ciertas especies. El ámbito hogareño es el área que ocupa la especie en sus actividades de alimentación, reproducción y cuidado de las crías (Marín-Sánchez, *et al*. 2015)[100].

Figura IV. 57 Registros con cámaras trampa



Registro de murciélagos con equipo Song Meter SM4BAT FS

Para obtener información acerca de la diversidad de murciélagos y sus horas de mayor actividad, se utilizó el detector Song Meter SM4BAT FS Ultrasonic Recorder de Wildlife Acoustics® de última generación con micrófono unidireccional de cinco metros de distancia y carcasa hermética, con programación de hora de inicio y fin de grabación de detección.

El equipo Song Meter SM4BAT FS se colocó por cuatro noches. El detector ultrasónico tiene una configuración de encendido para registro de murciélagos a las 18:00 h y apagado a las 06:00 h; teniendo una actividad de registro de 12 horas por

noche (Figura IV.59). El equipo Song Meter SM4BAT FS cada vez que realiza un registro de algún murciélago (evento), almacena los archivos en formato .wav con las pulsaciones detectadas.
El análisis de cada grabación e identificación de las especies se realiza con el programa Kaleidoscope Pro4 Analysis Software® de Wildlife Acoustics.

Figura IV. 58 Registros de llamados con equipo ultrasónico



Una vez organizadas las grabaciones, se elabora una lista clasificando en orden, familia, género y especie. Para el nombre común en español se utilizó el "Compendio de ecolocalización de los murciélagos insectívoros de acuerdo con Ortega *et al*., (2022)[101].

Grabación de murciélagos con Cámara Termográfica

Los murciélagos son mamíferos voladores de hábitos nocturnos, sin embargo, detectarlos e identificarlos en su entorno natural suele ser un desafío, porque muchas especies de murciélagos no se distinguen morfológicamente. Además de los métodos mencionados anteriormente, el monitoreo de estos organismos se debe complementar con componentes electrónicos modernos como el espectro electromagnético de infrarrojo cercano y medio (Darras *et al*., 2021)[102]. Para ello se empleó una cámara termográfica **Fluke Ti400 9Hz Thermal Imager** con un rango

de temperatura de -20 ºC a 1200 ºC, para la grabación y conteo de individuos de murciélagos (Figura IV.59).

Figura IV. 59 Uso de Cámara Termográfica



Endemismos y migración.

Para determinar qué especies son migratorias y que especies son endémicas a México se consideraron las publicaciones Medellín, *et al*., (2000)[103] y Ceballos (2014).

Para el caso de los murciélagos, en México no se han registrado especies invasoras o exóticas.

IV.2.2.2 Análisis de la información de la prospección en campo.

Los datos obtenidos de campo se procesaron en una hoja de Microsoft Excel, donde se clasificaron y exportaron los datos al programa R donde se realizaron los análisis de diversidad. Para los análisis de eficiencia de muestreo se utilizó los registros obtenidos de los transectos en donde se incluyen a todos los grupos.

En cuanto a diversidad alfa, beta y gamma se empleó la base obtenida de los registros acústicos. El uso de datos acústicos para la estimación de la abundancia de aves consideró aspectos clave para asegurar la precisión:

Variabilidad en detectabilidad acústica por especies: se ajustaron los protocolos de muestreo a las especies con diferentes niveles de emisiones sonoras, reconociendo que las más silenciosas tenían menores radios de detección.

No independencia de llamadas detectadas secuencialmente: se utilizaron técnicas estadísticas para evitar contar múltiples veces a un mismo individuo, dado el alto riesgo de registrar llamadas repetidas en áreas concentradas. Por ejemplo, Cornell HBW Alive contiene información de la abundancia relativa a través de modelaciones de las especies con respecto a la región. Estas son cotejadas con el número de registros que se obtienen con el programa Songscope® una vez analizados los datos y bajo ciertos criterios se estima la abundancia de la especie.

Categorías en la Lista Roja de la UICN.

- **Extinto (EX):** Un taxón está *Extinto* cuando no queda duda alguna que el último individuo ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

- **Extinto en Estado Silvestre (EW):** Un taxón está *Extinto en Estado Silvestre* cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está *Extinto en estado silvestre* cuando exploraciones de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

En Peligro Crítico (CR): Un taxón está *En Peligro Crítico* cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios A hasta E para *En Peligro Crítico.*

Vulnerable (VU): Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible (reducción sustancial de la población, poblaciones pequeñas, área geográfica ocupada bastante pequeña, o el análisis cuantitativo de la probabilidad de extinción durante los próximos 100 años es >10% indica que está enfrentando un alto riesgo de extinción en estado silvestre.

En Peligro (EN): Un taxón está *En Peligro* cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios A E para *En Peligro*. Por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

Casi Amenazado (NT): Un taxón está en la categoría de *Casi Amenazado*, cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para *En Peligro Crítico, En Peligro* o *Vulnerable*, pero está cercano a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga en un futuro cercano.

Preocupación Menor (LC): Un taxón se considera de *Preocupación Menor* cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxa abundantes y de amplia distribución.

Datos Insuficientes (DD): Un taxón pertenece a la categoría *Datos Insuficientes* cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada.

No Evaluado (NE): Un taxón se considera *No Evaluado* cuando todavía no ha sido clasificado en relación a los criterios anteriores.

Categorías en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Apéndice I: Incluye las especies que se encuentran en peligro de extinción que es donde se cierne el mayor grado de peligro. Se prohíbe rotundamente el comercio salvo para fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. Para estos casos se requiere de un permiso de importación y de exportación para la transacción comercial.

Apéndice II: Incluye especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe ser controlado. También incluye especies que son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación y que necesitan regularizarse. Se permite el comercio internacional bajo ciertos requisitos.

Apéndice III: Incluye especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies previa presentación de los permisos o certificados apropiados. Nota: En los listados de especies potenciales y observadas se señala a aquellas en el apéndice III como lo maneja Conabio 2024, donde señala un total de 24 especies https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cites/especies. Sin embargo, solo se hace como referencia, ya que no existen poblaciones de México incluidas en el Apéndice III, se trata de especies incluidas en ese Apéndice para otros países, pero cuya distribución abarca el territorio nacional.

Información complementaria de cada especie

Estatus NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 14-11-2019).

- **Probablemente extinta en el medio silvestre (E):** Aquellas especies nativas de México cuyos ejemplares en vida silvestre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

- **En peligro de extinción (P):** Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

- **Amenazadas (A):** Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

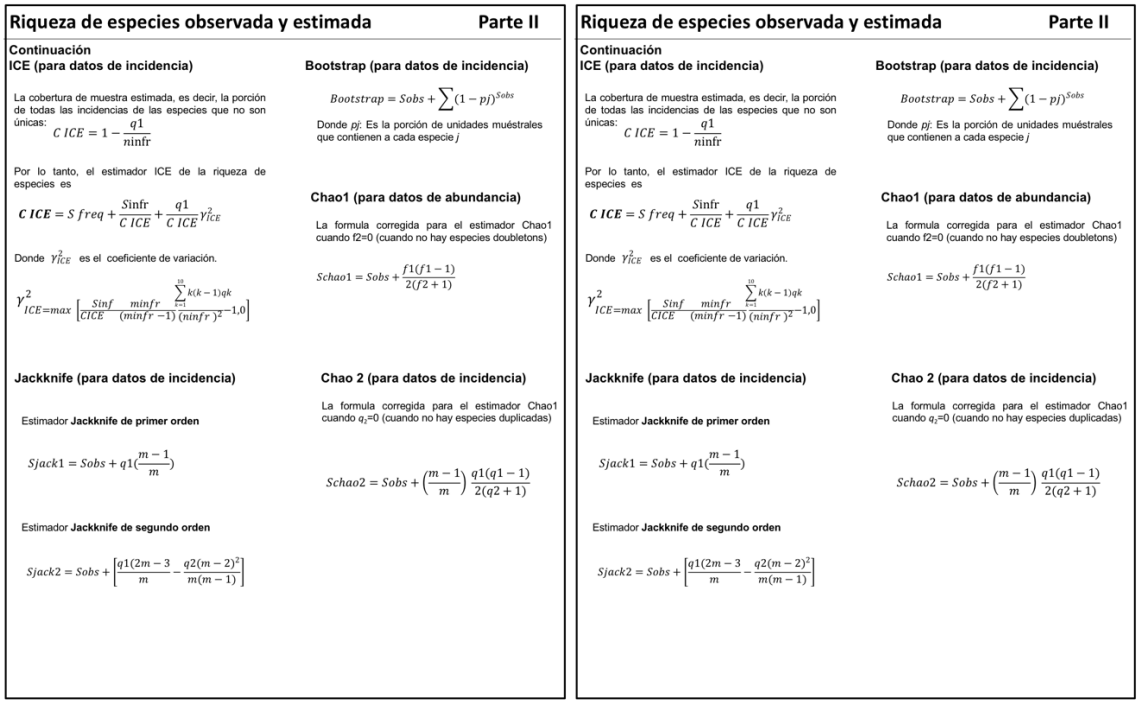
- **Sujetas a protección especial (Pr):** Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

IV.2.2.3 Eficiencia del muestreo.

Para evaluar la eficiencia del muestreo, así como estimar la riqueza de especies presentes en Fv El Ocote fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies en el programa RStudio ver. 1.09.494[104]. Esta función utiliza estimadores no paramétricos: Chao (en su versión adaptada para matrices de presencia-ausencia, también conocido como Chao 2), Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap, para evaluar la biodiversidad en dos períodos distintos. Estos estimadores no paramétricos se describen en el Tabla de riqueza de especies observadas y estimadas (Figura IV.60).

Las curvas de acumulación de especies representan gráficamente el análisis de los métodos de estimación con base en la riqueza de especies registradas en campo y el esfuerzo de muestreo aplicado, para inferir en la posible riqueza y la eficiencia del muestreo (en porcentajes) en los 16 transectos en el proyecto Fv El Ocote y el tiempo en el que se llevó a cabo el muestreo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006[105]; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003[106]). Los métodos de estimación usan la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la asíntota de la curva (línea continua en el plano con respecto a la “x”).

Figura IV. 60 Riqueza de especies observada y estimada



Riqueza de especies observada y estimada — Parte II

Continuación

ICE (para datos de incidencia)

La cobertura de muestra estimada, es decir, la porción de todas las incidencias de las especies que no son únicas:

$$C\,ICE = 1 - \frac{q1}{\text{ninfr}}$$

Por lo tanto, el estimador ICE de la riqueza de especies es

$$\boldsymbol{C\,ICE} = S\,freq + \frac{S\text{infr}}{C\,ICE} + \frac{q1}{C\,ICE}\gamma^2_{ICE}$$

Donde γ^2_{ICE} es el coeficiente de variación.

$$\gamma^2_{ICE=max}\left[\frac{Sinf}{CICE}\frac{minfr}{(minfr-1)}\frac{\sum_{k=1}^{10} k(k-1)qk}{(ninfr)^2}-1{,}0\right]$$

Bootstrap (para datos de incidencia)

$$Bootstrap = Sobs + \sum(1-pj)^{Sobs}$$

Donde *pj*: Es la porción de unidades muéstrales que contienen a cada especie *j*

Chao1 (para datos de abundancia)

La formula corregida para el estimador Chao1 cuando f2=0 (cuando no hay especies doubletons)

$$Schao1 = Sobs + \frac{f1(f1-1)}{2(f2+1)}$$

Jackknife (para datos de incidencia)

Estimador **Jackknife de primer orden**

$$Sjack1 = Sobs + q1\left(\frac{m-1}{m}\right)$$

Estimador **Jackknife de segundo orden**

$$Sjack2 = Sobs + \left[\frac{q1(2m-3}{m} - \frac{q2(m-2)^2]}{m(m-1)}\right]$$

Chao 2 (para datos de incidencia)

La formula corregida para el estimador Chao1 cuando q_2=0 (cuando no hay especies duplicadas)

$$Schao2 = Sobs + \left(\frac{m-1}{m}\right)\frac{q1(q1-1)}{2(q2+1)}$$

Riqueza de especies observada y estimada — Parte II

Continuación

ICE (para datos de incidencia)

La cobertura de muestra estimada, es decir, la porción de todas las incidencias de las especies que no son únicas:

$$C\,ICE = 1 - \frac{q1}{\text{ninfr}}$$

Por lo tanto, el estimador ICE de la riqueza de especies es

$$\boldsymbol{C\,ICE} = S\,freq + \frac{S\text{infr}}{C\,ICE} + \frac{q1}{C\,ICE}\gamma^2_{ICE}$$

Donde γ^2_{ICE} es el coeficiente de variación.

$$\gamma^2_{ICE=max}\left[\frac{Sinf}{CICE}\frac{minfr}{(minfr-1)}\frac{\sum_{k=1}^{10} k(k-1)qk}{(ninfr)^2}-1{,}0\right]$$

Bootstrap (para datos de incidencia)

$$Bootstrap = Sobs + \sum(1-pj)^{Sobs}$$

Donde *pj*: Es la porción de unidades muéstrales que contienen a cada especie *j*

Chao1 (para datos de abundancia)

La formula corregida para el estimador Chao1 cuando f2=0 (cuando no hay especies doubletons)

$$Schao1 = Sobs + \frac{f1(f1-1)}{2(f2+1)}$$

Jackknife (para datos de incidencia)

Estimador **Jackknife de primer orden**

$$Sjack1 = Sobs + q1\left(\frac{m-1}{m}\right)$$

Estimador **Jackknife de segundo orden**

$$Sjack2 = Sobs + \left[\frac{q1(2m-3}{m} - \frac{q2(m-2)^2]}{m(m-1)}\right]$$

Chao 2 (para datos de incidencia)

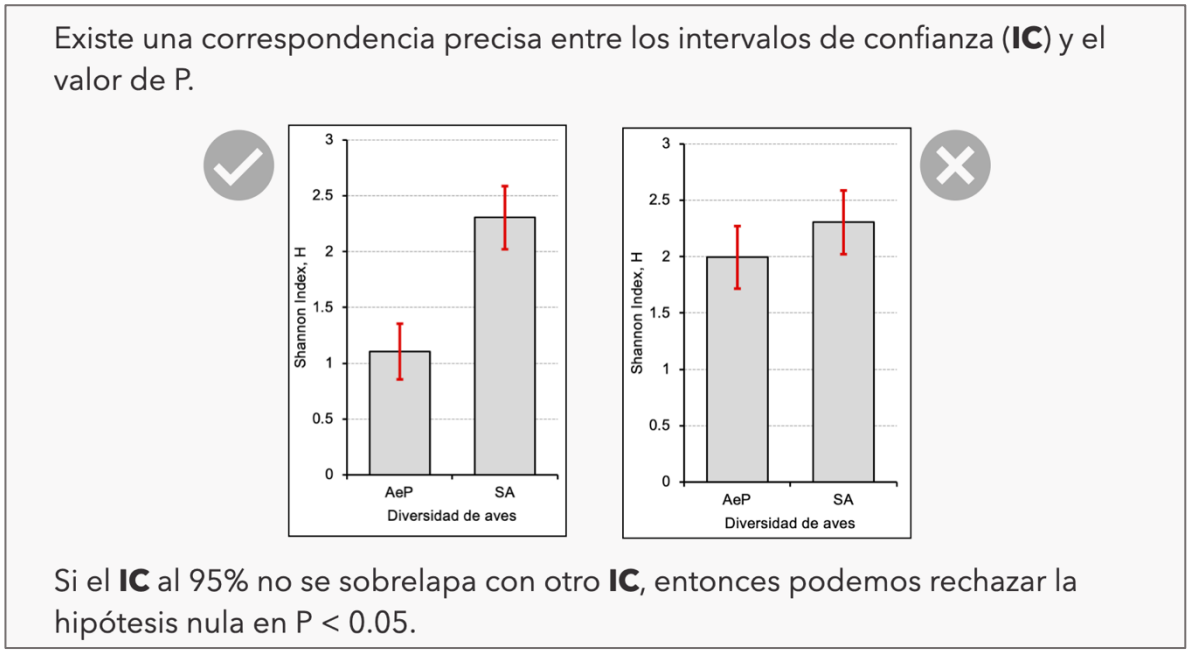
La formula corregida para el estimador Chao1 cuando q_2=0 (cuando no hay especies duplicadas)

$$Schao2 = Sobs + \left(\frac{m-1}{m}\right)\frac{q1(q1-1)}{2(q2+1)}$$

IV.2.2.4 Niveles de significancia estadística.

Diversidad Alfa: Se empleó el programa RStudio ver. 1.09.494 para obtener los índices de diversidad de los datos obtenidos de las grabaciones acústicas por hora entre el SAR y el AeP. A partir de técnicas de remuestreo se calculan los intervalos de confianza al 95% para cada índice estimado (Figura Iv.61). Es decir, con los datos de las especies que conforman la muestra obtenida en campo, cuál sería la variación esperada si se añadieran más muestras al azar del mismo tamaño, considerando el conjunto de especies total (la sumatoria de los transectos), lo que permite tener el valor del índice de diversidad dentro de un rango (límite inferior y superior) con un nivel de significancia estadística al 95% (Chao y Shen, 2010[107]; Colwell, 2013[108]; Colwell y Elsensohn, 2014[109]).

Figura IV. 61 Interpretación de los intervalos de confianza



Índices para calcular diversidad alfa

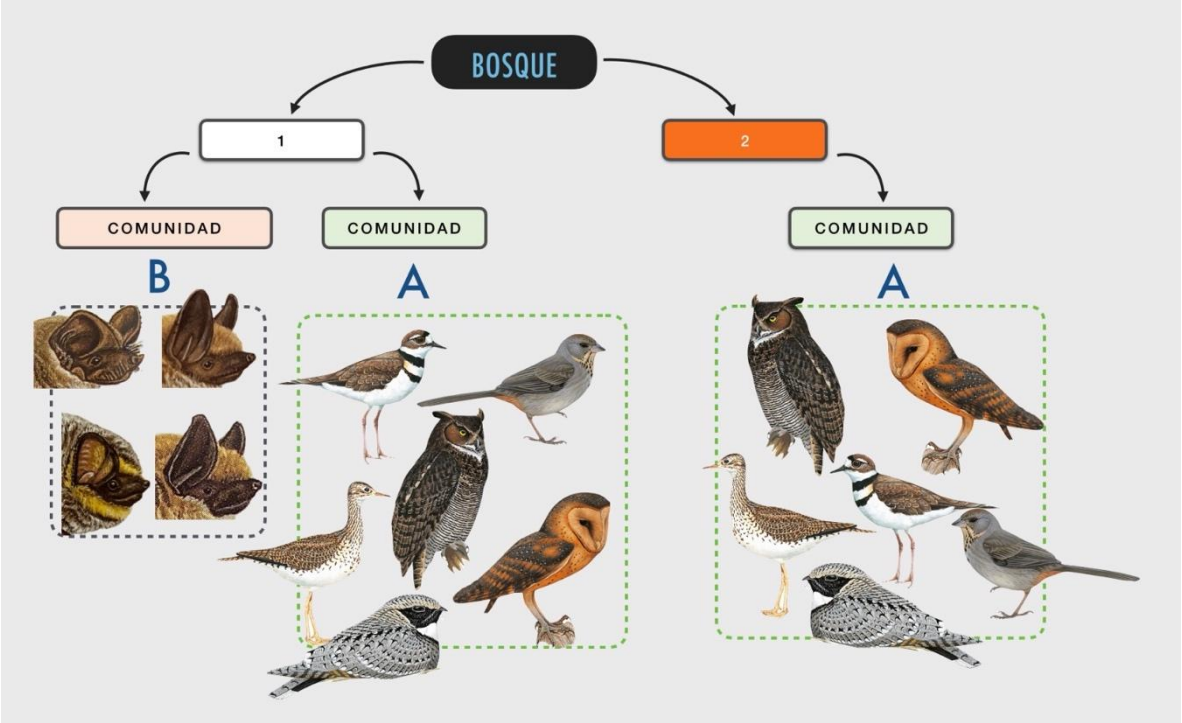
Dada la importancia de la diversidad de especies y su cambio en relación con las actividades humanas (Moreno *et al.,* 2011)[110], en la evaluación de la diversidad se utilizan tres aproximaciones:

Corresponde a un concepto claro y de fácil uso: la riqueza de especies (S).
Se utilizan dos índices de uso común y de larga tradición en ecología de comunidades: Índice de Shannon e Índice de Simpson, pero que presentan problemas de interpretación o de significado biológico por las unidades en que está dado el valor de los índices, principalmente en el índice de Shannon el cual mide el grado de entropía o incertidumbre.

Actualmente ambos índices son muy criticados por la falta de duplicación matemática necesaria al momento de comparar la magnitud de cambio en dos o más sitios, una propiedad intuitiva esperada bajo el concepto de diversidad (Jost, 2006[111]; Moreno *et al*., 2011). Para explicar esta propiedad se tiene el siguiente ejemplo:

En un **bosque1** la comunidad A (estrato arbóreo) tiene 50 especies y en la comunidad B (sotobosque) también hay 50 especies, todas las especies con las mismas abundancias, pero ninguna especie se comparte entre ellas, es decir cada sitio (A y B) tiene 50 especies exclusivas. Tenemos otro bosque, **bosque2** pero que debido a alteraciones antrópicas tiene solo la comunidad A (estrato arbóreo) con 50 especies (Figura IV.62).

Figura IV. 62 Ejemplo de la magnitud del cambio de la diversidad



La propiedad de duplicación se refiere a poder aseverar matemáticamente que, al comparar los dos tipos de bosque, en el **bosque1** la diversidad (A+B) es doblemente más diversa que en el **bosque2** (A). Esta propiedad de duplicación es la que carecen los índices tradicionales como Shannon y Simpson y que no es muy práctico al momento de comparar magnitudes de cambio de diversidad al comparar varios sitios (Chao y Jost, 2012)[112].

Medición de la diversidad en este trabajo, la propuesta de medir la diversidad bajo unidades intuitivas de diversidad biológica, es decir, en número de especies, a lo que se le denomina *números efectivos de especies* (Jost, 2006; Moreno *et al.,* 2011), incluso Ellison (2010)[113], en el papel de editor de la revista *Ecology*, concluye

"…Si el interés se centra en describir la diversidad de un ensamblaje, entonces los números efectivos de especies deben ser medidas de diversidad elegidas, no la entropía" (Moreno *et al*., 2011). Bajo el marco de esta última aproximación usamos las transformaciones de los índices tradicionales de Shannon y Simpson a *números efectivos de especies (${}^{q}D$)*: exponencial de Shannon e inverso de Simpson respectivamente (Jost, 2006, Moreno *et al*., 2011). Cabe mencionar que los cinco índices utilizados bajo las diferentes aproximaciones se presentan con sus respectivos intervalos de confianza al 95% para fines de comparación estadísticamente significativa.

Descripción de cada índice de diversidad

Riqueza de especies. Medida únicamente como el número de especies en el sitio (S)

***Índice de Shannon*.** Mide el grado promedio de entropía o incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar de una muestra, de manera que para la interpretación biológica del índice se dice que, a mayor incertidumbre, mayor diversidad biológica y a valores menores de incertidumbre, la diversidad es menor, aunque es uno de los índices más usados es muy sensible al tamaño de muestra (Magurran, 2004[114]; Moreno *et al.,* 2011).

$$H' = -\Sigma p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Ln = Logaritmo natural de la abundancia proporcional p_i

***Índice de Simpson*.** Este índice mide la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos organismos que pertenezcan a la misma especie (Magurran, 2004).

$$\lambda = \Sigma p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

***Exponencial de Shannon*.** Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte fácilmente al expresar el valor obtenido por el índice tradicional de Shannon utilizando logaritmo natural en el exponencial (exp) (Jost, 2006; Moreno *et al*., 2011) y todas las especies son incluidas considerando su abundancia proporcional (${}^{1}D$)

$${}^{1}D = \exp(H')$$

***El inverso de Simpson*.** Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte al expresar el valor obtenido en el índice de Simpson, en su inverso. Es un índice que considera o es más sensible a las especies comunes (^2D):

^2D =1-Lambda o $^2D=1-\lambda$

Para utilizar el número efectivo de especies, se añade la magnitud de cambio en la diversidad al momento de comparar las secciones de estudio, esta magnitud de cambio se realiza siguiendo la propuesta de Moreno *et al*., (2011) donde, además de comparar estadísticamente la diversidad por medio de intervalos de confianza se compara directamente qué tan diferente es la diversidad entre comunidades de la siguiente manera: si una comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad A tendrá D_A/D_B veces más diversidad que la comunidad B. Otra manera de expresar la diferencia en la magnitud de la diversidad es a través de una proporción, si la comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad B tendrá solamente un porcentaje (DB × 100) /DA de la diversidad que tiene la comunidad A.

Diversidad beta: Mide las diferencias (el recambio) entre las especies de dos puntos, dos tipos de comunidad o dos paisajes.

Con el objetivo de evaluar los cambios en la composición de la fauna presente en la zona del proyecto, se realizó un análisis de la similitud de especies basada en el índice de disimilitud de Jaccard (1-βJ). Este índice compara la diferencia en composición de dos comunidades en función de las especies compartidas. Los valores van de 0 a 1 o bien, en términos de porcentaje de 0 a 100, donde los tipos de vegetación que no comparten ninguna especie representan el valor de máxima diferenciación (100%) (Magurran y McGill, 2011)[115].

Diversidad gamma: La diversidad gamma es el número de especies del conjunto de sitios o comunidades que integran un paisaje. Formar parte de un paisaje significa compartir en cierto grado las condiciones ambientales, pero, muy específicamente, tener una historia biogeográfica común. Al referir la diversidad gamma a un paisaje, la estamos asociando con una extensión espacial y con una historia geomorfológica y evolutiva común, no simplemente con un área grande que abarque muchos sitios. (*Halffter et al*., 2005)[116].

Para realizar los análisis de dicha diversidad se utilizó el programa iDIP (Information-based Diversity Partitioning), propuesto por Chao y Chio, 2017[117]. Este programa se basa en descomposiciones de la diversidad de Shannon y la diversidad filogenética en múltiples niveles dadas las abundancias de las especies observadas.

Elaboración de modelos de distribución de las especies: Para conocer el patrón de distribución de las especies de fauna presentes en el proyecto se generaron modelos con el algoritmo de Maxent .

Se obtuvieron los registros georreferidos de las especies de fauna (cada especie con un mínimo de cinco localidades de registros diferentes, siendo el mínimo necesarios para generar los modelos de distribución) de la base de datos Global

Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org), se eliminaron los puntos que no pudieron ser georreferidos, y se corrigieron errores de georreferencia.

Para obtener los mapas de distribución, se modelaron las distribuciones potenciales mediante el algoritmo Maxent v. 3.4.4 (Phillips *et al*., 2006)[118] que consiste en encontrar las relaciones no aleatorias entre la presencia de la especie y los parámetros ambientales.

Los datos ambientales los conformaron 19 variables bioclimáticas (Fick y Hijmans, 2017[119]; https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html: temperatura media anual, intervalo medio diurno, isotermas, estacionalidad de la temperatura, temperatura máxima del mes más caluroso, temperatura mínima del mes más frío, temperatura media de la estación más húmeda, temperatura media de la estación más seca, temperatura media de la estación más calurosa, temperatura media de la estación más fría, precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, precipitación por estación del año, precipitación de la estación más húmeda, precipitación de la estación más seca, precipitación de la estación más calurosa, y precipitación de la estación más fría). Se elaboraron 1,000 iteraciones, y se utilizó el 25% de los puntos para las pruebas (test), para determinar la validez del modelo.

El umbral seleccionado para generar los mapas de distribución a partir de los modelos generados en Maxent, con el fin de eliminar sobrepredicción que pudiera oscurecer los patrones de distribución, fue el percentil 10 de presencia de entrenamiento. Lo cual implica un 10% de omisión de los datos con los que fue generado el modelo. La interpretación de las especies modeladas se realizó con la información de Ceballos, 2014, Enciclovida y The Cornell Lab of Ornithology Birds of the World.

Metodología para la elaboración del listado potencial: Para estimar el listado de especies potenciales con la finalidad de conocer la riqueza a nivel regional presente en el sitio donde se establecerá el proyecto se realizó con base en los siguientes pasos:

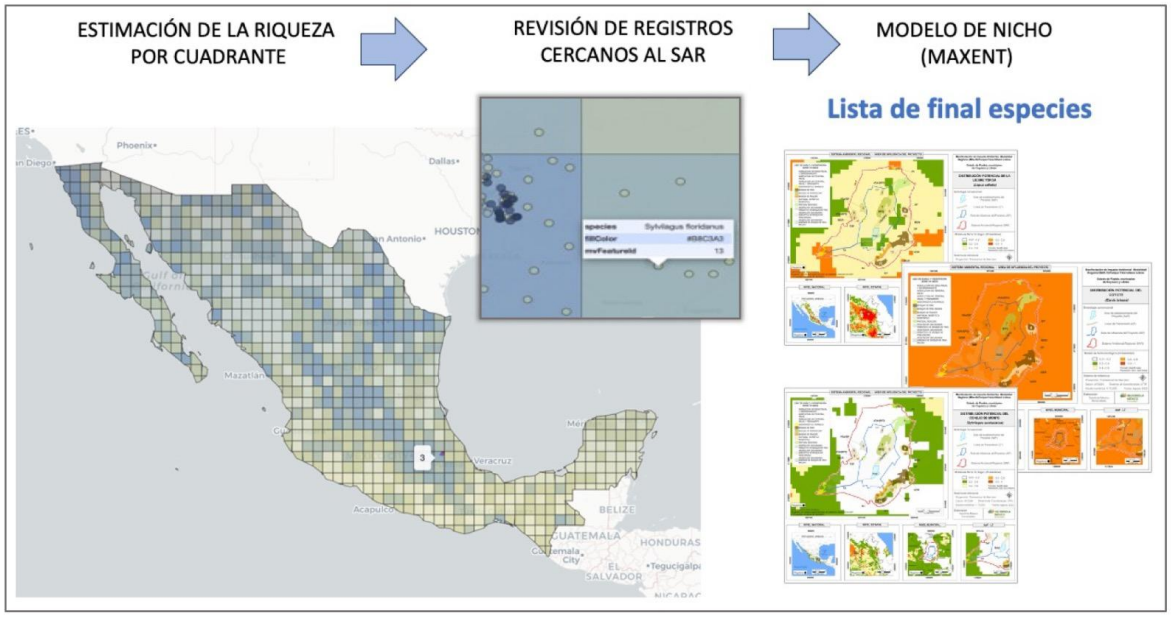
1. Consulta a la base del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB, s.f)[120] a nivel de Municipio.

2. Estimación de la riqueza de especies a través de cuadrantes de 0.5º x 0.5º obtenida de la base de datos GBIF (Global Biodiversity Information Facility).

3. Selección de las especies cercanas al SAR considerando su distribución, preferencia de hábitat, rangos hogareños, nivel de elevación en la que encuentran, estacionalidad, dicha información se consultó con la revisión de artículos científicos especializados, tesis, libros, página especializadas como Birds of the World, enciclovida y UICN.

4. Generación de los modelos de nicho para obtener el listado final de las especies a considerar como potenciales.

Figura IV. 63: Metodología para elaboración del listado potencial



IV.2.2.5 Resultados

Lista potencial de vertebrados

Se estimó un total de 162 especies de posible distribución en el Sistema Ambiental Regional del proyecto Fv El Ocote, de las cuales 9 son anfibios, 16 reptiles, 94 aves, 26 mamíferos terrestres y 17 mamíferos voladores. Las fuentes principales empleadas en la elaboración del listado se presentan en la Tabla IV.70.

Tabla IV. 70 Fuentes principales consultadas para la obtención del listado potencial

GRUPO	UICN	SNIB-ENCICLOVIDA	GBIF	LITERATURA	LISTADO POTENCIAL
	Global	Municipal (incluyendo los 3 municipios)	Regional	Local	SAR-AeP
Anfibios	12	16	1	9	9
Reptiles	26	39	6	16	16
Aves	218	260	28	94	94
Mamíferos terrestres	50	34	9	26	26
Murciélagos	39	4	0	17	17
Total	345	353	44	162	162

A continuación se describen de manera global los grupos de especies que potencialmente pudieran encontrarse para el proyecto Fv El Ocote (Anexo ANX VIII.IV.12).

Anfibios. De las nueve especies estimadas, la Rana Chirrionera Orejona (*Eleutherodactylus verrucipes*), la Ranita de Cañón (*Dryophytes arenicolor*), la rana Leopardo (*Lithobates berlandieri*) y Rana Leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*) se encuentran en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que la Rana de Árbol Plegada

(*Dryophytes plicatus*) se encuentra catalogada como Amenazada (A). En cuanto a la UICN todas las especies se encuentran en categoría de Preocupación menor (LC). Respecto al endemismo, la mayoría de las especies son endémicas a México, con excepción de la Ranita de Cañón (*Dryophytes arenicolor*) y la rana Leopardo (*Lithobates berlandieri*; Tabla IV.70).

Reptiles. Se determinaron 16 especies**,** de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 cinco especies se encuentran en la categoría de Amenazada (A) y seis en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). Todas las especies se encuentran en categoría de Preocupación menor (LC) por la UICN. Respecto al endemismo, la mayoría de las especies del listado son endémicas a México, con excepción de la Lagartija Espinosa del Mezquite (*Sceloporus grammicus*), la Culebra Lineada del Bosque (*Thamnophis cyrtopsis*), la Culebra de Agua Nómada Mexicana (*Thamnophis eques*) y la Cascabel de Cola Negra (*Crotalus molossus*). Cabe señalar que la Tortuga Pecho Quebrado (*Kinosternon integrum*), se encuentra regulada en el apéndice II de la CITES (Tabla IV.71).

Aves. En total se estimaron 94 especies; 64.9% son especies residentes, 27.6% son migratorias de invierno, el 6.3% son especies bimodales y el 1.06% son especies transitorias. Con respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010 el Gavilán Pecho Canela (*Accipiter striatus*), la Codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*), el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) y el Clarín Jilguero (*Myadestes occidentalis*) se encuentran en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr). En la UICN, el Zumbador Canelo (*Selasphorus rufus*) y el Verdugo Americano (*Lanius ludovicianus*) se encuentran en la categoría de especie Casi Amenazada (NT). En cuanto a su regulación 11 especies se encuentran en el apéndice II de CITES. Con respecto al endemismo, el Cuicacoche Moteado (*Toxostoma ocellatum*), el Zorzal Mexicano (*Catharus occidentalis*) y el Zacatonero Serrano (*Oriturus superciliosus*) son endémicas al país; ocho son especies semiendémicas, una cuasiendémica y cuatro exóticas (Tabla IV.72).

Mamíferos terrestres. De las 26 especies potenciales, la Ardilla de Peters (*Sciurus oculatus*) se encuentra bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010. En cuanto a las categorías de la UICN todas están clasificadas como Preocupación Menor (LC). Dos especies son endémicas a México, la Ardilla de Peters (*Sciurus oculatus*) y la Rata Algodonera Orejas Blancas (*Sigmodon leucotis*) (Tabla IV.73).

Mamíferos voladores. Se estimó la posible presencia de 17 especies de murciélagos, todas de amplia distribución, de las cuales 11 son migratorias. En cuanto a las categorías de la UICN, el Murciélago Trompudo (*Choeronycteris mexicana*) está en la categoría de especie Casi Amenazada (NT) y el Murciélago Magueyero Mayor (*Leptonycteris nivalis*) En Peligro (EN). En cuanto a la NOM-059-SEMARNAT-2010, ambas se encuentran clasificadas como Amenazadas (A; Tabla IV.74)

Tabla IV. 71 Listado de especies de anfibios de presencia potencial

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM 059	UICN	END	CITES
1	Anura	Bufonidae	*Incilius occidentalis*	Sapo de los Pinos	sc	LC	EN	-
2	Anura	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana Fisgona Deslumbrante	sc	LC	EN	-
3	Anura	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus verrucipes*	Rana Chirrionera Orejona	Pr	LC	EN	-
4	Anura	Hylidae	*Dryophytes arenicolor*	Ranita de Cañón	Pr	LC	ne	-
5	Anura	Hylidae	*Dryophytes eximius*	Rana Arborícola de Montaña	sc	LC	EN	-
6	Anura	Hylidae	*Dryophytes plicatus*	Rana de Árbol Plegada	A	LC	EN	-
7	Anura	Ranidae	*Lithobates berlandieri*	Rana Leopardo	Pr	LC	ne	-
8	Anura	Ranidae	*Lithobates spectabilis*	Rana Manchada	sc	LC	EN	-
9	Anura	Ranidae	*Lithobates montezumae*	Rana Leopardo de Moctezuma	Pr	LC	EN	-

Tabla IV. 72 Listado de especies de reptiles de presencia potencial

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM 059	UICN	END	CITES
1	Testudines	Kinosternidae	*Kinosternon integrum*	Tortuga Pecho Quebrado	Pr	LC	EN	Apéndice II
2	Squamata	Anguidae	*Barisia imbricata*	Lagarto Alicante de las Montañas	Pr	LC	EN	-
3	Squamata	Anguidae	*Gerrhonotus ophiurus*	Lagartija Caimán de la Sierra Madre Oriental	sc	LC	EN	-
4	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma orbiculare*	Camaleón de Montaña	A	LC	EN	-
5	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus scalaris*	Lagartija Espinosa de Pastizal	sc	LC	EN	-
6	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Lagartija Espinosa del Mezquite	Pr	LC	ne	-
7	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus torquatus*	Lagartija Espinosa de Collar	sc	LC	EN	-
8	Squamata	Scincidae	*Plestiodon lynxe*	Eslizón de Bosque de Encinos	Pr	LC	EN	-
9	Squamata	Colubridae	*Conopsis lineata*	Culebra Terrestre del Centro	sc	LC	EN	-
10	Squamata	Colubridae	*Pituophis deppei*	Alicante	A	LC	EN	-
11	Squamata	Colubridae	*Salvadora bairdi*	Culebra Chata Mexicana	Pr	LC	EN	-
12	Squamata	Colubridae	*Trimorphodon tau*	Falsa Nauyaca Mexicana	sc	LC	EN	-
13	Squamata	Natricidae	*Thamnophis cyrtopsis*	Culebra Lineada del Bosque	A	LC	ne	-
14	Squamata	Natricidae	*Thamnophis eques*	Culebra de Agua Nómada Mexicana	A	LC	ne	-
15	Squamata	Viperidae	*Crotalus intermedius*	Cascabel Enana	A	LC	EN	-
16	Squamata	Viperidae	*Crotalus molossus*	Cascabel de Cola Negra	Pr	LC	ne	-

Tabla IV. 73 Listado de especies de aves de presencia potencial

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EST	NOM 059	UICN	END	CITES
1	Anseriformes	Anatidae	*Spatula discors*	Cerceta Alas Azules	MI	sc	LC	ne	-
2	Anseriformes	Anatidae	*Spatula cyanoptera*	Cerceta Canela	R	sc	LC	ne	-
3	Anseriformes	Anatidae	*Oxyura jamaicensis*	Pato Tepalcate	R	sc	LC	ne	-
4	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de Collar Turca	R	sc	LC	Exo	-
5	Columbiformes	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	R	sc	LC	ne	-
6	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	R	sc	LC	ne	-
7	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R	sc	LC	ne	-

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EST	NOM 059	UICN	END	CITES
8	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	R	Pr	LC	ne	-
9	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Antrostomus arizonae*	Tapacaminos Cuerporruín Mexicano	R	sc	LC	ne	-
10	Apodiformes	Trochilidae	*Selasphorus rufus*	Zumbador Canelo	MI	sc	NT	ne	Apéndice II
11	Apodiformes	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí Pico Ancho Norteño	R/MI	sc	LC	SE	Apéndice II
12	Apodiformes	Trochilidae	*Basilinna leucotis*	Colibrí Orejas Blancas	R	sc	LC	ne	Apéndice II
13	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío	R	sc	LC	ne	-
14	Galliformes	Odontophoridae	*Cyrtonyx montezumae*	Codorniz de Moctezuma	R	Pr	LC	ne	-
15	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza Blanca	R	sc	LC	ne	-
16	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta thula*	Garza Dedos Dorados	R	sc	LC	ne	-
17	Pelecaniformes	Ardeidae	*Bubulcus ibis*	Garza Ganadera	R	sc	LC	Exo	-
18	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	R/MI	sc	LC	ne	-
19	Accipitriformes	Accipitridae	*Circus hudsonius*	Gavilán Rastrero	MI	sc	LC	ne	Apéndice II
20	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja	R	sc	LC	ne	Apéndice II
21	Strigiformes	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de Campanario	R	sc	LC	ne	Apéndice II
22	Strigiformes	Strigidae	*Psiloscops flammeolus*	Tecolote Ojos Oscuros	T	sc	LC	SE	Apéndice II
23	Strigiformes	Strigidae	*Bubo virginianus*	Búho Cornudo	R	sc	LC	ne	Apéndice II
24	Strigiformes	Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolote Llanero	R/MI	sc	LC	ne	Apéndice II
25	Piciformes	Picidae	*Melanerpes formicivorus*	Carpintero Bellotero	R	sc	LC	ne	-
26	Piciformes	Picidae	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	MI	sc	LC	ne	-
27	Piciformes	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano	R	sc	LC	ne	-
28	Piciformes	Picidae	*Dryobates villosus*	Carpintero Albinegro Mayor	R	sc	LC	ne	-
29	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	MI	sc	LC	ne	Apéndice II
30	Falconiformes	Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	R/MI	Pr	LC	ne	Apéndice II
31	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas Negro	R	sc	LC	ne	-
32	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas Llanero	MI	sc	LC	ne	-
33	Passeriformes	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas Cardenalito	R	sc	LC	ne	-
34	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo cassinii*	Vireo de Cassin	MI	sc	LC	SE	-
35	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo gilvus*	Vireo Gorjeador	MI	sc	LC	ne	-
36	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	R	sc	NT	ne	-
37	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	R	sc	LC	ne	-
38	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta bicolor*	Golondrina Bicolor	MI	sc	LC	ne	-
39	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta thalassina*	Golondrina Verdemar	R	sc	LC	ne	-
40	Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina Tijereta	R	sc	LC	ne	-
41	Passeriformes	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	R	sc	LC	ne	-
42	Passeriformes	Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	MI	sc	LC	ne	-
43	Passeriformes	Bombycillidae	*Bombycilla cedrorum*	Chinito	MI	sc	LC	ne	-

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EST	NOM 059	UICN	END	CITES
44	Passeriformes	Sittidae	*Sitta carolinensis*	Bajapalos Pecho Blanco	R	sc	LC	ne	-
45	Passeriformes	Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared Común	R	sc	LC	ne	-
46	Passeriformes	Troglodytidae	*Cistothorus palustris*	Saltapared Pantanero	R	sc	LC	ne	-
47	Passeriformes	Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Saltapared Cola Larga	R	sc	LC	ne	-
48	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	R	sc	LC	ne	-
49	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma ocellatum*	Cuicacoche Moteado	R	sc	LC	EN	-
50	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle Norteño	R	sc	LC	ne	-
51	Passeriformes	Sturnidae	*Sturnus vulgaris*	Estornino Pinto	R	sc	LC	Exo	-
52	Passeriformes	Turdidae	*Sialia mexicana*	Azulejo Garganta Azul	R	sc	LC	ne	-
53	Passeriformes	Turdidae	*Myadestes occidentalis*	Clarín Jilguero	R	Pr	LC	ne	-
54	Passeriformes	Turdidae	*Catharus occidentalis*	Zorzal Mexicano	R	sc	LC	EN	-
55	Passeriformes	Turdidae	*Catharus guttatus*	Zorzal Cola Canela	MI	sc	LC	ne	-
56	Passeriformes	Turdidae	*Turdus migratorius*	Mirlo Primavera	R	sc	LC	ne	-
57	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón Mexicano	R	sc	LC	ne	-
58	Passeriformes	Fringillidae	*Loxia curvirostra*	Picotuerto Rojo	R	sc	LC	ne	-
59	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus pinus*	Jilguerito Pinero	R	sc	LC	ne	-
60	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	R	sc	LC	ne	-
61	Passeriformes	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	R	sc	LC	Exo	-
62	Passeriformes	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión Arlequín	MI	sc	LC	ne	-
63	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	R	sc	LC	ne	-
64	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella pallida*	Gorrión Pálido	MI	sc	LC	SE	-
65	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión Barba Negra	R	sc	LC	ne	-
66	Passeriformes	Passerellidae	*Junco phaeonotus*	Junco Ojos de Lumbre	R	sc	LC	CE	-
67	Passeriformes	Passerellidae	*Oriturus superciliosus*	Zacatonero Serrano	R	sc	LC	EN	-
68	Passeriformes	Passerellidae	*Pooecetes gramineus*	Gorrión Cola Blanca	MI	sc	LC	ne	-
69	Passeriformes	Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión Sabanero	R	sc	LC	ne	-
70	Passeriformes	Passerellidae	*Melospiza melodia*	Gorrión Cantor	R	sc	LC	ne	-
71	Passeriformes	Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	MI	sc	LC	ne	-
72	Passeriformes	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	R	sc	LC	ne	-
73	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	MI	sc	LC	ne	-
74	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo maculatus*	Rascador Moteado	R	sc	LC	ne	-
75	Passeriformes	Icteridae	*Xanthocephalus*	Tordo Cabeza Amarilla	MI	sc	LC	ne	-
76	Passeriformes	Icteridae	*Icterus wagleri*	Calandria de Wagler	R	sc	LC	ne	-

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EST	NOM 059	UICN	END	CITES
77	Passeriformes	Icteridae	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	MI	sc	LC	SE	-
78	Passeriformes	Icteridae	*Icterus parisorum*	Calandria Tunera	R	sc	LC	SE	-
79	Passeriformes	Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	R	sc	LC	ne	-
80	Passeriformes	Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo Cabeza Café	R/ MI	sc	LC	ne	-
81	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate Mayor	R	sc	LC	ne	-
82	Passeriformes	Parulidae	*Oreothlypis superciliosa*	Chipe Cejas Blancas	R	sc	LC	ne	-
83	Passeriformes	Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe Oliváceo	MI	sc	LC	ne	-
84	Passeriformes	Parulidae	*Leiothlypis ruficapilla*	Chipe Cabeza Gris	MI	sc	LC	ne	-
85	Passeriformes	Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita Común	R/ MI	sc	LC	ne	-
86	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe Rabadilla Amarilla	MI	sc	LC	ne	-
87	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga nigrescens*	Chipe Negrogris	MI	sc	LC	SE	-
88	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga townsendi*	Chipe de Townsend	MI	sc	LC	ne	-
89	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga occidentalis*	Chipe Cabeza Amarilla	MI	sc	LC	ne	-
90	Passeriformes	Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe Corona Negra	MI	sc	LC	ne	-
91	Passeriformes	Parulidae	*Myioborus pictus*	Pavito Alas Blancas	R	sc	LC	ne	-
92	Passeriformes	Parulidae	*Myioborus miniatus*	Pavito Alas Negras	R	sc	LC	ne	-
93	Passeriformes	Cardinalidae	*Piranga flava*	Piranga Encinera	R	sc	LC	ne	-
94	Passeriformes	Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo Tigrillo	R	sc	LC	SE	-

Tabla IV. 74 Listado potencial de mamíferos terrestres

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM 059	UICN	END	CITES
1	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra Gris	sc	LC	ne	-
2	Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	sc	LC	ne	-
3	Carnivora	Mephitidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo Listado Sureño	sc	LC	ne	-
4	Carnivora	Mephitidae	*Conepatus leuconotus*	Zorrillo de Espalda Blanca Norteño	sc	LC	ne	-
5	Carnivora	Mephitidae	*Spilogale angustifrons*	Zorrillo Manchado Sureño	sc	LC	ne	-
6	Carnivora	Mustelidae	*Mustela frenata*	Comadreja Cola Larga	sc	LC	ne	-
7	Carnivora	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	sc	LC	ne	-
8	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle Norteño	sc	LC	ne	-
9	Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo de Nueve Bandas	sc	LC	ne	-
10	Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache Norteño	sc	LC	ne	-
11	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre Cola Negra	sc	LC	ne	-
12	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo Serrano	sc	LC	ne	-
13	Rodentia	Cricetidae	*Reithrodontomys megalotis*	Ratón Cosechero Común	sc	LC	ne	-
14	Rodentia	Cricetidae	*Microtus mexicanus*	Meteorito Mexicano	sc	LC	ne	-
15	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus maniculatus*	Ratón Norteamericano	sc	LC	ne	-
16	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus melanotis*	Ratón Orejas Negras	sc	LC	ne	-

NO	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM 059	UICN	END	CITES
17	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus gratus*	Ratón Piñonero	sc	LC	ne	-
18	Rodentia	Cricetidae	*Reithrodontomys sumichrasti*	Ratón Cosechero de Montaña	sc	LC	ne	-
19	Rodentia	Cricetidae	*Sigmodon leucotis*	Rata Algodonera Orejas Blancas	sc	LC	EN	-
20	Rodentia	Cricetidae	*Neotoma mexicana*	Rata Cambalachera Mexicana	sc	LC	ne	-
21	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus difficilis*	Ratón de las Rocas	sc	LC	ne	-
22	Rodentia	Heteromyidae	*Heteromys irroratus*	Ratón Espinoso Mexicano	sc	LC	ne	-
23	Rodentia	Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de Rocas	sc	LC	ne	-
24	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus oculatus*	Ardilla de Peters	Pr	LC	EN	-
25	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla Vientre Rojo	sc	LC	ne	-
26	Rodentia	Sciuridae	*Ictidomys mexicanus*	Motocle	sc	LC	ne	-

Tabla IV. 75 Listado de especies de mamíferos voladores de presencia potencial

NO.	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	EST	NOM 059	UICN	END	CITES
1	Chiroptera	Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago Barba Arrugada	Migratorio	sc	LC	ne	-
2	Chiroptera	Phyllostomidae	*Macrotus waterhousii*	Murciélago Orejón Mexicano	-	sc	LC	ne	-
3	Chiroptera	Phyllostomidae	*Anoura geoffroyi*	Murciélago Rabón de Geoffroy	-	sc	LC	ne	-
4	Chiroptera	Phyllostomidae	*Choeronycteris mexicana*	Murciélago Trompudo	-	A	NT	ne	-
5	Chiroptera	Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago Frugívoro Gigante	-	sc	LC	ne	-
6	Chiroptera	Phyllostomidae	*Glossophaga soricina*	Murciélago Lengüetón	-	sc	LC	ne	-
7	Chiroptera	Phyllostomidae	*Leptonycteris nivalis*	Murciélago Magueyero Mayor	Migratorio	A	EN	ne	-
8	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis californicus*	Miotis Californiano	Migratorio	sc	LC	ne	-
9	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis velifer*	Miotis Mexicano	Migratorio	sc	LC	ne	-
10	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis volans*	Miotis Pata Larga	Migratorio	sc	LC	ne	-
11	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis thisanodes*	Miotis Bordado	Migratorio	sc	LC	ne	-
12	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis melanorhinus*	Miotis de Nariz Oscura	-	sc	LC	ne	-
13	Chiroptera	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago Moreno Norteamericano	Migratorio	sc	LC	ne	-
14	Chiroptera	Vespertilionidae	*Lasiurus cinereus*	Murciélago Cola Peluda Canoso	Migratorio	sc	LC	ne	-
15	Chiroptera	Vespertilionidae	*Idionycteris phyllotis*	Murciélago Mula de Allen	Migratorio	sc	LC	ne	-
16	Chiroptera	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago Cola Suelta	Migratorio	sc	LC	ne	-
17	Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops macrotis*	Murciélago Cola Suelta Mayor	Migratorio	sc	LC	ne	-

NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 14-11-2019); sc: Sin categoría, Pr: Sujeta a protección especial, A: Amenazada.
Lista Roja de la UICN; LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazado, EN: En peligro.
Endemismos (END); EN: Endémica, CE: Cuasiendémica, SE: Semiendémica, Exo: Especie exótica, ne: no endémica.
Estacionalidad (EST). R: Residente, MI: Migratoria de invierno, T: Transitoria, R/MI: Especies migratorias con poblaciones residentes en México

Lista de especies registradas: Durante la visita de campo se registraron un total de 78 especies (617 individuos), distribuidas en 18 órdenes y 40 familias.

En el Sistema Ambiental Regional (SAR) se registraron 453 individuos de 72 especies y para el Área de establecimiento del Proyecto (AeP) se registraron 164

individuos de 44 especies (Tabla 9). A continuación se describen los resultados para cada grupo: herpetofauna, avifauna y mastofauna.

B) Herpetofauna: Se registraron un total de 11 especies y 47 individuos, nueve corresponden al orden Squamata y dos al orden Anura. Las 11 especies fueron registradas en el SAR y cinco se registraron para el AeP.

De las 11 especies registradas cinco especies se encuentran en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr) y dos como Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Respecto a la categoría de la UICN, todas las especies se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC). Referente a endemismos, siete especies son endémicas al país (Tabla 75).

C) Avifauna: Se registró un total de 52 especies con 507 individuos, pertenecientes a 25 familias y 12 órdenes. En el SAR se registraron 46 especies y 376 individuos, mientras que para el AeP 30 especies con131 individuos (Tabla 75).

De las 52 especies registradas, el Gavilán Pecho Canela (*Accipiter striatus*), la Codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) y el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) se encuentran en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Respecto a la UICN, el Zumbador Canelo (*Selasphorus rufus*) y el Verdugo Americano (*Lanius ludovicianus*) se encuentran en la categoría de Casi Amenazado (NT).

Referente a endemismos, se registró el Zacatonero Serrano (*Oriturus superciliosus*) como endémica (EN), el Vireo de Cassin (*Vireo cassinii*), el Gorrión Pálido (*Spizella pallida*) la Calandria Tunera (*Icterus parisorum*) y el Picogordo Tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*) como semiendémicas (SE), y el Junco Ojos de Lumbre (Junco phaeonotus) como cuasiendémica (CE) (Tabla 9).

Con respecto a CITES en el apéndice II se encuentra: el Zumbador Canelo (*Selasphorus rufus*), el Colibrí Orejas Blancas (*Basilinna leucotis*), Gavilán Rastrero (*Circus hudsonius*), el Aguililla Cola Roja (*Buteo jamaicensis*), el Cernícalo Americano (*Falco sparverius*) y el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*).

Composición estacional de las especies de aves registradas: De las 52 especies registradas, 38 son residentes, 11 son migratorias de invierno en época no reproductiva y tres se consideran con estacionalidad bimodal (R/MI). De las 46 especies registradas para el SAR, 35 son especies residentes, nueve son migratorias de invierno en época no reproductiva y dos con estacionalidad bimodal. En el caso de las especies del AeP, 24 son residentes, cinco son migratorias de invierno en época no reproductiva y una especie es bimodal.

D) Mastofauna: Se registraron un total de 15 especies de 63 individuos. En el SAR se registraron 15 especies y 42 individuos, y en el AeP nueve especies y 21 individuos.

La Ardilla de Peters (*Sciurus oculatus*) se encuentra Sujeta a Protección Especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y es una especie endémica. Con respecto a la UICN todas las especies se encuentran como Preocupación Menor (LC).

Tabla IV. 76 Listado de especies de fauna registrada

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	EST	NOM 059	UICN	END	AeP	SAR	Total
Herpetofauna											
1	Anura	Hylidae	*Dryophytes eximius*	Rana Arborícola de Montaña	-	sc	LC	EN	3	6	9
2	Anura	Ranidae	*Lithobates berlandieri*	Rana Leopardo	-	Pr	LC	ne	0	4	4
3	Squamata	Anguidae	*Barisia imbricata*	Lagarto Alicante de las Montañas	-	Pr	LC	EN	0	1	1
4	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma orbiculare*	Camaleón de Montaña	-	A	LC	EN	1	2	3
5	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus scalaris*	Lagartija Espinosa de Pastizal	-	sc	LC	EN	0	2	2
6	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Lagartija Espinosa del Mezquite	-	Pr	LC	ne	4	7	11
7	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus torquatus*	Lagartija Espinosa de Collar	-	sc	LC	EN	3	6	9
8	Squamata	Scincidae	*Plestiodon lynxe*	Eslizón de Bosque de Encinos	-	Pr	LC	EN	1	3	4
9	Squamata	Colubridae	*Conopsis lineata*	Culebra Terrestre del Centro	-	sc	LC	EN	0	2	2
10	Squamata	Natricidae	*Thamnophis eques*	Culebra de Agua Nómada Mexicana	-	A	LC	ne	0	1	1
11	Squamata	Viperidae	*Crotalus molossus*	Cascabel de Cola Negra	-	Pr	LC	ne	0	1	1
Avifauna											
1	Anseriformes	Anatidae	*Spatula discors*	Cerceta Alas Azules	MI	sc	LC	ne	0	13	13
2	Anseriformes	Anatidae	*Oxyura jamaicensis*	Pato Tepalcate	R	sc	LC	ne	0	6	6
3	Columbiformes	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	R	sc	LC	ne	1	3	4
4	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	R	sc	LC	ne	8	19	27
5	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R	sc	LC	ne	7	26	33
6	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	R	Pr	LC	ne	0	1	1
7	Apodiformes	Trochilidae	*Selasphorus rufus**	Zumbador Canelo	MI	sc	NT	ne	0	3	3
8	Apodiformes	Trochilidae	*Basilinna leucotis**	Colibrí Orejas Blancas	R	sc	LC	ne	0	5	5
9	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío	R	sc	LC	ne	0	3	3
10	Galliformes	Odontophoridae	*Cyrtonyx montezumae*	Codorniz de Moctezuma	R	Pr	LC	ne	0	2	2
11	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza Blanca	R	sc	LC	ne	0	6	6
12	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta thula*	Garza Dedos Dorados	R	sc	LC	ne	0	6	6
13	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	R/MI	sc	LC	ne	0	3	3
14	Accipitriformes	Accipitridae	*Circus hudsonius**	Gavilán Rastrero	MI	sc	LC	ne	2	0	2
15	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis**	Aguililla Cola Roja	R	sc	LC	ne	0	2	2
16	Piciformes	Picidae	*Melanerpes formicivorus*	Carpintero Bellotero	R	sc	LC	ne	1	1	2
17	Piciformes	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano	R	sc	LC	ne	0	3	3
18	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius**	Cernícalo Americano	MI	sc	LC	ne	0	2	2
19	Falconiformes	Falconidae	*Falco peregrinus**	Halcón Peregrino	R/MI	Pr	LC	ne	1	0	1
20	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas Llanero	MI	sc	LC	ne	1	1	2
21	Passeriformes	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas Cardenalito	R	sc	LC	ne	2	3	5
22	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo cassinii*	Vireo de Cassin	MI	sc	LC	SE	3	0	3
23	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	R	sc	NT	ne	1	2	3
24	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	R	sc	LC	ne	0	2	2
25	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta thalassina*	Golondrina Verdemar	R	sc	LC	ne	0	20	20
26	Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina Tijereta	R	sc	LC	ne	0	6	6
27	Passeriformes	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	R	sc	LC	ne	5	5	10
28	Passeriformes	Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Saltapared Cola Larga	R	sc	LC	ne	2	0	2

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	EST	NOM 059	UICN	END	AeP	SAR	Total
29	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	R	sc	LC	ne	2	1	3
30	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle Norteño	R	sc	LC	ne	6	0	6
31	Passeriformes	Turdidae	*Catharus guttatus*	Zorzal Cola Canela	MI	sc	LC	ne	0	4	4
32	Passeriformes	Turdidae	*Turdus migratorius*	Mirlo Primavera	R	sc	LC	ne	4	6	10
33	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón Mexicano	R	sc	LC	ne	3	2	5
34	Passeriformes	Fringillidae	*Loxia curvirostra*	Picotuerto Rojo	R	sc	LC	ne	0	5	5
35	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	R	sc	LC	ne	0	3	3
36	Passeriformes	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión Arlequín	MI	sc	LC	ne	12	36	48
37	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	R	sc	LC	ne	13	30	43
38	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella pallida*	Gorrión Pálido	MI	sc	LC	SE	11	20	31
39	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión Barba Negra	R	sc	LC	ne	3	5	8
40	Passeriformes	Passerellidae	*Junco phaeonotus*	Junco Ojos de Lumbre	R	sc	LC	CE	2	3	5
41	Passeriformes	Passerellidae	*Oriturus superciliosus*	Zacatonero Serrano	R	sc	LC	EN	0	2	2
42	Passeriformes	Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión Sabanero	R	sc	LC	ne	9	24	33
43	Passeriformes	Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	MI	sc	LC	ne	2	13	15
44	Passeriformes	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	R	sc	LC	ne	2	4	6
45	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo maculatus*	Rascador Moteado	R	sc	LC	ne	3	8	11
46	Passeriformes	Icteridae	*Icterus parisorum*	Calandria Tunera	R	sc	LC	SE	0	2	2
47	Passeriformes	Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	R	sc	LC	ne	2	2	4
48	Passeriformes	Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo Cabeza Café	R/MI	sc	LC	ne	10	33	43
49	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate Mayor	R	sc	LC	ne	11	21	32
50	Passeriformes	Parulidae	*Oreothlypis superciliosa*	Chipe Cejas Blancas	R	sc	LC	ne	1	0	1
51	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe Rabadilla Amarilla	MI	sc	LC	ne	1	3	4
52	Passeriformes	Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo Tigrillo	R	sc	LC	SE	0	6	6
Mastofauna											
1	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra Gris	-	sc	LC	ne	1	2	3
2	Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	-	sc	LC	ne	2	3	5
3	Carnivora	Mephitidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo Listado Sureño	-	sc	LC	ne	0	1	1
4	Carnivora	Mustelidae	*Mustela frenata*	Comadreja Cola Larga	-	sc	LC	ne	0	3	3
5	Carnivora	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	-	sc	LC	ne	0	2	2
6	Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle Norteño	-	sc	LC	ne	2	3	5
7	Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache Norteño	-	sc	LC	ne	4	6	10
8	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre Cola Negra	-	sc	LC	ne	2	4	6
9	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo Serrano	-	sc	LC	ne	3	4	7
10	Rodentia	Cricetidae	*Reithrodontomys megalotis*	Ratón Cosechero Común	-	sc	LC	ne	0	2	2
11	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus maniculatus*	Ratón Norteamericano	-	sc	LC	ne	1	2	3
12	Rodentia	Cricetidae	*Neotoma mexicana*	Rata Cambalachera Mexicana	-	sc	LC	ne	4	3	7
13	Rodentia	Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de Rocas	-	sc	LC	ne	2	4	6
14	Rodentia	Sciuridae	*Sciurus oculatus*	Ardilla de Peters	-	Pr	LC	EN	0	1	1
15	Rodentia	Sciuridae	*Ictidomys mexicanus*	Motocle	-	sc	LC	ne	0	2	2
								Número de individuos:	**164**	**453**	**617**

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	EST	NOM 059	UICN	END	AeP	SAR	Total
								Número de especies:	**44**	**72**	**78**

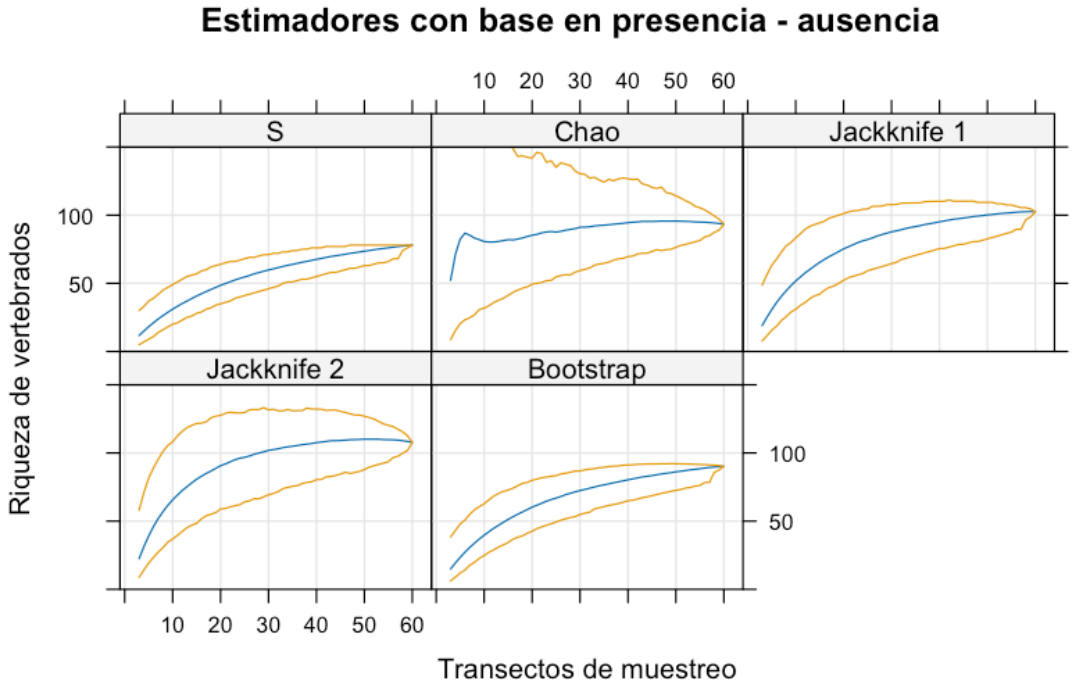
NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 14-11-2019); sc: Sin categoría, Pr: Sujeta a protección especial, A: Amenazada.
Lista Roja de la UICN; LC: Preocupación menor, NT: Casi Amenazado.
Endemismos (END); EN: Endémica, CE: Cuasiendémica, SE: Semiendémica, ne: no endémica.
Estacionalidad (EST); R: Residente, MI: Migratoria de invierno, R/MI: Especie migratoria con poblaciones residentes en México.
Especies que se encuentran en alguna categoría de CITES: *
AeP: Área de establecimiento del Proyecto.
SAR: Sistema Ambiental Regional

Diversidad en los sitios de muestreo (Anexo ANX.VIII.13).

Curvas de Acumulación de vertebrados (Todos los grupos).

A continuación se presenta la interpretación de los resultados de curvas de acumulación para vertebrados (se incluyen todos los grupos: herpetofauna, avifauna y mastofauna). La riqueza observada (S) en los 60 transectos fue de 78 especies. Los resultados de los métodos de muestreo de campo para vertebrados en enero de 2024, utilizando distintos estimadores, utilizando distintos estimadores, indican que se logró detectar entre el 72.40% y el 86.49% de la riqueza posible para el sitio. Esto significa que las estimaciones de riqueza varían entre 90.18 y 107.74 especies, dependiendo del método de estimación utilizado (Figura IV.64).

Figura IV. 64 Curvas de acumulación de especies. 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%



Estimación de especies y eficiencia del muestreo

El estimador Chao, con una eficiencia de muestreo del 83.55%, indica que puede haber un total de 93.36 especies, quedando aproximadamente 15.36 especies por registrar. Por otro lado, el estimador Jackknife 1, con una eficiencia del 76.04%, señala una estimación más alta de 102.58 especies, pero con un mayor número de especies pendientes de identificación, unas 24.58. El estimador Jackknife 2, con una eficiencia del 72.40%, sugiere una aún más alta estimación de 107.74 especies, pero con 29.74 especies aún por descubrir. En contraste, el método asociado al estimador Bootstrap muestra una eficiencia superior del 86.49%, estimando 90.18 especies y dejando solo 12.18 especies por identificar (Tabla IV.77).

Tabla IV. 77 Valores de eficiencia del muestreo para vertebrados

ESTIMADOR	ESPECIES ESTIMADAS	ESPECIES POR REGISTRAR	EFICIENCIA DEL MUESTREO %
Chao	93.36	15.36	83.55
Jackknife 1	102.58	24.58	76.04
Jackknife 2	107.74	29.74	72.40
Bootstrap	90.18	12.18	86.49

El análisis detallado de las curvas de acumulación y las desviaciones estándar de los estimadores no paramétricos para evaluar la riqueza de especies de vertebrados revela varias observaciones:

1. **Eficacia del Muestreo:** El muestreo ha demostrado ser eficaz para estimar la riqueza de especies de vertebrados. Esta eficacia se evidencia en la estabilización progresiva de las curvas de acumulación y en la notable reducción de la desviación estándar a medida que se incrementa el número de transectos, lo que indica una mejora en la precisión de las estimaciones con un mayor esfuerzo de muestreo.

2. **Consistencia entre Estimadores:** A pesar de sus distintas metodologías y sensibilidades, los estimadores presentan variaciones en sus resultados. Bootstrap muestra la mayor eficiencia en el muestreo con un 86.49%, seguido por Chao con 83.55%, Jackknife 1 con 76.04%, y Jackknife 2 con 72.40%. Esta variación refleja las diferencias en la precisión y confiabilidad de cada método.

3. **Precisión de las Estimaciones:** La eficiencia del muestreo y la desviación estándar indican que Bootstrap ofrece la mayor precisión y confiabilidad en las estimaciones, con el menor número de especies pendientes de registro. Chao, aunque con una alta eficiencia, y Jackknife 1, con eficiencia moderada, muestran rangos más amplios de estimación y mayores desviaciones estándar, sugiriendo una precisión menor. Jackknife 2, con la eficiencia más baja, parece ser el menos preciso de los estimadores evaluados.

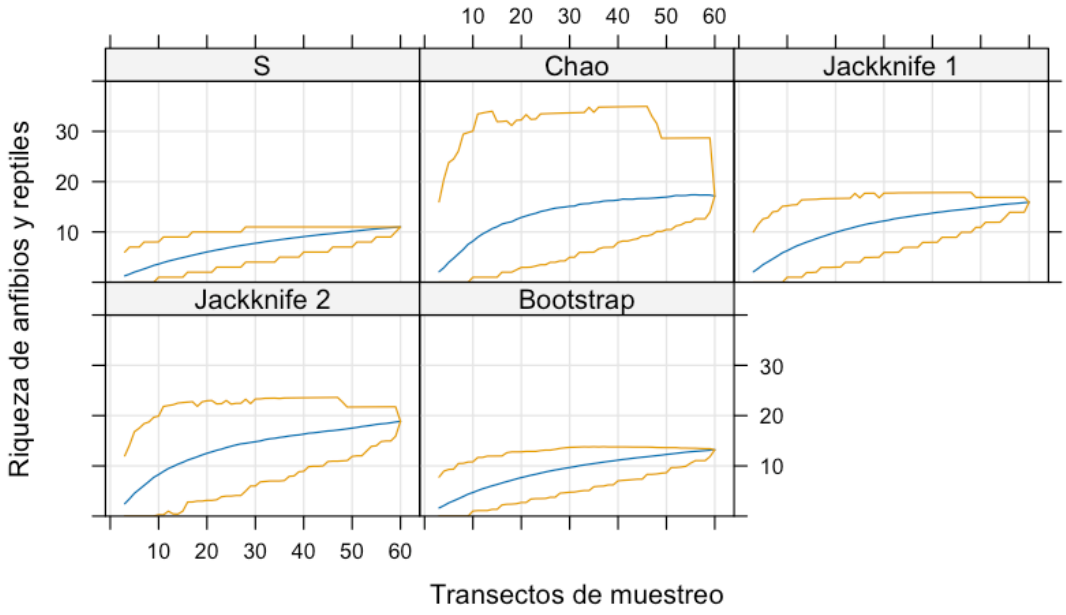
En la evaluación final, el estimador Bootstrap sobresale por su alta eficiencia y precisión, manteniendo consistencia a lo largo del proceso de muestreo. Esto se corrobora tanto por el análisis de las curvas de acumulación como por la tabla de eficiencia del muestreo. Chao y Jackknife 1, aunque útiles, no alcanzan los niveles de precisión y eficiencia del Bootstrap. Jackknife 2 muestra una tendencia a una estimación más conservadora y menos precisa en términos de riqueza de especies.

Las tablas de resultados de los estimadores se presentan en el Anexo ANX VIII.IV.14

Curvas de acumulación de herpetofauna

Se presenta la interpretación de los resultados de curvas de acumulación para la herpetofauna. La riqueza observada (S) en los 60 transectos fue de 11 especies (Figura IV.65).

Figura IV. 65 Curvas de acumulación de especies. Estimadores con base en presencia - ausencia



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%

Evolución por Estimador (intervalos de confianza al 95%).

Estimador Chao

- Comienza con un rango amplio de estimaciones (3.50 a 11.67 especies), mostrando incertidumbre en las primeras etapas del muestreo.
- Con el aumento de los transectos, el rango se estrecha significativamente (hasta 16.38 especies), reflejando una mejora en la capacidad del estimador para predecir la riqueza de especies.
- Al final del muestreo, Chao muestra una convergencia hacia estimaciones más estables, aproximadamente 16.38 especies.

Estimador Jackknife 1

- Comienza con un rango más estrecho (0 a 10 especies), indicando una mayor precisión desde el inicio.
- El rango de estimaciones se amplía ligeramente a medida que se recolectan más datos, ajustando las estimaciones hacia una riqueza de especies más realista.
- Finaliza con una estimación estable cerca de 15.92 especies, reflejando la capacidad del estimador para ajustarse y afinar sus predicciones con el avance del muestreo

Estimador Jackknife 2

- Arranca con un rango inicial (0 a 12 especies) que señala una precisión moderada al principio.
- Durante el muestreo, el rango se expande levemente, ajustando las estimaciones basadas en la acumulación de datos.
- Concluye con estimaciones que se estabilizan alrededor de 18.85 especies, mostrando una convergencia en las estimaciones conforme se obtiene más información.

Estimador Bootstrap

- Inicia con el rango de estimaciones más ajustado (0 a 7.78 especies), demostrando la más alta precisión inicial entre los estimadores.
- Con el incremento de datos, el rango se expande ligeramente, manteniendo una precisión notable a través del proceso.
- Hacia el final, las estimaciones de Bootstrap se consolidan alrededor de 13.19 especies, destacando su eficacia en predecir la riqueza de especies con alta fiabilidad.

Desviación Estándar

Estimador Chao

- Inicia con una desviación estándar alta (3.97), reflejando considerable incertidumbre en las primeras etapas del muestreo. A medida que aumentan los transectos, esta desviación disminuye progresivamente, llegando finalmente a 0. Esta tendencia decreciente sugiere una mejora significativa en la precisión de las estimaciones de Chao, indicando que el estimador se vuelve más confiable con más datos.

Estimador Jackknife 1

- Inicia con una desviación estándar alta (3.97), reflejando considerable incertidumbre en las primeras etapas del muestreo. A medida que aumentan los transectos, esta desviación disminuye progresivamente, llegando finalmente a 0. Esta tendencia decreciente sugiere una mejora significativa en la precisión de las estimaciones de Chao, indicando que el estimador se vuelve más confiable con más datos.

Estimador Jackknife 2

- Inicia con una desviación estándar inicial de 2.95, indicando una cierta incertidumbre al comienzo del muestreo. Conforme se realizan más transectos, la desviación estándar de Jackknife 2 disminuye gradualmente. Aunque esta disminución es menos marcada en comparación con Jackknife 1, finalmente también llega a 0. Esta reducción más lenta sugiere que Jackknife 2, aunque efectivo, puede requerir más datos para alcanzar un nivel de precisión similar a otros estimadores.

Estimador Bootstrap

- Comienza con una desviación estándar de 1.94, lo que indica alta precisión y fiabilidad desde el inicio. Esta desviación estándar disminuye de manera constante y sostenida a lo largo de los transectos, alcanzando finalmente un valor de 0. Esta tendencia consistente demuestra que Bootstrap mejora su precisión a medida que se recopilan más datos, destacándose por su capacidad para proporcionar estimaciones fiables y consistentes desde el comienzo hasta el final del muestreo.

Eficiencia del Muestreo

La eficiencia del muestreo varió entre el 58.36% y el 83.40% para el sitio estudiado. Según estos estimadores, la riqueza estimada de especies fluctúa entre 13.19 y 18.85, lo que refleja la variabilidad en la capacidad de cada estimador para capturar la diversidad total de especies presentes. En detalle, el estimador Chao, con una eficiencia del 64.14%, sugiere que se han identificado 17.15 especies, dejando un estimado de 6.15 especies por registrar. El estimador Jackknife 1 muestra una eficiencia del 69.10%, con 15.92 especies identificadas y aproximadamente 4.92 especies aún por descubrir. Por su parte, el estimador Jackknife 2, con la menor eficiencia del 58.36%, proyecta una riqueza más alta de 18.85 especies, indicando que hay 7.85 especies no observadas. Contrariamente, el Bootstrap demuestra ser el más eficiente, con un 83.40%, estimando la identificación de 13.19 especies y sugiriendo que solo quedan 2.19 especies por identificar.

Tabla IV. 78 Valores de eficiencia del muestreo para herpetofauna

ESTIMADOR	ESPECIES ESTIMADAS	ESPECIES POR REGISTRAR	EFICIENCIA DEL MUESTREO %
Chao	17.15	6.15	64.14
Jackknife 1	15.92	4.92	69.10
Jackknife 2	18.85	7.85	58.36
Bootstrap	13.19	2.19	83.40

El análisis detallado de las curvas de acumulación y las desviaciones estándar de los estimadores no paramétricos para evaluar la riqueza de especies de herpetofauna proporciona varias conclusiones clave:

1. **Eficacia del Muestreo:** El muestreo ha probado ser eficaz para estimar la riqueza de especies de herpetofauna. Esta eficacia se manifiesta en la estabilización progresiva de las curvas de acumulación y en la notable reducción de la desviación estándar a medida que se incrementa el número de transectos. Este fenómeno indica una mejora en la precisión de las estimaciones con un esfuerzo de muestreo más amplio, reflejando la capacidad del muestreo para capturar una representación fiel de la biodiversidad en estudio.
2. **Consistencia entre Estimadores:** Los estimadores, pese a sus diferentes metodologías y sensibilidades, muestran variaciones en sus resultados. Bootstrap destaca por su superior eficiencia del muestreo de 83.40%, lo que indica una alta capacidad para detectar la riqueza de especies presente. Le siguen Jackknife 1 con 69.10%, Chao con 64.14%, y Jackknife 2 con 58.36%. Estas diferencias

resaltan la variabilidad en la precisión y confiabilidad de cada método para estimar la riqueza de especies.

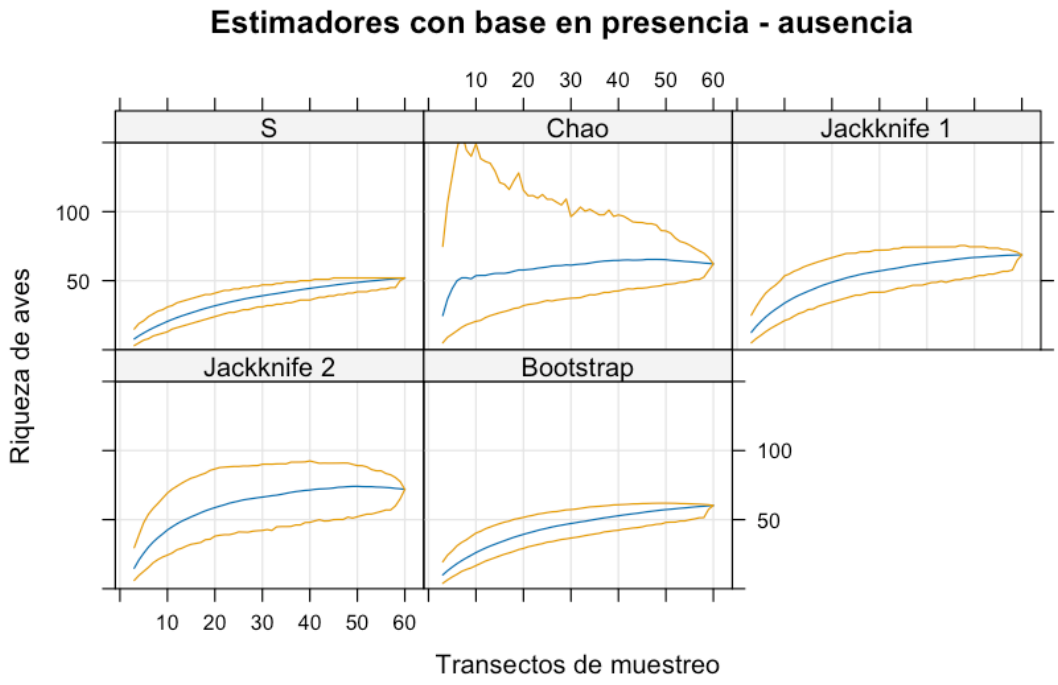
3. **Precisión de las Estimaciones:** La combinación de eficiencia del muestreo y desviación estándar sugiere que Bootstrap ofrece la mayor precisión y fiabilidad en las estimaciones, con el menor número de especies pendientes de registro. Mientras tanto, Chao y Jackknife 1, con eficiencias moderadas, y Jackknife 2, con la eficiencia más baja, presentan rangos más amplios de estimación y mayores desviaciones estándar, indicando una precisión y fiabilidad menores en sus estimaciones.

Las tablas de resultados de cada uno de los estimadores para herpetofauna se presentan en el Anexo VIII.IV.14.

Curvas de acumulación de avifauna

Se presenta la interpretación de los resultados de curvas de acumulación para la avifauna. La riqueza observada (S) en los 60 transectos fue de 52 especies (Figura IV.66).

Figura IV. 66 Curvas de acumulación de especies.



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%

Evolución por Estimador (intervalos de confianza al 95%).

Estimador Chao

- Inicia con un amplio rango de estimaciones (5 a 74.81 especies), reflejando una gran incertidumbre en las primeras etapas del muestreo.
- A medida que aumentan los transectos, el rango de estimaciones comienza a estabilizarse, demostrando una mejora en la capacidad de predecir la riqueza de especies.
- Al final del muestreo, Chao converge hacia una estimación más precisa alrededor de 62.15 especies, con un rango que muestra una confianza creciente en las estimaciones realizadas.

Estimador Jackknife 1

- Comienza con un rango más estrecho (5 a 25 especies), indicando una mayor precisión desde el inicio.
- El rango de estimaciones se amplía ligeramente a medida que se recolectan más datos, ajustando las estimaciones hacia una riqueza de especies más realista.
- Finaliza con una estimación estable cerca de 68.72 especies, reflejando la capacidad del estimador para ajustarse y afinar sus predicciones con el avance del muestreo.

Estimador Jackknife 2

- Arranca con un rango inicial (6 a 29.68 especies) que señala una precisión moderada al principio.
- Durante el muestreo, el rango se expande levemente, ajustando las estimaciones basadas en la acumulación de datos.
- Concluye con estimaciones que se estabilizan alrededor de 71.85 especies, mostrando una convergencia en las estimaciones conforme se obtiene más información.

Estimador Bootstrap

- Inicia con el rango de estimaciones más ajustado (3.89 a 19.44 especies), demostrando la más alta precisión inicial entre los estimadores.
- Con el incremento de datos, el rango se expande ligeramente, manteniendo una precisión notable a través del proceso.
- Hacia el final, las estimaciones de Bootstrap se consolidan alrededor de 60.25 especies, destacando su eficacia en predecir la riqueza de especies con alta fiabilidad.

Desviación Estándar

Estimador Chao

- Inicia con una desviación estándar alta (18.66), reflejando una considerable incertidumbre en las primeras etapas del muestreo. A medida que se realizan más transectos, esta desviación estándar disminuye consistentemente, llegando finalmente a 0 al alcanzar los 60 transectos. Esta tendencia decreciente sugiere

una mejora significativa en la precisión de las estimaciones de Chao, indicando que el estimador se vuelve más confiable con una mayor cantidad de datos.

Estimador Jackknife 1

- Comienza con una desviación estándar menor (4.85) en comparación con Chao, lo que indica una mayor precisión desde el principio. Esta desviación estándar disminuye de manera constante a lo largo de los transectos, alcanzando también un valor de 0 al final del muestreo. Este patrón uniforme de reducción refleja una mejora continua en la confiabilidad y precisión de las estimaciones realizadas por Jackknife 1, mostrando una capacidad robusta para adaptarse y refinar sus resultados con datos adicionales.

Estimador Jackknife 2

- Inicia con una desviación estándar inicial de 5.78, indicando una incertidumbre al principio del muestreo. A medida que se realizan más transectos, la desviación estándar de Jackknife 2 disminuye gradualmente. Aunque esta disminución ocurre a un ritmo más lento en comparación con Jackknife 1, eventualmente también llega a 0. Esta reducción más lenta de la desviación estándar sugiere que Jackknife 2, aunque efectivo, puede necesitar una mayor cantidad de datos para alcanzar un nivel de precisión comparable al de otros estimadores. La mejora progresiva en la precisión durante el proceso de muestreo refleja la capacidad del estimador para ajustar y refinar sus resultados a medida que se acumula más información.

Estimador Bootstrap

- Comienza con la menor desviación estándar (3.81) entre todos los estimadores, lo que demuestra una alta precisión y fiabilidad desde el comienzo. Esta desviación estándar disminuye de manera constante y sostenida a lo largo de los transectos, llegando finalmente a 0. Esta tendencia indica que Bootstrap mantiene y mejora su precisión a medida que se recopilan más datos, destacándose por su capacidad para proporcionar estimaciones consistentes y confiables desde el inicio hasta el final del muestreo.

Eficiencia del Muestreo

Los resultados de los métodos de muestreo de campo para avifauna, utilizando distintos estimadores, revelan que se ha logrado detectar entre el 72.37% y el 86.31% de la riqueza posible para el sitio. Estas cifras indican que las estimaciones de la riqueza de especies oscilan entre 60.25 y 71.85, dependiendo del estimador utilizado para el análisis.

Por un lado, el estimador Chao, con una eficiencia de muestreo del 83.67%, sugiere que se han identificado 62.15 especies, dejando un estimado de 10.15 especies aún por registrar. En contraste, el estimador Jackknife 1, con una eficiencia del 75.67%, proyecta una riqueza de 68.72 especies, pero con aproximadamente 16.72 especies pendientes de identificación, indicando una perspectiva más conservadora sobre la diversidad de avifauna presente. Por su parte, el estimador Jackknife 2, con una eficiencia del 72.37%, estima la riqueza más alta de 71.85 especies, sugiriendo que hay 19.85 especies aún por descubrir. Sin embargo, el método asociado al estimador Bootstrap sobresale por su superior eficiencia del 86.31%, estimando un total de 60.25 especies y señalando que

solo 8.25 especies estarían por identificar, demostrando ser el más efectivo en capturar la diversidad de especies en el estudio.

Tabla IV. 79 Valores de eficiencia del muestreo para la avifauna

ESTIMADOR	ESPECIES ESTIMADAS	ESPECIES POR REGISTRAR	EFICIENCIA DEL MUESTREO %
Chao	62.15	10.15	83.67
Jackknife 1	68.72	16.72	75.67
Jackknife 2	71.85	19.85	72.37
Bootstrap	60.25	8.25	86.31

El análisis de las curvas de acumulación y las desviaciones estándar de los estimadores no paramétricos utilizados para evaluar la riqueza de especies de avifauna proporciona una comprensión profunda sobre la eficacia y precisión de estos métodos en el estudio.

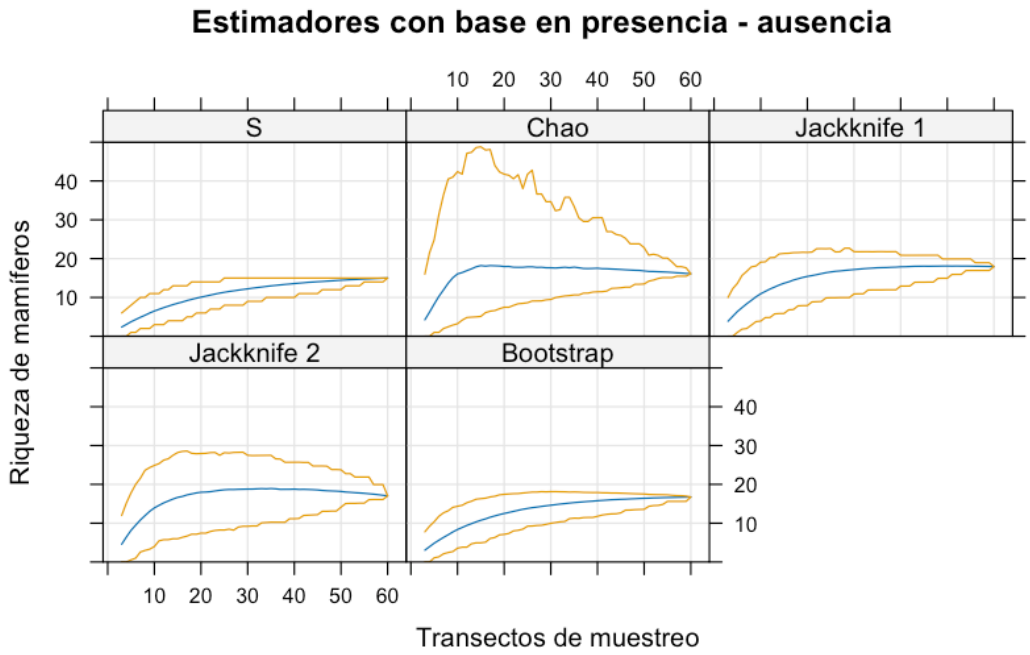
1. **Eficacia del Muestreo:** El proceso de muestreo ha demostrado ser altamente efectivo para estimar la riqueza de especies de avifauna. Esta eficacia se observa en la estabilización progresiva de las curvas de acumulación y una notable disminución en la desviación estándar a medida que aumenta el número de transectos, indicando un incremento en la precisión de las estimaciones con un mayor esfuerzo de muestreo. Este fenómeno subraya la capacidad de estos métodos para capturar con precisión la diversidad de especies en diferentes hábitats.
2. **Consistencia entre Estimadores:** A pesar de las diferencias en sus enfoques y sensibilidades, los estimadores analizados presentan variaciones significativas en sus resultados. El estimador Bootstrap, con una eficiencia de muestreo del 86.31%, lidera en efectividad, seguido por Chao con 83.67%, Jackknife 1 con 75.67%, y Jackknife 2 con 72.37%. Esta diversidad en los resultados destaca la importancia de elegir el estimador más adecuado para cada estudio específico, reflejando diferencias en la precisión y confiabilidad de cada método para estimar la riqueza de especies.
3. **Precisión de las Estimaciones:** La combinación de eficiencia del muestreo y desviaciones estándar sugiere que Bootstrap ofrece la mayor precisión y confiabilidad en las estimaciones, con el menor número de especies pendientes de registro. Aunque Chao muestra una alta eficiencia y Jackknife 1 un balance adecuado, ambos exhiben rangos más amplios de estimación y mayores desviaciones estándar, indicando una menor precisión comparada con Bootstrap. Jackknife 2, con la eficiencia más baja, es identificado como el menos preciso de los evaluados.

Las tablas de resultados de cada uno de los estimadores para la avifauna se presentan en el Anexo VIII.IV.14.

Curvas de acumulación de mastofauna

Se presenta la interpretación de los resultados de curvas de acumulación para la mastofauna. La riqueza observada (S) en los 60 transectos fue de 15 especies (Figura IV.67).

Figura IV. 67 Curvas de acumulación de especies.



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%

Evolución por Estimador (intervalos de confianza al 95%).

Estimador Chao

- Inicia con un amplio rango de estimaciones (0 a 16 especies) al principio del muestreo, reflejando una considerable incertidumbre.
- A medida que aumentan los transectos, el rango se estrecha significativamente (2.47 a 42.4 especies), indicando una mejora en la capacidad de predecir la riqueza de especies.
- Al final del muestreo, las estimaciones de Chao convergen en torno a 16.11 especies, con un rango más ajustado que muestra una mayor certeza en la predicción.

Estimador Jackknife 1

- Comienza con un rango más estrecho de estimaciones (0 a 10 especies), sugiriendo una mayor precisión desde el inicio.
- Durante el proceso de muestreo, el rango se amplía levemente (0.99 a 20.31 especies), ajustando las estimaciones con más datos recolectados.
- Finaliza con estimaciones estables cerca de 17.95 especies, demostrando una capacidad consistente para adaptarse y refinar sus predicciones.

Estimador Jackknife 2

- Inicia con un rango de estimaciones (0 a 12 especies) que indica una precisión moderada desde el comienzo.

- A lo largo del muestreo, este rango se expande (0.55 a 24.89 especies), reflejando ajustes basados en la acumulación de datos.
- Al concluir el muestreo, las estimaciones se estabilizan alrededor de 17.05 especies, mostrando una convergencia en las estimaciones conforme se obtiene más información.

Estimador Bootstrap

- Arranca con el rango de estimaciones más ajustado (3.89 a 19.44 especies), indicando la más alta precisión inicial entre los estimadores.
- Con el incremento de los datos, el rango se expande ligeramente (3.89 a 19.44 especies), manteniendo una notable precisión a través del proceso.
- Hacia el final, las estimaciones de Bootstrap se consolidan alrededor de 16.74 especies, reflejando su eficacia en predecir la riqueza de especies con una alta fiabilidad.

Desviación Estándar

Estimador Chao

- Inicia con una desviación estándar de 4.63, reflejando una considerable incertidumbre en las etapas iniciales del muestreo. A medida que se realizan más transectos, esta desviación estándar disminuye progresivamente, llegando a 0 al alcanzar los 60 transectos. Esta tendencia decreciente sugiere una mejora notable en la precisión de las estimaciones de Chao, volviéndose más confiable con una mayor cantidad de datos.

Estimador Jackknife 1

- Comienza con una desviación estándar de 2.71, menor en comparación con Chao, lo que indica una mayor precisión desde el comienzo. Esta desviación estándar disminuye de manera constante a lo largo de los transectos, alcanzando también un valor de 0 al final del muestreo. Este patrón uniforme de reducción refleja una mejora continua en la confiabilidad y precisión de Jackknife 1, mostrando una capacidad robusta para adaptarse y refinar sus resultados con datos adicionales.

Estimador Jackknife 2

- Empieza con una desviación estándar inicial de 3.24, indicando una incertidumbre al principio del muestreo. A medida que se realizan más transectos, la desviación estándar de Jackknife 2 disminuye gradualmente. Aunque esta disminución ocurre a un ritmo más lento en comparación con Jackknife 1, eventualmente también llega a 0. Esta reducción más lenta sugiere que Jackknife 2, aunque efectivo, puede necesitar una mayor cantidad de datos para alcanzar un nivel de precisión similar a otros estimadores.

Estimador Bootstrap

- Inicia con una desviación estándar de 3.81, lo que indica alta precisión y fiabilidad desde el inicio. Esta desviación estándar disminuye de manera constante y sostenida, alcanzando un valor de 0. Esta tendencia consistente muestra que Bootstrap mejora su precisión a medida que se recopilan más datos, destacando

por su capacidad para brindar estimaciones consistentes y fiables desde el principio hasta el final del muestreo.

Eficiencia del Muestreo

Los resultados de los métodos de muestreo de campo para mastofauna, utilizando distintos estimadores, revelan un rango de detección de la riqueza de especies del 83.57% al 93.11%. Esto sugiere que, dependiendo del estimador utilizado, las estimaciones de riqueza de especies varían entre 16.11 y 17.95 especies. El estimador Chao, con una eficiencia de muestreo del 93.11%, sugiere que se han identificado 16.11 especies, dejando aproximadamente 1.11 especies por registrar. Por otro lado, el estimador Jackknife 1, con una eficiencia del 83.57%, estima una mayor riqueza de 17.95 especies, pero con 2.95 especies aún por descubrir. El estimador Jackknife 2, ofreciendo una eficiencia del 87.98%, propone la identificación de 17.05 especies, con 2.05 especies pendientes. En contraste, el estimador Bootstrap presenta una eficiencia de 89.61%, estimando la identificación de 16.74 especies y dejando solo 1.74 especies por identificar, demostrando su eficacia para capturar la diversidad de especies en el estudio con alta precisión.

Tabla IV. 80 Valores de eficiencia del muestreo para la mastofauna

ESTIMADOR	ESPECIES ESTIMADAS	ESPECIES POR REGISTRAR	EFICIENCIA DEL MUESTREO %
Chao	16.11	1.11	93.11
Jackknife 1	17.95	2.95	83.57
Jackknife 2	17.05	2.05	87.98
Bootstrap	16.74	1.74	89.61

El análisis meticuloso de las curvas de acumulación y las desviaciones estándar de los estimadores no paramétricos para la evaluación de la riqueza de especies de mastofauna arroja conclusiones importantes:

1. **Eficacia del Muestreo:** La metodología de muestreo ha probado ser altamente efectiva en la estimación de la riqueza de especies de mastofauna. La eficacia de esta técnica se manifiesta en la estabilización de las curvas de acumulación y la notable disminución de la desviación estándar a medida que se incrementa el número de transectos. Esto sugiere una mejora significativa en la precisión de las estimaciones con un esfuerzo de muestreo ampliado.

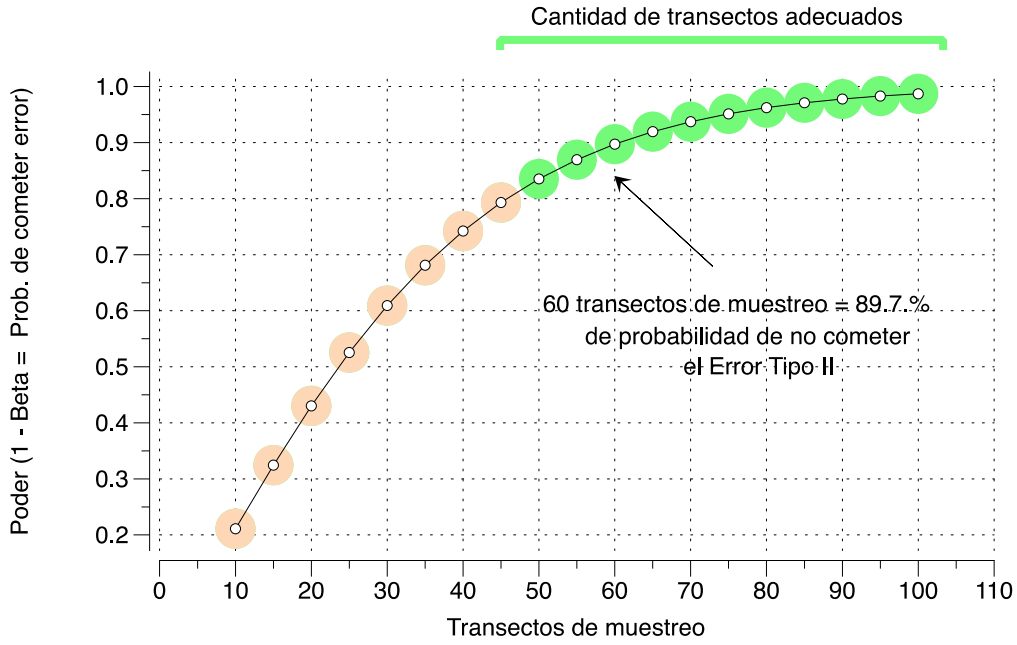
2. **Consistencia entre Estimadores:** A pesar de la variabilidad en sus enfoques y sensibilidades, los estimadores exhiben diferencias notables en sus resultados. El estimador Chao muestra la eficiencia más alta en el muestreo con un 93.11%, seguido de cerca por Bootstrap con 89.61%, Jackknife 2 con 87.98%, y Jackknife 1 con 83.57%. Estas diferencias destacan la variabilidad en la precisión y la fiabilidad de cada uno de los métodos utilizados.

3. **Precisión de las Estimaciones:** La combinación de la eficiencia del muestreo y las desviaciones estándar sugiere que el estimador Bootstrap proporciona la mayor precisión y confiabilidad en las estimaciones, con el número más bajo de especies pendientes de registro. Si bien Chao también exhibe una alta eficiencia, los estimadores Jackknife, particularmente Jackknife 1 con la eficiencia más baja, indican una precisión menor, sugiriendo rangos de estimación más amplios y mayores desviaciones estándar.

Las tablas de resultados de cada uno de los estimadores para la mastofauna se presentan en el Anexo ANX.VIII.IV.16.

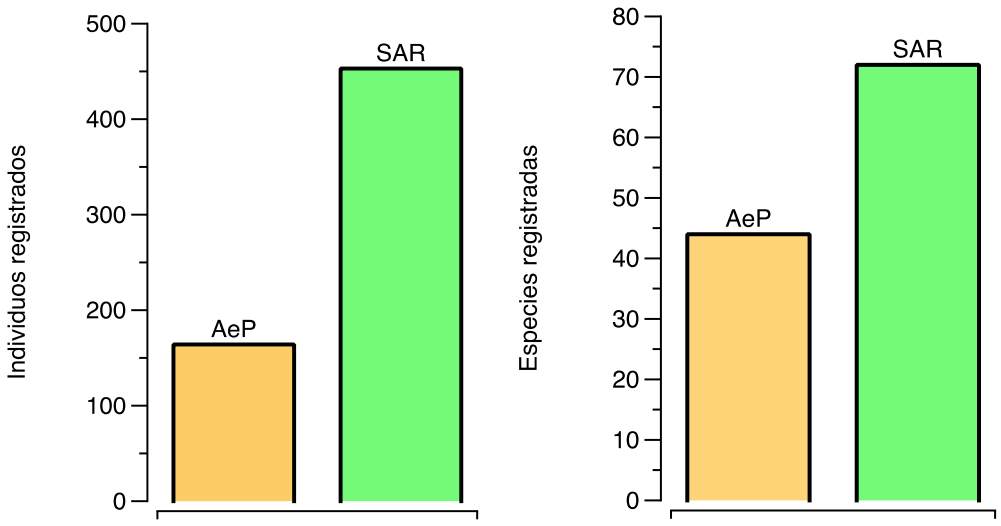
Diversidad alfa: Se obtuvieron resultados de diversidad a partir de los datos obtenidos de 60 transectos, de los cuales 30 se realizaron en el Área de establecimiento del Proyecto (AeP) y 30 en el Sistema Ambiental Regional (SAR). La estandarización de la metodología de muestreo reduce significativamente el riesgo de errores tipo I y II. El error tipo I, o el falso positivo, ocurre cuando se detecta una diferencia o efecto que en realidad no existe. Por otro lado, el error tipo II, o falso negativo, se produce cuando no se detecta una diferencia o efecto que sí existe. Al utilizar el mismo número de transectos en el AeP y en el SAR, se asegura que cualquier diferencia observada en los índices de diversidad se debe a variaciones reales en la biodiversidad y no a inconsistencias metodológicas. Esto es crucial para obtener conclusiones válidas y confiables sobre el estado y las dinámicas ecológicas, y para entender el impacto potencial del desarrollo del proyecto Fv El Ocote sobre la biodiversidad local. Este enfoque asegura que los resultados son comparables y confiables, permitiendo una evaluación precisa del impacto ambiental y la biodiversidad (base de datos en anexo ANX.VIII.IV.13; (Figura IV.68).

Figura IV. 68 Determinación la cantidad de transectos requeridos para evitar el Error tipo II en las interpretaciones de diversidad alfa, beta y gamma en el presente estudio considerando un nivel de diferenciación entre las muestras de 0.4



En total se registraron 617 individuos pertenecientes a 78 especies. De estos, 453 individuos de 72 especies corresponden al SAR, y 164 individuos de 44 especies se detectaron en el AeP (Figura IV.69).

Figura IV. 69 Número de individuos y especies registradas en los 60 transectos (30 en el AeP y 30 en el SAR)



Riqueza de especies

Área de Establecimiento del Proyecto (AeP)

En el AeP, que comprende 30 transectos, la riqueza de especies varía significativamente entre los transectos. El transecto 7 destaca con la mayor riqueza, albergando 8 especies. Por otro lado, el transecto 10 presenta la menor riqueza con 0 especies, indicando la ausencia de registros en ese transecto. La riqueza promedio de especies tiende a ser moderada, pero con variaciones notables, como se evidencia en transectos con solo 1 o 2 especies (transectos 2, 5, 6, 9, entre otros) y aquellos con mayor riqueza, como los transectos 1, 11 y 18 con 5 especies cada uno.

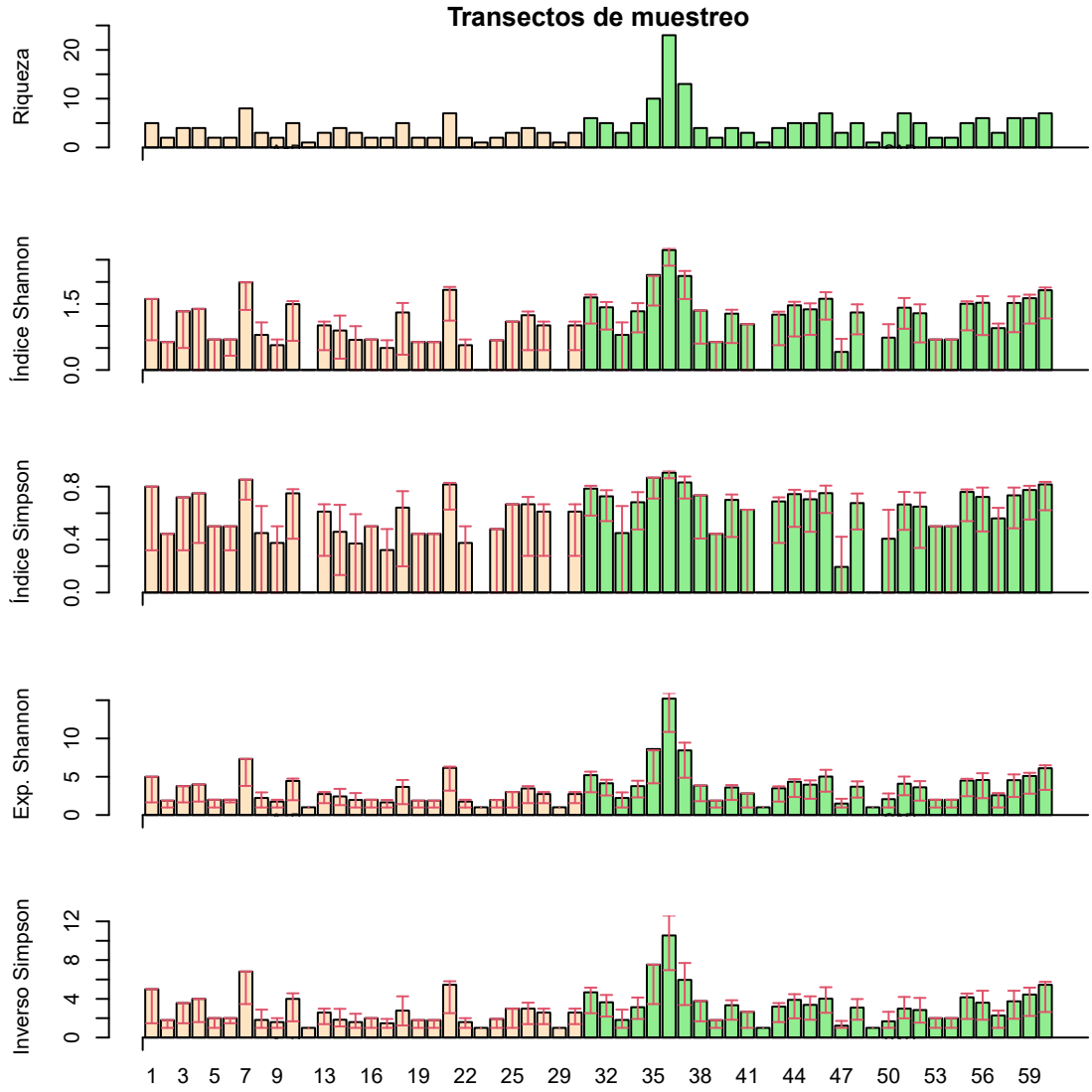
Sistema Ambiental Regional (SAR)

El SAR muestra una mayor riqueza de especies en comparación con el AeP, especialmente en el transecto 36, que registra una impresionante diversidad con 23 especies. Este es el valor más alto de riqueza de especies observado en todo el estudio. Otros transectos con alta riqueza incluyen el 37 con 13 especies y el 35 con 10 especies. La riqueza en el SAR es generalmente más alta que en el AeP, con varios transectos registrando más de 5 especies. La menor riqueza se observa en el transecto 42 con solo 1 especie, pero no hay transectos sin registros de especies, lo que sugiere una mayor dispersión de la biodiversidad en esta área.

Comparación entre el AeP y el SAR

Al comparar ambos sitios, es evidente que el SAR posee una mayor riqueza de especies en general, con el transecto 36 sobresaliendo por su excepcional diversidad. En contraste, el AeP tiene un rango de riqueza más variado, incluyendo transectos sin registros de especies, lo que indica áreas de menor biodiversidad o posiblemente condiciones menos favorables para la diversidad de especies en esos puntos específicos. La presencia de transectos sin especies en el AeP contrasta con la continua presencia de especies en todos los transectos del SAR, lo que refleja una distribución más uniforme y una mayor riqueza de especies en el SAR (Figura IV.70).

Figura IV. 70 Análisis de diversidad de los 60 transectos (barra de color amarillo) y el SAR (barras de color gris). Los transectos 10 y 28 del AeP no se incluyen en la gráfica ya que no presentaron registros



Riqueza y diversidad de especies según el Índice de Shannon

En el Sistema Ambiental Regional (SAR):

- Alta Diversidad (H > 1.51): 9 transectos de muestreo fueron clasificados en esta categoría, mostrando una notable heterogeneidad en la composición de especies.
- Diversidad Moderada (0.80 ≤ H ≤ 1.51): 5 transectos de muestreo mostraron diversidad en este rango, indicando una composición de especies moderadamente variada.
- Baja Diversidad (0.64 < H < 0.80): 2 transectos de muestreo clasificados en esta categoría, reflejando una menor variedad de especies.
- Sin Análisis (H = 0): 2 transectos en el SAR no presentaron registros de especies o la cantidad de especies fue tan baja que no se pudo realizar el análisis.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP):

- Alta Diversidad (H > 1.51): 3 transectos de muestreo clasificados en esta categoría, indicando una presencia significativa de diversidad biológica.
- Diversidad Moderada (0.80 ≤ H ≤ 1.51): 6 transectos de muestreo mostraron diversidad en este rango, lo que señala una diversidad moderada de especies.
- Baja Diversidad (0.64 < H < 0.80): 6 transectos de muestreo clasificados en esta categoría, sugiriendo una prevalencia de menor diversidad de especies en el AeP en comparación con el SAR.
- Sin Análisis (H = 0): 5 transectos en el AeP no presentaron registros de especies o la cantidad de especies fue tan baja que no se pudo realizar el análisis.

Estos resultados indican que el SAR tiene una mayor cantidad de transectos de muestreo con alta y moderada diversidad en comparación con el AeP. Además, se observa que en ambos sitios, hay algunos transectos donde la cantidad de especies fue tan baja que no fue posible realizar el análisis de diversidad o directamente no hubo registros de especies, como en los transectos 10 y 28.

Riqueza y diversidad de especies según el índice de Simpson

En el Sistema Ambiental Regional (SAR):

- Alta Diversidad (Quintil 5): 8 transectos de muestreo mostraron una alta diversidad de especies.
- Diversidad Moderada (Quintil 3 y 4): 14 transectos de muestreo mostraron una diversidad moderada.
- Baja Diversidad (Quintil 2): 5 transectos de muestreo mostraron una baja diversidad.
- Ninguna Diversidad (Quintil 1): 3 transectos no presentaron diversidad.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP):

- Alta Diversidad (Quintil 5): 3 transectos de muestreo mostraron una alta diversidad de especies.
- Diversidad Moderada (Quintil 3 y 4): 9 transectos de muestreo mostraron una diversidad moderada.
- Baja Diversidad (Quintil 2): 9 transectos de muestreo mostraron una baja diversidad.
- Ninguna Diversidad (Quintil 1): 9 transectos no presentaron diversidad.

Comparación entre SAR y AeP: Al comparar ambos sitios, el SAR muestra una mayor cantidad de transectos clasificados en el quintil más alto de diversidad, lo que indica una riqueza de especies superior en esta área. Por otro lado, el AeP presenta un número mayor de transectos en los quintiles más bajos de diversidad, incluyendo una cantidad significativa de transectos sin ninguna diversidad registrada.

Número de especies efectivas según el Exponencial de Shannon

En el Sistema Ambiental Regional (SAR):

- Alta Diversidad (Quintil 5, D > 4.57): 9 transectos mostraron una alta diversidad de especies.
- Diversidad Moderada (Quintil 4, 3.68 < D ≤ 4.50): 8 transectos mostraron una diversidad moderada.
- Baja Diversidad (Quintil 3, 2.45 < D ≤ 3.62): 5 transectos mostraron una baja diversidad.
- Ninguna Diversidad (Quintiles 1 y 2, D ≤ 2.22): 4 transectos no presentaron diversidad.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP):

- Alta Diversidad (Quintil 5, D > 4.57): 3 transectos mostraron una alta diversidad de especies.
- Diversidad Moderada (Quintil 4, 3.68 < D ≤ 4.50): 4 transectos mostraron una diversidad moderada.
- Baja Diversidad (Quintil 3, 2.45 < D ≤ 3.62): 6 transectos mostraron una baja diversidad.
- Ninguna Diversidad (Quintiles 1 y 2, D ≤ 2.22): 11 transectos no presentaron diversidad.

Comparación entre SAR y AeP:

Al compara ambos sitios utilizando el Exponencial de Shannon, observamos que el Sistema Ambiental Regional (SAR) tiene una proporción significativamente mayor de transectos clasificados en el quintil más alto de diversidad. Esto indica una mayor riqueza de especies efectivas en el SAR. Además, muestra una diversidad moderada en una cantidad mayor de transectos en comparación con el AeP. En contraste, el Área de

Establecimiento del Proyecto (AeP) tiene un mayor número de transectos en los quintiles más bajos de diversidad, así como una mayor cantidad de transectos donde la diversidad es tan limitada que se considera que no hay diversidad efectiva. Esto sugiere que el AeP posee, en general, una diversidad biológica más baja y una mayor homogeneidad de especies en comparación con el SAR.

Número de especies efectivas según el Inverso de Simpson

En el Sistema Ambiental Regional (SAR):

- Alta Diversidad (Quintil 5, D > 7.00): 8 transectos mostraron una alta diversidad de especies, reflejando una notable heterogeneidad en la composición de especies.
- Diversidad Moderada (Quintil 4, D > 5.00 y ≤ 7.00): 10 transectos mostraron una diversidad moderada, lo que indica una variedad considerable de especies, pero no tan extensa como en los de alta diversidad.
- Baja Diversidad (Quintil 3, D > 3.00 y ≤ 5.00): 4 transectos mostraron una baja diversidad, sugiriendo una dominancia de pocas especies o una menor cantidad de especies presentes.

- Ninguna Diversidad (Quintiles 1 y 2, D ≤ 3.00): 3 transectos no presentaron una diversidad significativa, lo que podría reflejar áreas con condiciones ambientales adversas o perturbaciones significativas para la biodiversidad.

En el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP):

- Alta Diversidad (Quintil 5, D > 7.00): 3 transectos mostraron una alta diversidad de especies, indicando una presencia significativa de diversidad biológica.
- Diversidad Moderada (Quintil 4, D > 5.00 y ≤ 7.00): 3 transectos mostraron una diversidad moderada, señalando una composición de especies variada pero no tan extensa.
- Baja Diversidad (Quintil 3, D > 3.00 y ≤ 5.00): 6 transectos fueron clasificados en esta categoría, sugiriendo una prevalencia de menor diversidad de especies en comparación con el SAR.
- Ninguna Diversidad (Quintiles 1 y 2, D ≤ 3.00): 9 transectos no presentaron una diversidad significativa, reflejando posiblemente áreas con condiciones menos favorables para una amplia gama de especies.

Comparación entre SAR y AeP: El SAR presenta una proporción mayor de transectos con alta diversidad en comparación con el AeP, lo que sugiere una mayor riqueza de especies efectivas en el SAR. En contraste, el AeP tiene una mayor cantidad de transectos en los quintiles más bajos de diversidad, incluyendo varias unidades con diversidad limitada.

En resumen, el Área de Establecimiento del Proyecto (AeP) muestra consistentemente menor riqueza y diversidad de especies en comparación con el Sistema Ambiental Regional (SAR). Los análisis realizados a través de diversos índices - el índice de Shannon, el índice de Simpson, el Exponencial de Shannon y el Inverso de Simpson - demuestran claramente que el SAR alberga una diversidad biológica superior.

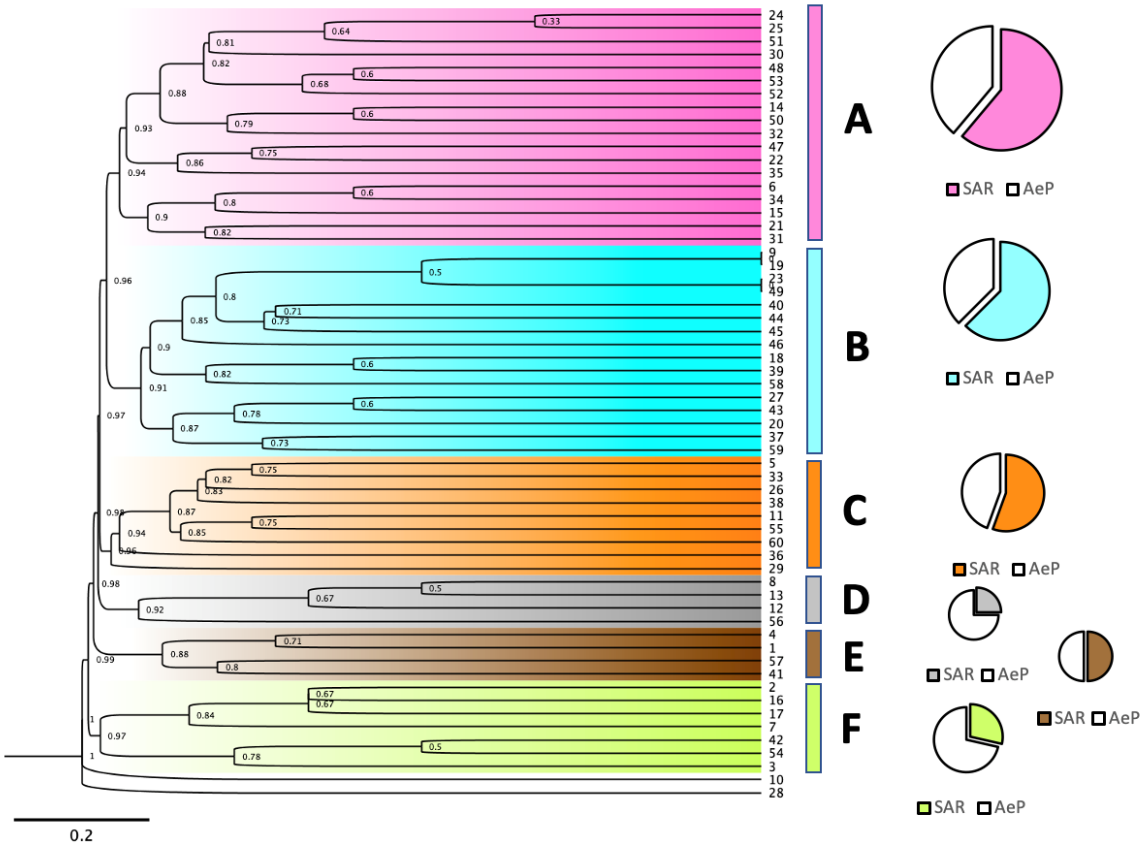
En particular, tanto el índice de Shannon como el de Simpson revelan que los valores más altos, indicativos de una mayor diversidad, se encuentran mayormente en el SAR.

Esta tendencia es reforzada por el Exponencial de Shannon y el Inverso de Simpson, que muestran una mayor cantidad de especies efectivas y una mayor variabilidad en la diversidad entre los transectos del SAR. Estos resultados sugieren que el SAR no solo posee una diversidad de especies más rica, sino también una mayor consistencia en esta diversidad, observada durante el estudio realizado en enero durante el invierno de 2024.

Por lo tanto, se concluye para el apartado de diversidad alfa que el AeP es la zona con menor riqueza y diversidad de especies en contraste con el SAR.

Diversidad beta: El coeficiente de Jaccard es una medida que calcula la similitud entre dos conjuntos al dividir el número de elementos comunes entre ellos y el número total de elementos en los dos conjuntos combinados. Dicho de otra manera, es el cambio en la composición de especies entre sitios, cuyos resultados se presentan en un dendrograma organizado por grupos, acompañado por gráficos de muestran el porcentaje de contribución de los transectos del AeP y del SAR a cada uno de los seis grupos detectados, denominados A, B, C, D, E y F (Figura IV.71).

Figura IV. 71 Dendrograma de Jaccard que muestra la diversidad Beta del proyecto Fv El Ocote



Grupo A: Presenta el menor recambio de especies cuyo rango es de 0.33 a 0.94. El grupo está conformado en un 61% por los transectos del SAR (51, 48, 53, 52, 50, 32, 47, 35, 34 y 31) y un 39% por los transectos del AeP (24, 25, 30, 14, 22, 6, 15 y 21).

Grupo B: El rango de recambio de especies es de 0.5 a 0.91, los transectos 9 y 19, así como los transectos 23 y 49 presentan las mismas especies por lo que el valor de recambio es de cero. El grupo B está conformado en un 62.5% por los transectos del SAR (49, 44, 45, 46, 39, 58, 43, 37 y 59) y en un 37.5 por los transectos del AeP (9, 19, 23, 18, 27 y 20).

Grupo C: El rango de recambio de especies es de 0.5 a 0.96. El grupo está conformado en un 55% por los transectos del SAR (33, 38, 55, 60 y 36) y un 39% por los transectos del AeP (5, 26, 11 y 29).

Grupo D: El rango de recambio de especies es de 0.5 a 0.92. El grupo está conformado en un 25% por un solo transecto del SAR (el transecto 56) y un 75% por los transectos del AeP (8, 12, y 13).

Grupo E: El rango de recambio de especies es de 0.71 a 0.88. El grupo está conformado en un 50% por dos transectos del SAR (57 y 41) y otro 50% por los transectos del AeP (1 y 4).

Grupo F: El rango de recambio de especies es de 0.5 a 0.97. El grupo está conformado en un 28.5% por los transectos del SAR (42 y 54) y un 71.5% por los transectos del AeP (2, 16, 17, 7 y 3).

Como se observa los grupos de menor recambio (A, B y C) están conformados principalmente por transectos ubicados en el Sistema Ambiental Regional, este menor recambio sugiere que el SAR es un ecosistema más estable y maduro, mientras que el alto recambio en el AeP se atribuye al desequilibrio ecológico causado por actividades humanas.

Diversidad gamma: Se empleó un diseño jerárquico para comparar la contribución de cada nivel a la diversidad total (Gamma) de la fauna registrada en el estudio. Para definir la estructura de las muestras, se agruparon en siete tipos de vegetación que corresponde al Nivel 2 (grupos), los transectos se agruparon en el Nivel 1 (Figura IV.72). De esta forma se obtiene información de la contribución a la diversidad de cada uno de los componentes (Tabla IV.81 y Tabla IV.82)

Figura IV. 72 Estructura del análisis Gamma

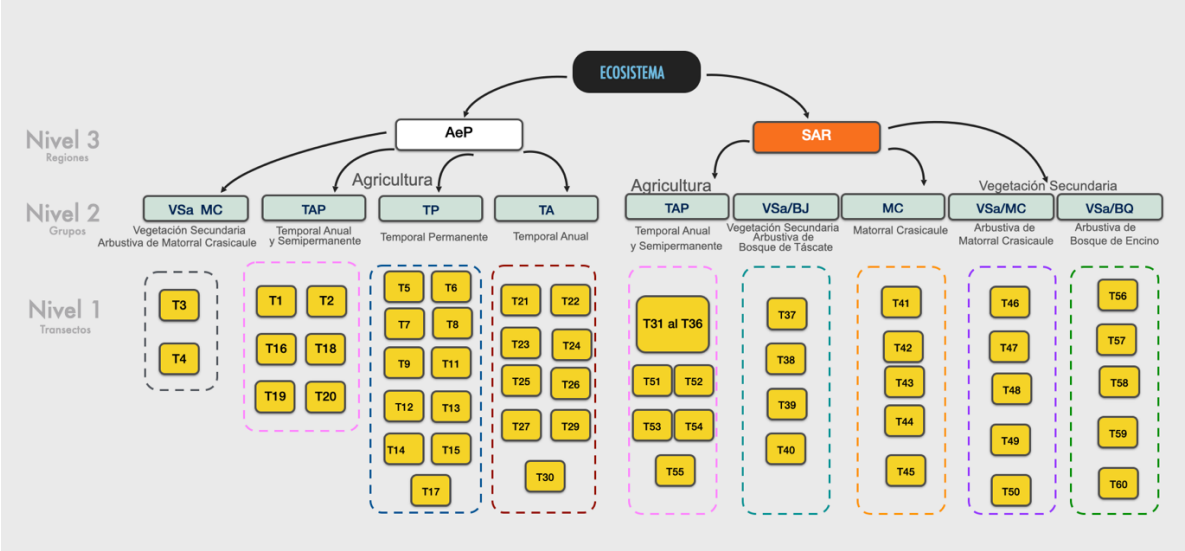


Tabla IV. 81 Diversidad de cada uno de los componentes de Gamma

ID	N	S.OBS	F1	F2	EN-TROPÍA	DIVER-SIDAD	VEGETACIÓN INEGI SERIE VII	CLAVE
T1	5	5	5	0	1.61	5	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T2	3	2	1	1	0.64	1.89	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T3	5	4	3	1	1.33	3.79	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T4	4	4	4	0	1.39	4	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T5	2	2	2	0	0.69	2	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T6	10	2	0	0	0.69	2	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T7	15	8	3	3	1.99	7.33	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T8	7	3	2	0	0.8	2.22	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T9	8	2	0	1	0.56	1.75	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T11	8	5	3	1	1.49	4.46	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T12	1	1	1	0	0	1	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T13	6	3	1	1	1.01	2.75	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T14	14	4	2	1	0.9	2.45	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T15	9	3	2	0	0.68	1.98	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T16	2	2	2	0	0.69	2	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T17	5	2	1	0	0.5	1.65	Agricultura de Temporal Permanente	TP
T18	9	5	4	0	1.3	3.68	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T19	3	2	1	1	0.64	1.89	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T20	3	2	1	1	0.64	1.89	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T21	13	7	3	3	1.82	6.16	Agricultura de Temporal Anual	TA
T22	4	2	1	0	0.56	1.75	Agricultura de Temporal Anual	TA
T23	1	1	1	0	0	1	Agricultura de Temporal Anual	TA
T24	5	2	0	1	0.67	1.96	Agricultura de Temporal Anual	TA
T25	3	3	3	0	1.1	3	Agricultura de Temporal Anual	TA
T26	6	4	3	0	1.24	3.46	Agricultura de Temporal Anual	TA
T27	6	3	1	1	1.01	2.75	Agricultura de Temporal Anual	TA
T29	1	1	1	0	0	1	Agricultura de Temporal Anual	TA
T30	6	3	1	1	1.01	2.75	Agricultura de Temporal Anual	TA
T31	14	6	2	2	1.65	5.2	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T32	16	5	1	2	1.42	4.16	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T33	7	3	2	0	0.8	2.22	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T34	19	5	1	2	1.33	3.8	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T35	16	10	7	0	2.15	8.62	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T36	92	23	6	6	2.72	15.21	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T37	34	13	8	1	2.13	8.45	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	Vsa/BJ
T38	7	4	1	3	1.35	3.86	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	Vsa/BJ
T39	3	2	1	1	0.64	1.89	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	Vsa/BJ
T40	10	4	1	1	1.28	3.6	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	Vsa/BJ
T41	4	3	2	1	1.04	2.83	Matorral Crasicaule	MC
T42	2	1	0	1	0	1	Matorral Crasicaule	MC
T43	8	4	2	0	1.26	3.51	Matorral Crasicaule	MC
T44	11	5	2	1	1.47	4.34	Matorral Crasicaule	MC
T45	14	5	2	1	1.38	3.96	Matorral Crasicaule	MC

ID	N	S.OBS	F1	F2	EN-TROPÍA	DIVER-SIDAD	VEGETACIÓN INEGI SERIE VII	CLAVE
T46	26	7	2	2	1.62	5.03	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T47	19	3	2	0	0.41	1.51	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T48	19	5	2	0	1.31	3.69	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T49	5	1	0	0	0	1	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T50	8	3	2	0	0.74	2.09	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	VSa/MC
T51	31	7	3	1	1.41	4.11	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T52	15	5	2	1	1.29	3.62	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T53	2	2	2	0	0.69	2	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T54	2	2	2	0	0.69	2	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T55	10	5	2	1	1.5	4.5	Agricultura de Temporal Anual y Permanente	TAP
T56	13	6	3	2	1.52	4.59	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T57	5	3	2	0	0.95	2.59	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T58	13	6	4	0	1.52	4.57	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T59	14	6	2	2	1.63	5.11	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ
T60	14	7	3	2	1.81	6.11	Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	VSa/BQ

Análisis de descomposición y valor de Gamma. Notas de la Tabla 13 de resultados del análisis de gamma:
n = número de individuos observados en la muestra.
S.obs = número de especies observadas en la muestra
f1 = Número de especies con un individuo
f2 = Número de especies con dos individuos
Entropía = Índice de Shannon
Diversidad = Exponencial de Shannon
Notas de los resultados:
D_gamma = Diversidad total en el área de estudio.
D_alpha.i = Diversidad alpha a Nivel i.
D_beta.i= Diversidad beta a Nivel i.
Proporción.i = información total de beta encontrada en el Nivel i.
Diferenciación.i. = disimilitud entre las muestras a Nivel i

Tabla IV. 82Análisis de descomposición y valor de Gamma

ANÁLISIS DE DESCOMPOSICIÓN	VALOR
D_gamma	43.7911167
D_alpha.3	39.0513122
D_alpha.2	20.3415517
D_alpha.1	4.5930775
D_beta.3	1.1213737
D_beta.2	1.9197803.
D_beta.1	4.4287412
Proporción.3	0.0508029
Proporción.2	0.2892440
Proporción.1	0.6599530
Diferenciación.3	0.1978356
Diferenciación.2	0.5730976

ANÁLISIS DE DESCOMPOSICIÓN	VALOR
Diferenciación.1	0.7772304

Interpretación del análisis de descomposición para el grupo de fauna

1a. D_gamma = **43.79** es interpretado como el número efectivo de especies de todo el ecosistema (Diversidad Total).

1b. D_alpha.3 = **39.05** es interpretado como el número de especies efectivas que existen en el AeP y en el SAR (regiones). D_beta 3 = 1.12 indica que hay 1.12 regiones efectivas.

1c. D_alpha.2 = **20.34** es interpretado que en VSa/SMC existen 20.34 especies efectivas. D_beta.2 = 1.91indica que hay 1.91 tipos de vegetación dentro de cada región.

1d. D_alpha.1 = 4.59 es interpretado como cada punto de muestreo dentro del proyecto contiene 4.59 especies efectivas. D_beta 1 = 4.42 indica que hay 4.42 muestras efectivas dentro de cada grupo.

2. Proporción.3 = 0.05 indica que la proporción de la información total de beta

encontrada a nivel regional es de 5%.

Proporción.2 = 0.28 indica que la proporción de la información total de beta encontrada a nivel de grupo es de 28%.

Proporción.1 = 0.65 indica que la proporción de la información total de beta encontrada a nivel de punto de muestreo es de 65%.

3. Diferenciación.3 = 0.19 implica que la proporción de especies no compartidas es de 19% entre el AeP y el SAR.

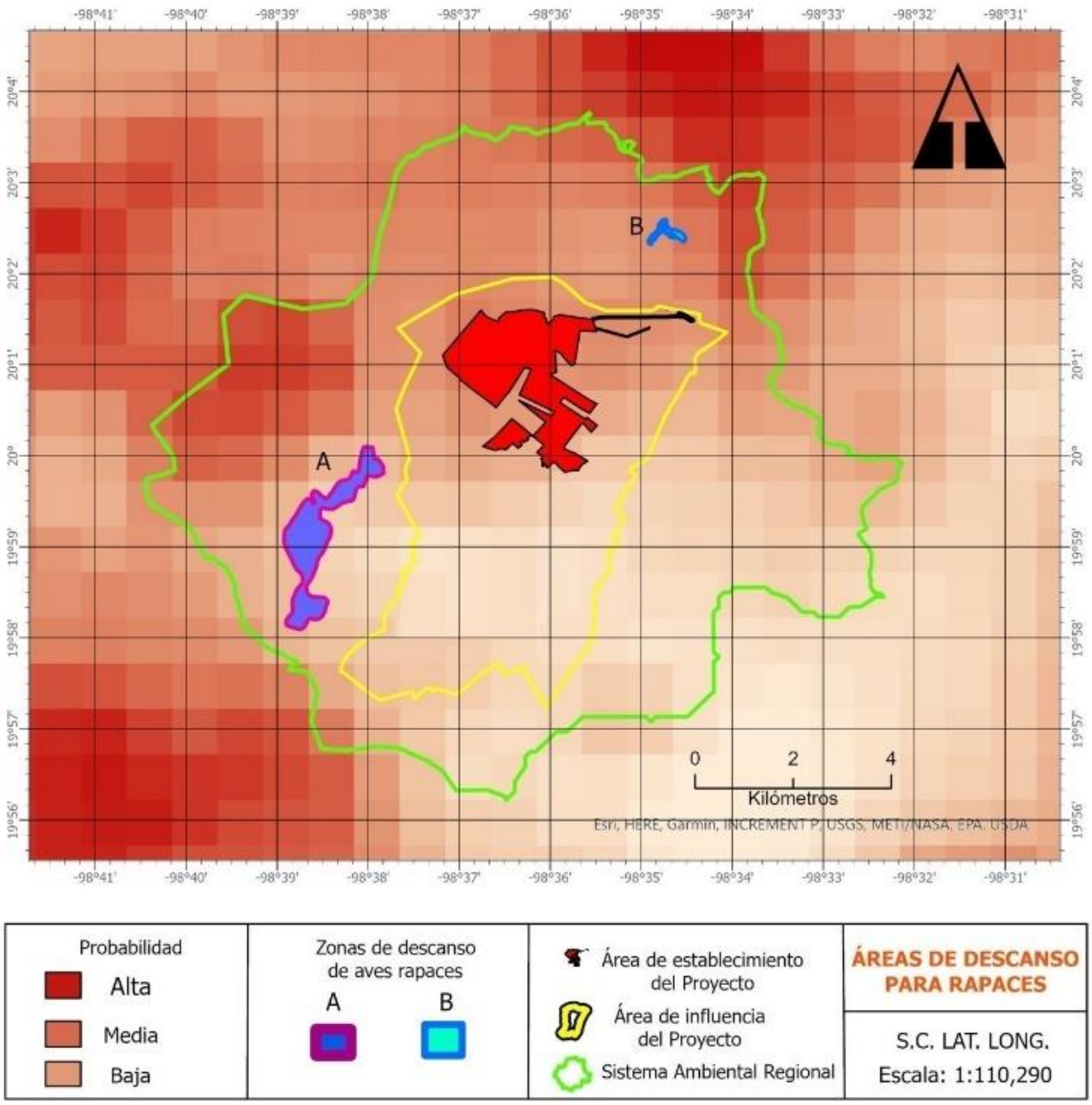
Diferenciación.2 = 0.57 se puede interpretar que al ser una misma vegetación para ambos sitios presenta una proporción de especies no compartidas del 57%.

Diferenciación.1 = 0.77 se puede interpretar como que a nivel de las unidades de muestreo de fauna se presenta una proporción de especies no compartidas del 77%.

La diversidad total (gamma) fue de 44 especies efectivas. En un ecosistema estable, el número de especies efectivas se aproxima al número de especies observadas. La discrepancia entre ambos números (78 especies registradas en campo menos 44 especies efectivas) indica que el ecosistema ha perdido biodiversidad. Específicamente, la pérdida de biodiversidad total del ecosistema es del 43%.

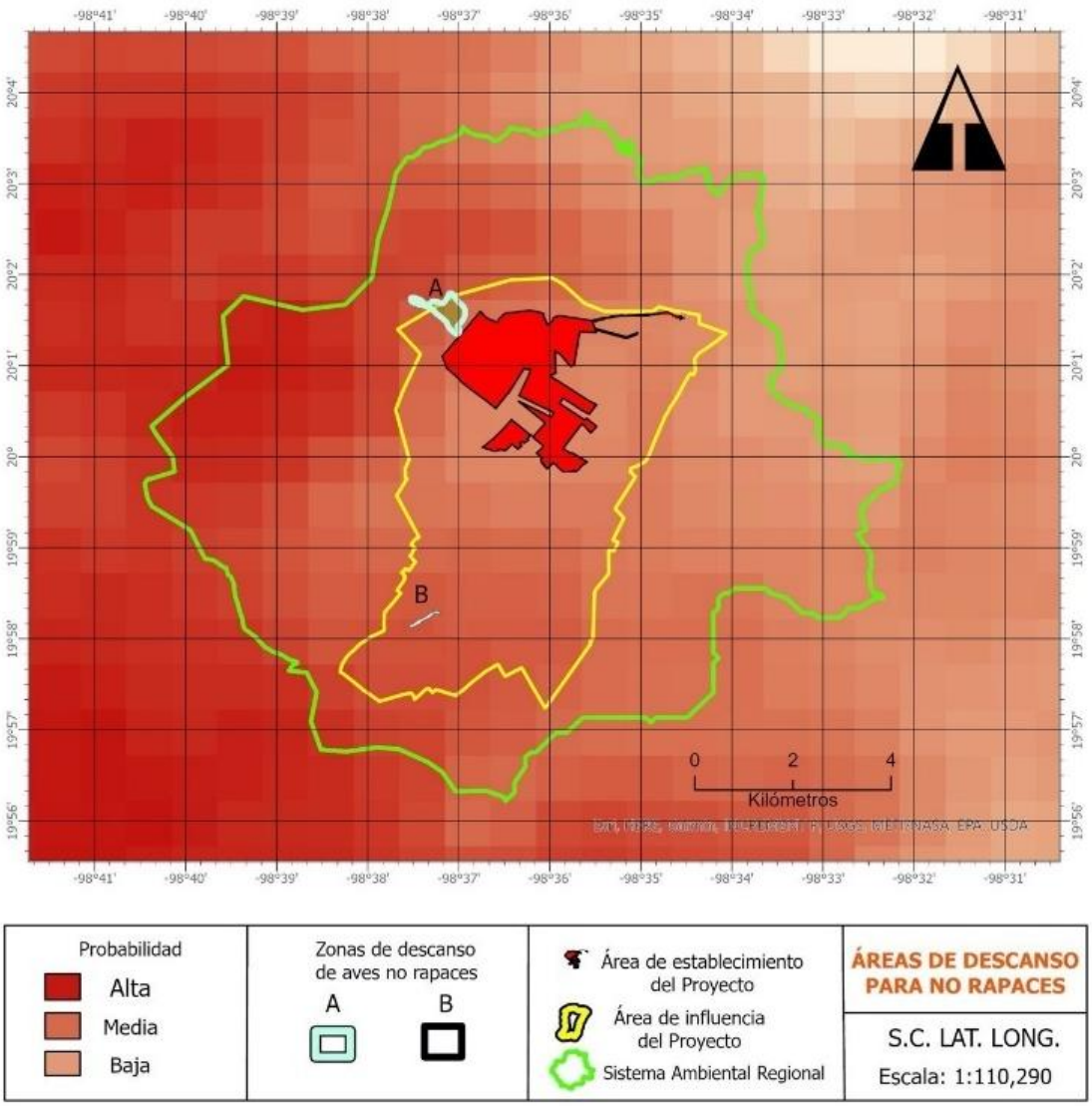
Áreas de descanso de aves rapaces y no rapaces: De acuerdo con BirdLife (2019)[121], las áreas de descanso son hábitats cuya función principal es ofrecer descanso y alimento a aves migratorias y funcionan como sitios para la conservación de avifauna (Arizaga y Urmeneta, 2004)[122]. Sin embargo, se ha considerado que las áreas de descanso también son sitios disponibles tanto para especies migratorias como residentes (Valencia-Trejo ***et al***., 2018)[123]. En términos y con fines de conservación de las especies residentes y migratorias en el proyecto Fv El Ocote, se proponen dos áreas de descanso de aves rapaces, en el sitio A y B predomina la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (Vsa/BQ), ambas se localizan en el SAR. El sitio A se encuentra cercano a los transectos 56 al 60. Mientras que el sitio B se encuentra cercano al transecto 36 y junto a un cuerpo de agua que representa un recurso vital no solo para las especies de aves sino también para aquellas especies registradas en el transecto (Figura IV.73).

Figura IV. 73 Áreas de descanso de aves rapaces



En lo que concierne a las aves no rapaces, en el proyecto Fv El Ocote se consideraron dos zonas de descanso. El sitio A y B ambos se encuentran en el SAR. El sitio A es Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate y se encuentra cercano a los transectos 38 y 39. Por el contrario el sitio B la vegetación predominante es Agricultura de Temporal Anual, se encuentra cercano a los transectos 28 y 29 del AeP (Figura IV.74).

Figura IV. 74 Áreas de descanso de aves no rapaces

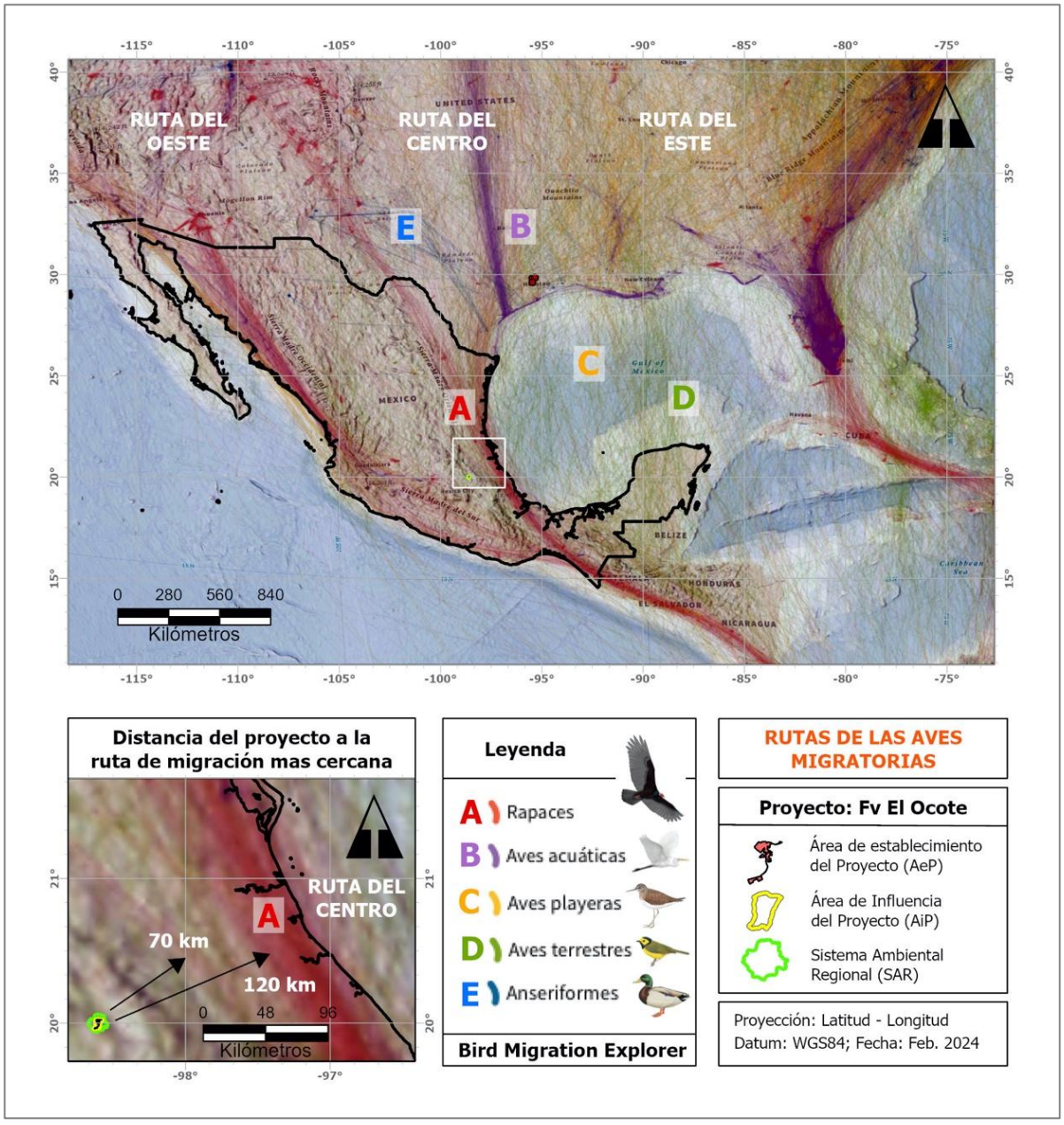


En resumen, las zonas de descanso no se verán afectadas por la realización del proyecto ya que las especies de rapaces y no rapaces utilizan o prefieren espacios fuera del sitio donde se pretende realizar la instalación del Fv El Ocote.

Rutas migratorias: De acuerdo con La Sorte *et al.* (2014)[124], existen tres principales corredores migratorios en Norteamérica: la ruta Oeste a lo largo del Pacífico, la ruta Centro, y la ruta Este a lo largo del Atlántico. Utilizando la plataforma Bird Migration Explorer[125], que reúne datos sobre la migración anual completa de aves que se reproducen en Estados Unidos y Canadá y que se desplazan hacia América Latina y el Caribe en distintas temporadas, se ha determinado que el proyecto Fv El Ocote se situará

aproximadamente a 120 km al oeste de la ruta migratoria más próxima, conocida como la ruta Centro, y a unos 70 km al oeste de algunos puntos de tránsito utilizados por aves rapaces (Figura IV.75).

Figura IV. 75 Ubicación del proyecto respecto a las rutas migratorias



La ruta del Oeste se localiza a 356 km al suroeste, por esta ruta transita la mayor parte de las poblaciones de 18 especies que pudieran estar presentes en el SA, de las cuales 17 son terrestres y una es rapaz. Por la ruta del Centro pasan las poblaciones de cinco aves terrestres y tres aves rapaces. La ruta del Este se localiza aproximadamente a 1,100 km en la zona del Golfo de México, transitan por ella principalmente cuatro aves terrestres y una especie acuática. En general, la mayoría de las especies migratorias (65%) son

migrantes nocturnas, especialmente las especies terrestres que viajan por las rutas del Oeste y del Centro (Fig. 20; Tabla IV.83).

Figura IV. 76 Especies de aves migratorias potencialmente presentes en el SAR y el tipo de ruta donde se concentra la mayor parte de la población en la época no reproductiva

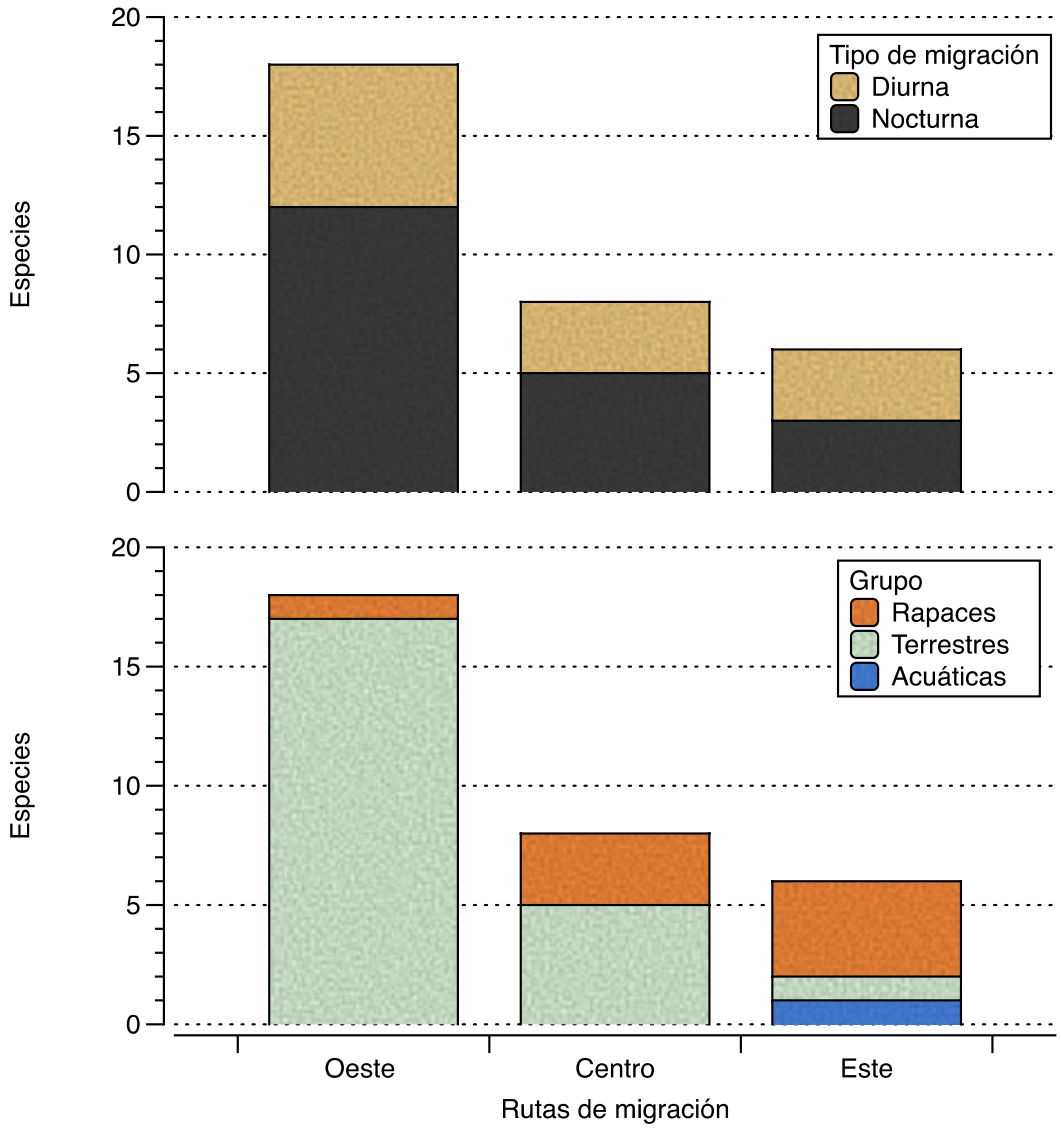


Tabla IV. 83 Rutas migratorias. El color negro indica que si la especie de interés utiliza la ruta de noche y el amarillo de día

ID	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	GRUPO	RUTA
1	*Spatula discors*	Cerceta Alas Azules	Acuática	Este
2	*Selasphorus rufus*	Zumbador Canelo	Terrestre	Oeste
3	*Cynanthus latirostris*	Colibrí Pico Ancho Norteño	Terrestre	Oeste
4	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	Rapaz	Centro
5	*Circus hudsonius*	Gavilán Rastrero	Rapaz	Este

6	*Athene cunicularia*	Tecolote Llanero	Rapaz	Centro
7	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	Terrestre	Este
8	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	Rapaz	Centro
9	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	Rapaz	Oeste
10	*Sayornis saya*	Papamoscas Llanero	Terrestre	Este
11	*Vireo cassinii*	Vireo de Cassin	Terrestre	Oeste
12	*Vireo gilvus*	Vireo Gorjeador	Terrestre	Oeste
13	*Tachycineta bicolor*	Golondrina Bicolor	Terrestre	Este
14	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	Terrestre	Oeste
15	*Bombycilla cedrorum*	Chinito	Terrestre	Centro
16	*Catharus guttatus*	Zorzal Cola Canela	Terrestre	Oeste
17	*Chondestes grammacus*	Gorrión Arlequín	Terrestre	Centro
18	*Spizella pallida*	Gorrión Pálido	Terrestre	Centro
19	*Pooecetes gramineus*	Gorrión Cola Blanca	Terrestre	Oeste
20	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	Terrestre	Centro
21	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	Terrestre	Oeste
22	*Xanthocephalus*	Tordo Cabeza Amarilla	Terrestre	Oeste
23	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	Terrestre	Oeste
24	*Molothrus ater*	Tordo Cabeza Café	Terrestre	Oeste
25	*Leiothlypis celata*	Chipe Oliváceo	Terrestre	Oeste
26	*Leiothlypis ruficapilla*	Chipe Cabeza Gris	Terrestre	Oeste
27	*Geothlypis trichas*	Mascarita Común	Terrestre	Este
28	*Setophaga coronata*	Chipe Rabadilla Amarilla	Terrestre	Centro
29	*Setophaga nigrescens*	Chipe Negrogris	Terrestre	Oeste
30	*Setophaga townsendi*	Chipe de Townsend	Terrestre	Oeste
31	*Setophaga occidentalis*	Chipe Cabeza Amarilla	Terrestre	Oeste
32	*Cardellina pusilla*	Chipe Corona Negra	Terrestre	Oeste

Patrones de actividad de especies migratorias: la siguiente sección detalla los patrones de permanencia de especies migratorias o bimodales (especies con poblaciones residentes y migratorias) con base en registros obtenidos de la base de datos global GBIF (Global Biodiversity Information Facility) para el proyecto Fv El Ocote en el estado de Hidalgo (Fig. 21).

Cerceta Alas Azules (*Spatula discors*): Es una especie acuática que realiza la migración durante la noche, principalmente por la ruta del Este. En el estado de Hidalgo, el mayor número de registros se presenta en el mes de enero (38 registros). Está ausente en los meses de junio, julio y agosto.

Zumbador Canelo (*Selasphorus rufus*): Es una especie terrestre que migra durante el día principalmente por la ruta del Oeste. Los registros indican actividad en los meses de agosto a noviembre, con el mayor número de avistamientos en agosto (9 registros).

Colibrí Pico Ancho Norteño (*Cynanthus latirostris*): Es una especie terrestre con poblaciones tanto migratorias como residentes. El mayor número de registros ocurre en marzo (115 registros).

Zopilote Aura (*Cathartes aura*): Es una especie con un comportamiento bimodal en Hidalgo, mostrando registros a lo largo de todo el año. El pico más alto de registros se observa en enero (113 registros).

Gavilán Rastrero (*Circus hudsonius*): Es una especie rapaz que migra por la ruta del Este. En Hidalgo, los registros más altos se dan en enero y febrero (30 y 40 registros, respectivamente), y no se registra su presencia de junio a agosto.

Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*): Presenta un patrón bimodal en Hidalgo con poblaciones tanto migratorias como residentes. Los datos reflejan una presencia constante a lo largo del año, destacando mayo con 31 registros como uno de los meses de mayor actividad, sin periodos de ausencia.

Carpintero Moteado (*Sphyrapicus varius*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Este. El mayor número de registros se presenta en diciembre (54 registros), y está ausente en los meses de junio a agosto.

Cernícalo Americano (*Falco sparverius*): Es una especie rapaz que migra por la ruta del Centro. En Hidalgo, se observa un pico de registros en enero (87 registros), ausente en el mes de agosto.

Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*): Con un patrón bimodal, muestra registros a lo largo del año en Hidalgo, indicando la presencia de poblaciones tanto migratorias como residentes. Diciembre presenta un pico significativo (74 registros), sin un periodo de ausencia.

Papamoscas Llanero (*Sayornis saya*): Exhibe un patrón bimodal en Hidalgo, con octubre (108 registros) mostrando la mayor actividad. Esto refleja poblaciones tanto migratorias como residentes sin una ausencia clara durante el año

Vireo de Cassin (*Vireo cassinii*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. En Hidalgo, muestra una presencia moderada con el mayor número de registros en enero (15 registros), y está ausente durante los meses de junio a agosto.

Vireo Gorjeador (*Vireo gilvus*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Oeste. En el estado de Hidalgo tiene una presencia más notable en los meses de marzo y abril con registros de 17 y 7 respectivamente, señalando estos meses como su pico de actividad en la región. La especie no se observa de junio a agosto.

Golondrina Bicolor (*Tachycineta bicolor*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Este. Se destaca en Hidalgo con el mayor número de registros en diciembre (123 registros), y no se registra su presencia de junio a agosto.

Reyezuelo Matraquita (*Corthylio calendula*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Oeste. Presenta el mayor número de registros en enero (122 registros) en Hidalgo y está ausente en los meses de junio a agosto.

Chinito (*Bombycilla cedrorum*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Centro. En Hidalgo, el mayor número de registros se observa en enero (45 registros), con ausencia de registros de junio a agosto.

Zorzal Cola Canela (*Catharus guttatus*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. Los registros en Hidalgo indican su mayor presencia en diciembre (21 registros), sin presencia de junio a agosto.

Gorrión Arlequín (*Chondestes grammacus*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Centro. En Hidalgo, muestra un pico de registros en octubre (39 registros) y está ausente en los meses de junio a agosto.

Gorrión Pálido (*Spizella pallida*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Centro. Enero es el mes con el mayor número de registros (53) en Hidalgo, y la especie no se registra de junio a agosto.

Gorrión Cola Blanca (*Pooecetes gramineus*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. En Hidalgo, enero y diciembre son los meses con más registros (17 y 18 registros, respectivamente), sin presencia de junio a agosto.

Gorrión de Lincoln (*Melospiza lincolnii*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Centro. El mayor número de registros en Hidalgo se da en enero (55 registros), estando ausente de junio a agosto.

Rascador Cola Verde (*Pipilo chlorurus*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Oeste. En el estado de Hidalgo, se observa un patrón de avistamientos que muestra picos en marzo y noviembre (7 registros en cada mes). La especie no se registra en los meses de junio y julio.

Tordo Cabeza Amarilla (*Xanthocephalus xanthocephalus*): Presenta un patrón bimodal en Hidalgo, mostrando una presencia constante a lo largo del año. Septiembre (4 registros) y octubre (1 registro) indican los meses de mayor actividad, sin un periodo de ausencia definido debido a su comportamiento bimodal.

Calandria Cejas Naranjas (*Icterus bullockii*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Oeste. En Hidalgo, enero muestra el mayor número de

registros (14), y está ausente durante los meses de junio a agosto.

Tordo Cabeza Café (*Molothrus ater*): Con un patrón bimodal, muestra una presencia constante en Hidalgo. Enero (66 registros) y diciembre (38 registros) son los meses con mayor actividad, sin un periodo de ausencia claro.

Chipe Oliváceo (*Leiothlypis celata*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. En Hidalgo, el mayor número de registros se presenta en enero (56 registros), y está ausente durante los meses de junio a agosto.

Chipe Cabeza Gris (*Leiothlypis ruficapilla*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. Los registros más altos en Hidalgo se dan en marzo (50 registros), sin presencia de junio a agosto.

Mascarita Común (*Geothlypis trichas*): Es una especie terrestre que muestra una presencia a lo largo del año en el estado de Hidalgo. Los registros indican un aumento de actividad en julio (69 registros), destacando este mes como el de mayor avistamiento.

Chipe Rabadilla Amarilla (*Setophaga coronata*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Centro. En Hidalgo, presenta el mayor número de registros en enero (174 registros) y está ausente de junio a agosto.

Chipe Negrogris (*Setophaga nigrescens*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. En Hidalgo, los registros más altos ocurren en octubre (10 registros), y no se registra su presencia de junio a agosto.

Chipe de Townsend (*Setophaga townsendi*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. Octubre (67 registros) y noviembre (72 registros) son los meses con mayor actividad en Hidalgo, sin presencia de junio a agosto.

Chipe Cabeza Amarilla (*Setophaga occidentalis*): Es una especie terrestre que migra por la ruta del Oeste. En Hidalgo, el mayor número de registros se da en enero (36 registros) y noviembre (48 registros), y está ausente durante los meses de junio a agosto.

Chipe Corona Negra (*Cardellina pusilla*): Es una especie terrestre que migra principalmente por la ruta del Oeste. Presenta el mayor número de registros en enero (168 registros) en Hidalgo, y está ausente de junio a agosto.

Con base en la información disponible previamente mencionada y los patrones de migración de las especies, la instalación del proyecto Fv El Ocote no se anticipa como un riesgo significativo para las especies migratorias. La localización estratégica del proyecto, alejada de las principales rutas migratorias sugiere un impacto mínimo en la migración y actividad de estas especies.

IV.3 Medio socioeconómico

El presente apartado se aborda a través de tres aspectos: economía local, emigración y presencia de grupos indígenas y de sitios arqueológicos, como marco de análisis de los beneficios o afectaciones sociales podrían derivar del desarrollo del mismo en función de las características sociales y la calidad de vida de la población en el área más inmediata al proyecto. Todos los anteriores caracterizados para el estado de Hidalgo y el municipio del mismo nombre, donde se localizará el proyecto.

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural que se expresa en la falta de oportunidades y en la desigual distribución del progreso en la estructura productiva, lo que excluye a diversos grupos sociales, incidiendo en los niveles de bienestar y en la creación de capacidades, recursos y, por ende, en el desarrollo. **CONAPO** identifica cuatro dimensiones de expresión de este fenómeno: educación, vivienda, ingresos monetarios y afectación por la ubicación espacial. Posteriormente, propuso una medida resumen, denominada Índice de Marginación, cuyos resultados ayudan a priorizar las acciones para transformar el nivel y condiciones de vida de la población. Este índice se estima a partir de los censos de población y vivienda del **INEGI**.

En este sentido, de acuerdo con la **CONAPO** (2020), para la región de interés a nivel estatal se tiene que la entidad de Hidalgo presenta un índice de marginación de 17.805, el cual se considera como un grado de marginación alto, ocupando el 8° lugar en el contexto nacional; en contraste, a nivel municipal, el índice de marginación del municipio de Hidalgo es de 58.641, el cual se considera como muy bajo, indicador que sugiere que la mayor parte de la población tiene acceso a educación, vivienda adecuada y bienes; el municipio se encuentra en el lugar 2,270 a nivel nacional.

La extensión territorial del municipio de Hidalgo es de 3,224.3 km^2, cuenta con 200 localidades; la densidad de población es de 91.2 hab/km^2 y la densidad poblacional reportada es de 294,077 habitantes; con una razón de dependencia de 45.9; esto es que, existen 45 personas en edad de dependencia por cada 100 en edad reproductiva (Tabla IV.84) (INEGI, 2022).

Tabla IV. 84 Información a nivel municipal

Municipio	Superficie (km^2)	Total de localidades	Densidad de población (hab/km^2)	Densidad poblacional	Representa de la población estatal (%)	Razón de dependencia
Hidalgo	3,224.3	200	91.2	294,077	31.7	45.9

- **Economía local y regional**

El producto interno bruto (PIB) estatal alcanzó 489,478 millones de pesos, en el 2022, contribuyendo en ese año con aproximadamente el 2.0 % al PIB nacional, colocándose en la 18° posición en cuanto a su contribución nacional al contribuir con el 2.0% del PIB nacional. En ese mismo año, el PIB *per cápita* (PPC), que es un indicador que relaciona el tamaño de la economía con el de la población, fue de 159,939.72 pesos en el Estado de Hidalgo (Observatorio Económico México, 2020).

El desarrollo económico de esta zona del Estado de Hidalgo está sustentado en las actividades secundarias, principalmente de la minería. De acuerdo con el análisis realizado, en el SAR no existen proyectos evaluados en impacto ambiental, solo hay dos que se encuentran cerca del área en evaluación y se trata de dos granjas de cultivo acuícola. En el espacio geográfico del SAR únicamente se identificaron vías de comunicación (carreteras y caminos pavimentados), ranchos y áreas agrícolas, pero ninguno de ellos cuenta con evaluación de impacto ambiental.

El sector económico más importante en contribuir al PIB estatal es el de las actividades secundarias, mientras que las actividades económicas primarias como la agricultura representan tan solo el 1%, los productos agrícolas principales del estado son el arroz palay, calabaza (semilla) o chihua, zapote, soya y maíz grano semilla (Observatorio Económico México, 2020) (Tabla IV.85).

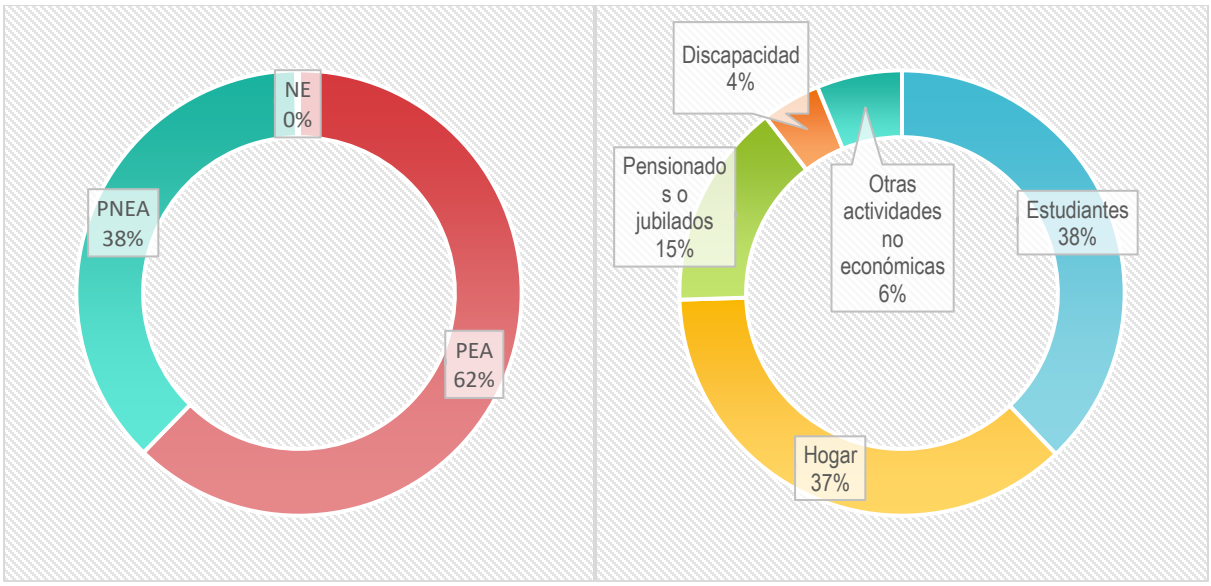
Tabla IV. 85 Contribución de las actividades económicas al PIB estatal

Contexto (2020)	Contribución al PIB por tipo de actividades (%)		
	Primarias	Secundarias	Terciarias
Nacional	3.6	32.8	63.7
Estatal (Hidalgo)	1.8	73.5	22.6

En concordancia con la información anterior, el mayor porcentaje de la población ocupada laboralmente a nivel estatal es sobre el sector económico terciario; mientras que a nivel municipal, el grueso de la población se ocupa en trabajadores en el cultivo de maíz, siendo ésta, probablemente, una de las razones por las que el PPC municipal es notablemente menor con respecto al contexto estatal y nacional, aun cuando Hidalgo es uno de los estados con mayor producto interno bruto per cápita.

Ahora bien, al considerar la Población Económicamente Activa (PEA), el valor es de 62.3%, mientras que el 37.5% corresponde a la Población No Económicamente Activa (PNEA) y el 0.2% no fue especificado. De este último, el mayor porcentaje corresponde a los estudiantes (37.9%), seguido de las personas dedicadas a los quehaceres de su hogar (36.7%), y los pensionados o jubilados (15.0%) (Figura IV.77).

Figura IV. 77 Población Económicamente Activa (PEA) y No Activa (PNEA)

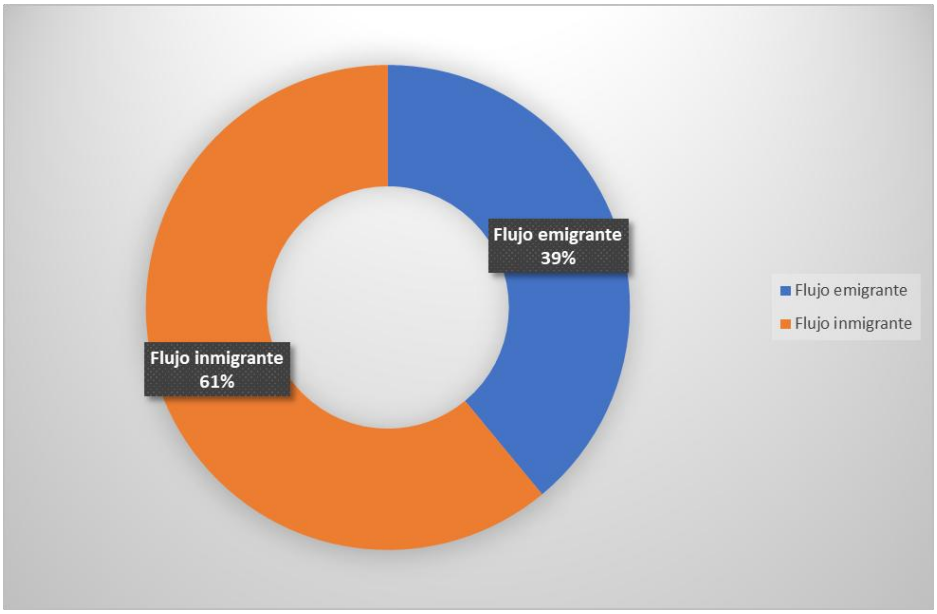


Derivado de lo anterior, se espera que dentro de los beneficios socioeconómicos procedentes de la construcción y operación del proyecto, se favorezca a los sectores económicos menos activos en el municipio, esto a través de la derrama económica que generará el proyecto por el consumo de alimentos y obtención de servicios básicos dentro de las áreas inmediatas al área del proyecto y la posible contratación temporal de personas locales. Cabe mencionar que el proyecto no interferirá con las fuentes de origen ecológico que provén a los pobladores de recursos para el desarrollo de las actividades primarias.

- **Migración**

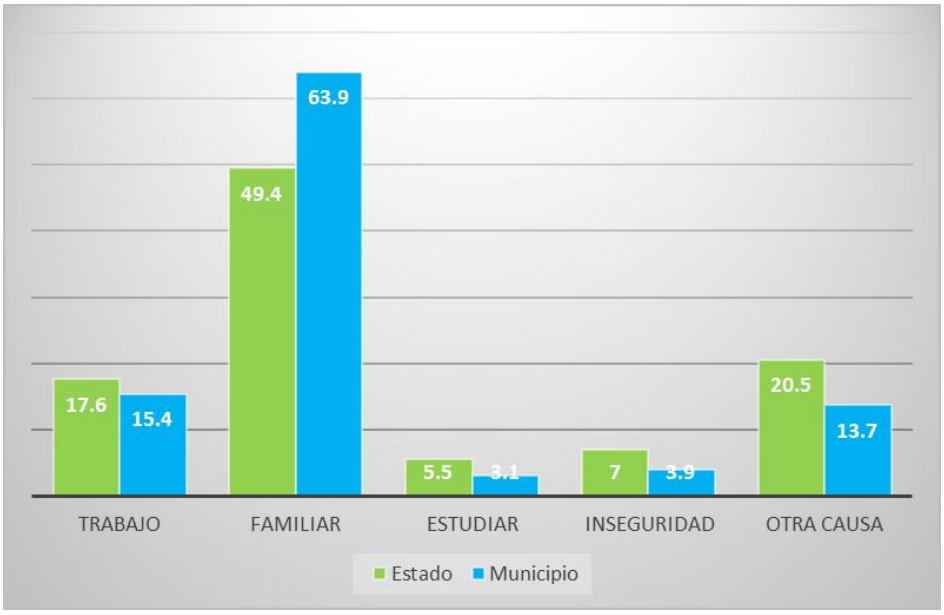
De acuerdo con el anuario de migración y remesas de México (2022), Hidalgo exhibe un flujo migrante muy bajo (Figura IV.78), colocándose en el 29° lugar a nivel nacional con población emigrante hacia los Estados Unidos de América (INEGI, 2018).

Figura IV. 78 Flujo de migración en el Estado de Hidalgo



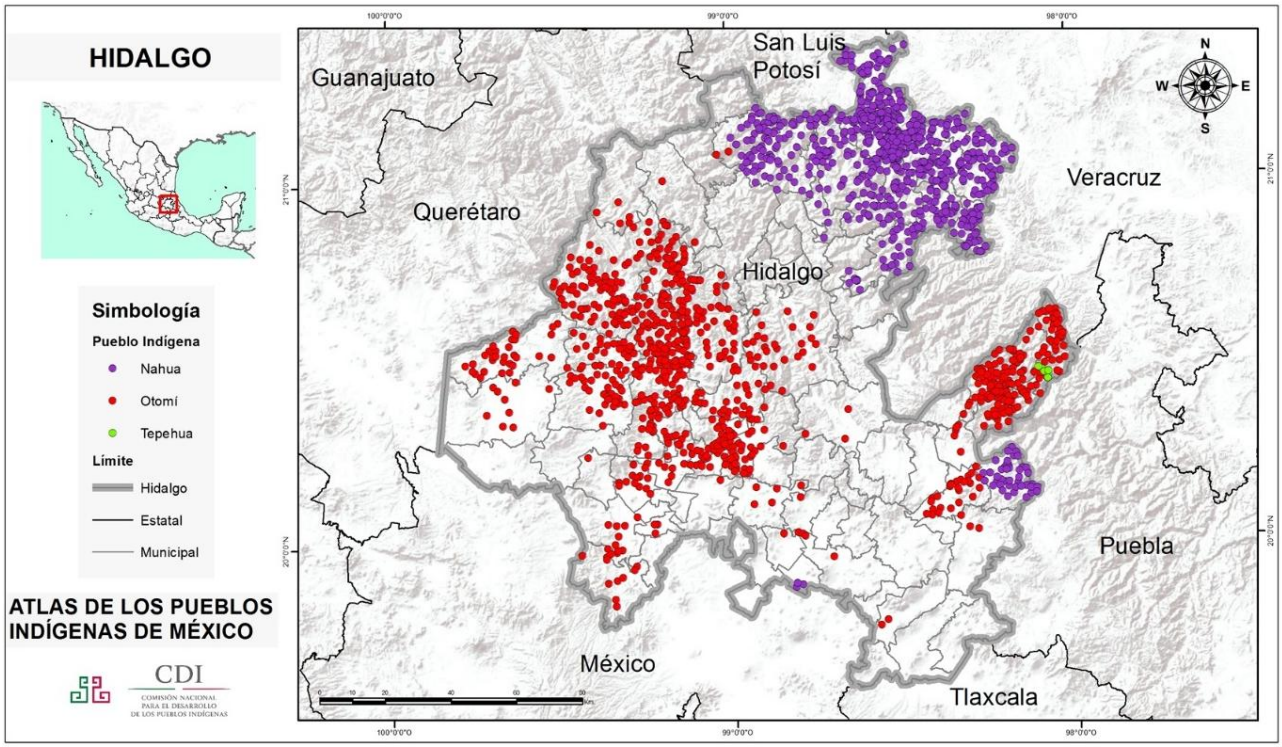
Específicamente en el Estado, el 4.1% de la población reporta un lugar de residencia distinto al actual, siendo la causa más común la familiar (47.3%), seguido de cuestiones de trabajo (30.8%) y estudiar (12.0%) (Figura IV.79).

Figura IV. 79 Causas de migración



En este contexto, tiene sentido que de acuerdo con los resultados del Censo de Población y vivienda 2020, dentro de las principales causas de movimiento migratorio destaca el reunirse con la familia y en segundo lugar se encuentran los motivos económicos como la búsqueda de empleo.

Figura IV.80 Municipios con población indígena en el Estado de Hidalgo



Se espera que la construcción del proyecto, representando una fuente de empleo alternativa, se sume a los motivos de retención poblacional por al menos el tiempo estimado para la etapa de preparación del sitio y construcción.

- **Presencia de grupos indígenas y sitios arqueológicos**

Grupos indígenas: Hidalgo ocupa el lugar 30 a nivel nacional por números de habitantes, con 928,363 habitantes, de los cuales alrededor del 12.3% son indígenas. Los principales grupos étnicos en Hidalgo son:

- **Náhuatl**: Con 234,450 hablantes, es la lengua indígena más hablada en el estado.
- **Otomí (Hñähñu)**: Cuenta con 120,492 hablantes.
- **Tepehua**: Tiene 1,656 hablantes.
- **Totonaco**: Con 891 hablantes .

Además, se estima que alrededor de 606,045 personas en Hidalgo se auto adscriben como indígenas, lo que representa aproximadamente el 19.7% de la población total del estado .

Las regiones con mayor presencia indígena son:

- **Valle del Mezquital**: Predominantemente habitado por otomíes.
- **La Huasteca**: Principalmente poblada por nahuas.
- **Sierra Otomí-Tepehua (Sierra de Tenango)**: Con una población mayoritariamente otomí y una minoría tepehua.

Los municipios con más del 90% de población que se auto adscribe como indígena incluyen a Jaltocán, Xochiatipan, Yahualica, Cardonal, Huazalingo, Nicolás Flores y Huautla .

Yacimientos arqueológicos: Hidalgo es parte del área cultural del **Altiplano Central**, y contiene vestigios de culturas como la **tolteca**, **teotihuacana**, y **otomí** prehispánicos. Algunos de los sitios más importantes son:

1. **Tula (Tollan-Xicocotitlan)**

- **Ubicación:** Municipio de Tula de Allende.
- **Cultura:** Tolteca (siglos IX-XIII d.C.).
- **Importancia:** Fue la capital del imperio tolteca. Destacan los Atlantes de Tula, grandes esculturas de guerreros de piedra sobre el templo principal (pirámide B).
- **Elementos destacados:** Juego de pelota, palacios, columnas serpentinas y relieves de jaguares y águilas.

2. **Huapalcalco**

- **Ubicación:** Inmediaciones de Tulancingo.
- **Cultura:** Posclásico temprano, posible influencia tolteca y teotihuacana.
- **Importancia:** Sitio arqueológico menor pero relevante por sus pinturas rupestres y estructuras piramidales.
- **Particularidades:** Sitio también con ocupación previa en cuevas con arte rupestre.

3. **Xihuingo**

- **Ubicación:** Municipio de Tepeapulco.
- **Cultura:** Teotihuacana.
- **Importancia:** Centro ceremonial con una pirámide principal. Se cree que fue un enclave teotihuacano importante en la región oriental.
- **Elementos destacados:** Plataformas y estructuras que denotan una planificación urbana.

4. **Tecozautla**

- **Ubicación:** Valle del Mezquital.
- **Cultura:** Otomí y tolteca.
- **Importancia:** Zona con vestigios arqueológicos, además de geo termalismo natural (manantiales y géiseres).
- **Particularidades:** Aunque menos estudiado, tiene valor arqueológico y etnográfico.

En este contexto, la pretendida ubicación del proyecto no incidirá con comunidades indígenas ni sitios de valor cultural, por lo que no se prevén problemas sociales derivados de estos factores.

IV.4 Paisaje

Las definiciones atribuidas al paisaje son diversas y han ido evolucionando hasta determinarlo como un valor estético, como un recurso y una combinación de elementos físicos y humanos. Al considerar al paisaje como el escenario de la actividad humana, cualquier acción artificial repercute inmediatamente en los factores perceptuales.

Además, podría ser equiparado como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre la geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas; adoptando diferentes formas de percepción. Por lo que, en términos generales, es posible definir al paisaje como el nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al ecosistema, que se caracteriza esencialmente por su heterogeneidad[xv] y por su dinámica, controlada en gran parte por las actividades humanas (Muñoz Criado, 2012; Burel & Baudry, 2002).

El factor perceptual puede ser estudiado como un indicador ambiental o cultural, pero al aproximarse a los componentes y procesos que ocurren en él, se va arribando a una visión sistémica o ecológica; por lo que, en este contexto, el paisaje se entiende como una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar en ella. Aunque, existe otro enfoque que apunta a una idea diferente, al concepto de paisaje visual, considerando más la estética y la capacidad de percepción del paisaje de un observador; siendo los elementos fundamentales del paisaje visual: a) la derivada del observador y b) la derivada del propio territorio (Muñoz, 2012).

Para comprender el funcionamiento de un espacio agrícola o forestal, evaluar el impacto de las cortas masivas, la deforestación o la eliminación de los setos sobre la fauna, la flora y los flujos de agua y nutrientes, es necesario:

- Considerar el espacio de forma explícita.
- Reconocer al hombre como parte integrante del sistema ecológico.
- Reconocer la heterogeneidad espacial y temporal de los medios estudiados.

Las fuerzas constructivas y denotativas que modelan los paisajes terrestres, operan sin cesar en el tiempo geológico, mientras que las fuerzas humanas, multiplicadas por sus numerosas herramientas tecnológicas, han alterado, en periodos muy breves, lo que la naturaleza ha modelado en millones de años. Así, los paisajes son resultado de las interacciones de la naturaleza y las actividades humanas, teniendo la distinción entre unos y otros por sus fronteras geográficas y naturales (Toledo, 2006).

El paisaje puede ser observado a partir de cuatro formas básicas (Urquijo & Barrera, 2009):

- Una forma *estética*: proporciona proyecciones posteriores en la pintura, fotografía, literatura o tradición oral;
- Forma *vivencial o utilitaria*: el paisaje se percibe como espacio proveedor de recursos;
- El paisaje *identitario*: inspira el sentimiento de pertenencia, es decir, el paisaje vivido; y
- La *óptica científica* o *técnica*: fundamentalmente analítica y en la cual se argumenta su fragmentación para facilitar el entendimiento en conjunto.

A partir de un punto de vista ecológico, la óptica científica o técnica proporcionará una percepción paisajística que resultará en la generación de información de un determinado

[xv] La heterogeneidad se puede definir como un todo formado por elementos diferentes, inconexos y frecuentemente antagónicos. La dinámica de los sistemas ecológicos bajo la acción de perturbaciones naturales o antropogenas contribuye a su heterogeneidad espacial y temporal (Burel y Baudry, 2002).

espacio físico. No obstante que la evaluación del paisaje se ve en dificultades por la inexistencia de un sistema efectivo para medirlo, ya que las metodologías empleadas son muy subjetivas.

Considerando los párrafos precedentes, es posible determinar que el paisaje en el presente estudio corresponde a la percepción visual que caracteriza al sistema ambiental (SAR) y el polígono del proyecto (AeP). Debido a que el paisaje es considerado como un elemento intrínseco del ambiente, se requiere involucrar dos elementos fundamentales: el primero consta de los componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (clima, hidrología, relieve, etc.) y el segundo, involucra las interacciones naturales o antrópicas que actúan sobre él (Figura IV.82).

Figura IV. 80:Paisaje actual del AeP



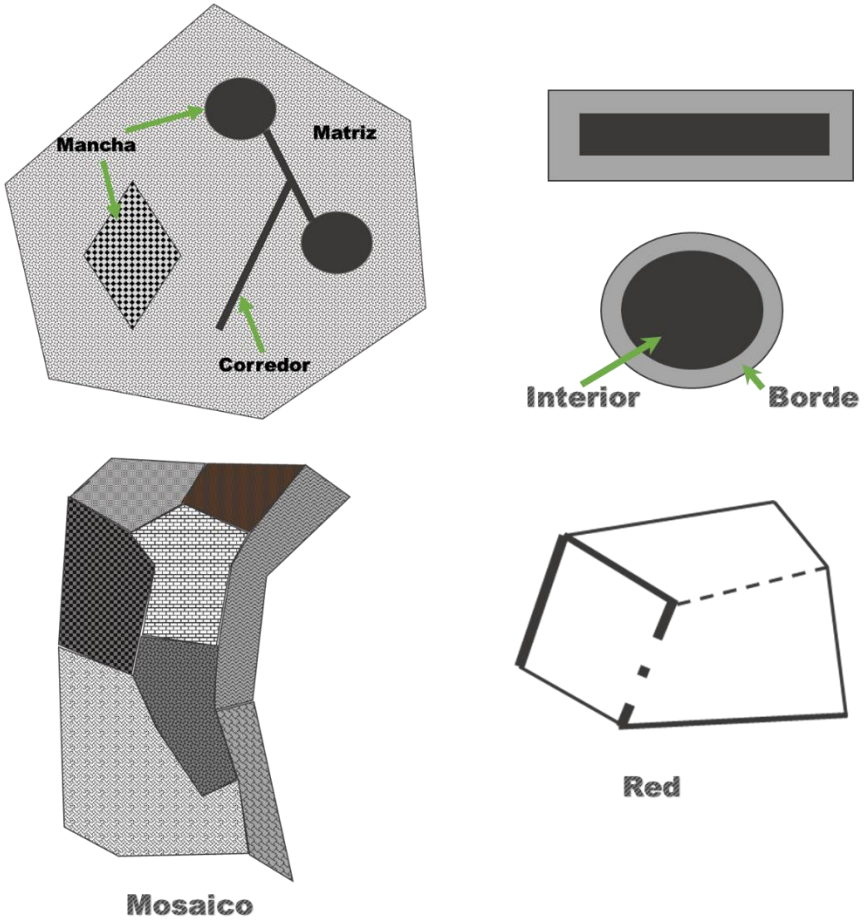
Un paisaje se encuentra conformado por una serie de elementos con propiedades particulares, los cuales brindan características específicas a este factor, y son:

- **Matriz**: es el elemento dominante, englobante, por su extensión relativa o su contribución a la coherencia del paisaje;
- **Manchas**: se encuentran en el seno de la matriz (bosquetes, viviendas);
- **Corredores** o elementos lineales cuyo rasgo más relevante es la participación en el transporte de materia, energía o seres vivos a través del paisaje;
- **Parcelas**: superficies no lineales y bien delimitadas, cuya apariencia difiere significativamente del entorno a la escala de trabajo seleccionada;

- El conjunto de las manchas constituye un **mosaico**[xvi] y el conjunto de los corredores una **red**.

En el caso de las manchas y corredores es posible diferenciar un borde, que interacciona fuertemente con la matriz o las manchas vecinas, y un medio interior, donde las interacciones son muy débiles o nulas. Cuanto más alargadas son las manchas, mayor es la proporción borde/interior. Además, la disposición espacial del mosaico y las redes constituye un Patrón paisajístico que sirve para diferenciar o comparar dos paisajes desde el punto de vista estructural (Figura IV.83).

Figura IV. 81 Elementos del paisaje (Burdel y Baudry, 2011)



Mediante la identificación y caracterización de los elementos antes mencionados y, por medio de su valoración de forma conjunta es posible conseguir una valoración cualitativa del paisaje presente en el área de interés con base en los siguientes indicadores:

✓ *Heterogeneidad*: se refiere a la combinación de la variedad de elementos con una disposición espacial de sus pautas repetitivas.

✓ *Configuración*: trata de definir el modelo de distribución de los elementos con base en la localización y yuxtaposición de los mismos.

[xvi] Mosaico paisajístico: conjunto de manchas de diferente naturaleza.

✓ *Fragmentación*: se caracteriza por una disminución de la superficie total de un hábitat y sus rupturas en fragmentos o islotes.

✓ *Contraste*: tipo de transición entre los elementos adyacentes.

✓ *Textura*: tamaño relativo de las unidades.

✓ *Formaciones singulares*: espacios es los que confluyen diferentes elementos o existe una concentración que las convierte en centros de actividad.

Es así como, la matriz que conforma el SAR está compuesta por un mosaico que integra áreas representadas por zonas de pastizal, parcelas con relictos de vegetación secundaria, parcelas representadas por poblaciones, caminos, cuerpos de agua, áreas sin vegetación y ranchos (Figura IV.84).

Figura IV. 82 Mosaico paisajístico del SAR



Considerando los párrafos precedentes, la heterogeneidad del paisaje en el SAR es consecuencia del desarrollo de diversas actividades antrópicas; la mayor parte de la vegetación natural fue reemplazada por cultivos agrícolas y pastizales desde tiempo atrás, por lo que únicamente se conservan remanentes de vegetación forestal, no obstante que la deforestación y degradación de las manchas es bastante evidente. Otra causa de fragmentación es la implantación de infraestructura representadas por carreteras, ya que el área donde se prevé implantar el proyecto se encuentra a un costado

de la carretera federal 261 Hidalgo-Hopelchén, además de que en las inmediaciones existen terracerías y caminos sin pavimentar.
Considerando que el polígono del proyecto se encuentra representado por una matriz donde predomina una unidad paisajística (pastizal inducido), el contraste estaría dado principalmente por las parcelas remanentes de vegetación y las localidades adyacentes al polígono del proyecto, así como las vialidades existentes.
Ahora bien, a través de la evaluación visual se pretende establecer el valor escénico intrínseco del paisaje en el AeP y su grado de vulnerabilidad ante las características e infraestructura del proyecto; por lo que las siguientes variables serán evaluadas:

1. **Fragilidad visual**: se entiende como la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Representa el grado de deterioro del paisaje ante cambios en sus propiedades y constituye una forma de establecer su vulnerabilidad.

2. **Calidad del paisaje**: cualidad intrínseca del mismo que indica los valores estéticos, lo cual es subjetivo al estar influido por condicionantes educativos y culturales. Esté aspecto incluye tres elementos de percepción:

    a. Características intrínsecas del AeP.

    b. Calidad visual del entorno inmediato (entre 500 y 700 m del AeP).

    c. Calidad del fondo escénico.

3. **Visibilidad**: rasgos que caracterizan el paisaje, como el color, la forma, línea, textura, escala y configuración espacial.

Fragilidad visual: La fragilidad se encuentra definida por la susceptibilidad de un área al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que podría experimentar un paisaje ante la ocurrencia de determinadas actuaciones (Cifuentes, 1979); es decir, que se trata de la capacidad de respuesta de un paisaje frente a interacciones humanas en él.

La fragilidad visual depende en gran parte de las características del territorio, es decir de sus factores biofísicos; los cuales son los que se componen de las características básicas del paisaje, son los que van a amortiguar o realzar las alteraciones visuales. Las variables del medio que intervienen en este factor son principalmente la cubierta del suelo y las características geomorfológicas como el relieve.

Los factores biofísicos son relativamente estáticos, ya que los cambios perceptibles son derivados de las acciones antrópicas o catástrofes naturales (Aramburu Maqua, et al., 2005).

La evaluación de la fragilidad se llevó a cabo mediante el modelo general de fragilidad visual de Escribano, *et ál*. (1987), en el cual se lleva a cabo el análisis y clasificación de paisajes, totales o fracciones, en función de una selección de los principales componentes, que son divididos en 4 factores: biofísicos, visuales, singularidad y accesibilidad. Los componentes fueron evaluados de acuerdo a las características que mostraron los elementos de influencia de cada factor (Montoya, et al., 2003) (Tabla IV. 86).

Tabla IV. 86 Factores utilizados para medir la fragilidad del paisaje

Elemento de influencia	Fragilidad visual alta	Fragilidad visual Media	Fragilidad visual Baja	Valoración en el AeP
Pendiente	Mayor a 30%, laderas muy moldeadas, erosionadas y abarrancadas o con rasgos muy dominantes.	Con valores entre 15 y 30%, vertientes con modelado suave u ondulados.	Valores entre 0 y 15%, vertientes con poca variación, sin modelado y sin rasgos dominantes.	**Baja**
Densidad de vegetación	Espacios grandes sin vegetación. Agrupaciones aisladas, domina el estrato herbáceo.	Cubierta vegetal discontinua, dominancia del estrato arbustivo.	Grandes masas boscosas, 100% de cobertura.	**Media**
Contraste vegetacional	Vegetación monoespecífica, escasez de vegetación, contraste poco evidente.	Diversidad de especies media con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.	Diversidad de especies alta, contrastes fuertes e interesantes.	**Media**
Altura (vegetación)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura o sin vegetación.	No hay gran altura de las masas (<10 m) ni gran diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos, alturas sobre los 10 m.	**Alta/Media**
Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (1000 a 4000 m). Dominio de planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (>4000 m).	**Baja**
Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.	**Baja**
Unicidad de paisaje	Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje interesante pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisajes comunes sin riqueza visual o muy alterado.	**Media**
Visibilidad	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas repentinas, escasas o breves.	**Media**
Compacidad	Vistas panorámicas abiertas, sin huecos ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	Presencia de zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.	**Media**

Derivado de la pendiente, la fragilidad visual en el AeP es baja; considerando la densidad y altura de la vegetación, la fragilidad visual es media, considerando que en las áreas predominan los pastizales cultivados y vegetación secundaria de selva; mientras que, al considerar el contraste de la vegetación, el tamaño y forma de las cuencas visuales, la visibilidad y la compacidad, la fragilidad es media. Las cuencas visuales son extensas, con mezcla de formas regulares e irregulares, con dominios de planos grandes y una intervisibilidad capaz de asimilar intervenciones superficiales (Figura IV.85).

En resumen, el paisaje donde se pretende establecer el proyecto ya se encuentra altamente perturbado por actividades antropogénicas (introducción de gramíneas), aunque no llega a ser un paisaje desagradable.

Figura IV. 83 Vista panorámica del AeP



Calidad del paisaje: Considerando como valor intrínseco la calidad del paisaje, se entiende al conjunto de características, visuales y emocionales que clasifican su belleza (Blanco, 1979). Esta definición de concepto de calidad visual del paisaje impone un alto grado de subjetividad a la hora de su valoración, dado que la belleza se aprecia y reconoce de forma distinta y en mayor o menor grado según sus observadores.

La calidad paisajística da a conocer en qué medida la calidad de un paisaje puede ser enriquecido o por el contrario, empeorado de acuerdo con su condición escénica. La valoración de la calidad paisajística debe incluir, la calidad visual del entorno pues la presencia de determinados elementos puede añadir o restar calidad al paisaje.

La calidad visual del paisaje corresponde al grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra forma, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve (Blanco, 1979 –citado en (Bronchalo González, 2002)). Para definir la calidad del paisaje se realizará la evaluación de los valores estéticos que posee éste, considerando las características intrínsecas del AeP, la calidad visual del entorno inmediato y la fragilidad del paisaje (Tabla IV.87).

Tabla IV. 87 Modelo de calidad visual del paisaje (Solari & Cazorla, 2009)

Calidad visual del paisaje						
Calidad intrínseca					Grado de humanización	
Calidad fisiográfica		Usos de suelo	Calidad de la cubierta vegetal		Rutas y caminos	Núcleos urbanos
Desnivel	Complejidad topográfica	Ausencia de cuerpos de agua	Diversidad de la vegetación	Calidad visual de la vegetación		

Así, los elementos de la tabla anterior serán valorados mediante los componentes de los estudios de campo, a excepción de la calidad fisiográfica, la cual será analizada mediante fotografías satelitales obtenidas de Google Earth®. A continuación, se describen cada uno de los elementos.

Características intrínsecas del AeP: Mediante las características intrínsecas se busca expresar el atractivo visual que surge a partir de las particularidades propias del espacio a evaluar (SAR y AeP). Y están definidas en función de la topografía, la diversidad y tipos de vegetación, cuerpos de agua presentes y la presión antropomórfica que pueda tener.

Cuando un paisaje es dominado por formas planas, tendrá una menor calidad, esto es que, un paisaje con pendientes, cambios abruptos en el relieve y valles estrechos, va a presentar una mayor calidad (Solari & Cazorla, 2009). El SAR y AeP presentan áreas con una topografía plana; por lo que, la calidad visual intrínseca del AeP y del SAR es baja, derivado de la topografía plana que predomina en el sitio.

Un elemento extensivo a todo el territorio es la vegetación y los usos del suelo, lo que los sitúa como un factor fundamental para evaluar la calidad del paisaje (Solari & Cazorla, 2009). La vegetación presente en algunas áreas del SAR corresponde a vegetación secundaria arbórea y arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia y vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, así como áreas con pastizal cultivado; siendo que, en el AeP se registró la presencia de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia y pastizal cultivado; considerando que la mayor parte de la superficie está cubierta de pastizal, es más evidente el estrato bajo. En este sentido, se observa una baja diversidad de formas, lo cual indica que el sitio del Proyecto presenta una calidad visual intrínseca baja a media hacia las áreas donde se ubica la vegetación secundaria de selva.

Otro aspecto a evaluar es la calidad visual de las formaciones vegetales, lo que indica que en presencia de vegetación autóctona hay una mayor calidad, siendo que el SAR presenta una calidad paisajística media a baja al presentar remanentes de vegetación perturbados por las acciones antropogénicas, la cual disminuye derivado del avance de la frontera agrícola, los pastizales inducidos y los asentamientos humanos presentes. En el caso del AeP, la calidad es de media a baja, derivado de las alteraciones antrópicas en el sitio.

En el AeP y el SAR se identificaron cuerpos de agua de carácter artificial; en el caso del AeP se registró la presencia de tres jagüeyes; así, al no ser un elemento natural dominante del paisaje, la calidad paisajística es baja; aunque por la presencia de jagüeyes, que son aperturados para el almacenamiento de agua para el ganado; la presencia de éstos podría incrementar la calidad paisajística.

Si en un paisaje existen estructuras artificiales abundantes, implica una disminución de la calidad del paisaje. En el AeP se constató la presencia construcciones, donde podrían almacenar insumos o herramientas, así como una pileta, veredas y terracerías. Al evaluar

este apartado, es posible determinar que la calidad del paisaje es baja por las razones antes expuestas.

El análisis integral de la calidad paisajística del SAR y del AeP, puede concluirse que la calidad del paisaje es de media a baja, debido a las actividades antropogénicas; aunque existen áreas, tanto en el SAR como en el AeP, donde la calidad del paisaje se incrementa por la presencia de remanentes de vegetación secundaria (Figura IV.86).

Figura IV. 84 Componentes del paisaje presente en el AeP



Calidad visual del entorno inmediato: Este elemento de percepción hace referencia a la calidad que aportan las cuencas visuales que pueden observarse desde el sitio donde se llevará a cabo el proyecto (García García, 1999) y que se encuentran a una distancia de 500 a 700 m de éste. Para la evaluación del entorno se utilizaron fotografías.

Debido a la topografía del SAR y el AeP, la cual carece de barreras naturales (cerros o colinas), no se podrá originar efecto sombra en el AeP durante las primeras y últimas horas del día. En las inmediaciones del AeP existe una serie de caminos, cultivos agrícolas, líneas de trasmisión, pastizales y asentamientos humanos. La vegetación natural fue desplazada por las actividades antrópicas, cultivos agrícolas y posteriormente el pastizal inducido, por lo que el contraste cromático se encuentra dado por la coloración de las gramíneas presentes. En las áreas donde aún se cuenta con vegetación secundaria de selva, en esas áreas, el contraste cromático se incrementa, sobre todo en temporada de lluvias.

En términos generales, las áreas circunvecinas del AeP son planicies en su mayoría, donde la limitante visual se encuentra dada por la altura de los cultivos, las edificaciones presentes y los remanentes de vegetación, por lo que el efecto sombra existente está dado por los cultivos, los postes de las líneas de transmisión y las edificaciones antrópicas. La infraestructura presente en el AeP no provocará un efecto sombra debido a la altura, a excepción de las torres de la línea eléctrica, aunque el efecto producido no es considerable.

Los cuerpos de agua que se observaron en el AeP corresponden a jagüeyes, los cuales corresponden a excavaciones que permiten la acumulación de agua que sirve para hidratar al ganado; estos mismos jagüeyes se observaron en el SAR, más no fueron identificados cuerpos de agua, ríos o arroyos naturales, lo cual no es un elemento predominante a la vista, lo que disminuye el contraste de color.

Considerando la información presentada previamente, en el entorno inmediato del AeP existen áreas sin contrastes importantes en la vegetación y áreas con vegetación secundaria, áreas con pastizal y áreas aparentemente desnudas.

Calidad del fondo escénico: El fondo escénico es la cortina que existe tras las vistas y es determinante para la gama básica de contrastes (Arias Sierra, 2003).

En este apartado se evalúa la calidad del fondo visual del paisaje considerando aspectos como intervisibilidad, altitud, vegetación, agua y singularidades geológicas. Mediante el análisis de dichas variables se obtuvo como resultado un sitio poco heterogéneo en el AeP, incrementando la diversidad hacia las áreas más conservadas presentes en el SAR, lo cual incrementa su calidad escénica.

Considerando la vegetación, como se ha mencionado previamente, una parte del AeP se encuentra cubierto de pastizal introducido, por lo que el contraste de color es menor. Los árboles se dispersan en el polígono, siendo el color verde en diferentes tonalidades el que predomina durante la temporada de lluvias; con colores predominantes las tonalidades crema a café. La menor parte de esta área cuenta con vegetación secundaria de selva baja espinosa subperennifolia, lo que implica que parte de los árboles pierden el follaje durante la época seca del año, lo cual implica una variación cromática entre el estiaje y la temporada de lluvias.

Por lo que se refiere a las poblaciones cercanas al AeP, al Norte se ubica la comunidad El Mercillero, al Oeste la cabecera Municipal de Epazoyucan, al Sureste la cabecera Municipal de Singuilucan, al Suetes las comunidades de Santa María Tecajete y Jalapilla, ninguna de las cuales se ubica al interior del espacio que pretende ocupar el proyecto Ocote Solar.

De acuerdo con la información precedente, los componentes del proyecto pondrán ser observados por los habitantes/visitantes de las localidades; mientras que los observadores estables según el número de habitantes y la corta distancia con el proyecto, serán pocas personas.

Visibilidad: Por su naturaleza, el paisaje es dinámico y cambiante, incluso sin la intervención del hombre (Bronchalo González, 2002). No obstante, las acciones humanas representan una fuerza aplicada con continuidad e intensidad creciente sobre la cubierta vegetal, por lo que representa uno de los componentes principales de la visibilidad.

La visibilidad del paisaje determina la importancia relativa de lo que se ve y se percibe, en función de la combinación de distintos factores como son los puntos de observación, la distancia, la duración de la vista y el número de observadores potenciales; lo cual influye decisivamente al momento de otorgar un valor visual a un paisaje.

La superficie delimitada como SAR presenta una topografía con planicies; mientras que la fisonomía vegetal se encuentra en manchones de diferentes tamaños, así como áreas donde se desarrollan actividades antrópicas. El área donde serán establecidos los paneles se observa una topografía plana, sin mucha variación altitudinal.

Por otro lado, la vegetación aporta características como la textura, variabilidad cromática, altitud, forma, etc.; las cuales tienen influencia en la conservación de la sostenibilidad del paisaje. En este sentido, en el SAR se cuenta con áreas heterogéneas, con presencia de áreas agrícolas, con pastizal inducido, áreas con vegetación secundaria arbórea y arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia y vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia; mientras que, en el AeP la mayor parte de la superficie se encuentra cubierta con pastizal inducido y, la otra parte con vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia.

El pastizal inducido es una comunidad dominada por gramíneas que aparece como consecuencia, en este caso, de la introducción de gramíneas con la finalidad de evitar la degradación de los suelos derivado del cambio de uso de suelo acaecido con anterioridad; usualmente se utilizan especies de diferentes partes del mundo. La estructura de estas comunidades en el AeP se encuentra formada por 27 especies, de las cuales cinco son arbóreas, seis arbustivas y 16 herbáceas.

En el caso de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia, la cual hace referencia a un estado sucesional de la vegetación después de la presencia de algún disturbio causado por factores humanos que derivo en la modificación de la estructura y composición florística de la comunidad vegetal original. La estructura de estas comunidades en el AeP se encuentra conformada por 35 especies, de las cuales 19 son arbóreas, ocho arbustivas, una epífita y siete herbáceas.

Considerando los párrafos precedentes, en el AeP se distingue una coloración amarillenta pálida durante la mayor parte del año, siendo visible la variabilidad cromática durante la temporada de lluvias; no obstante que, en la gama de colores visibles en esta temporada, predomina el verde, lo que ocasiona una variabilidad cromática deficiente. Además de que, durante una parte del año, el AeP está dominado por tonalidades café, resaltando los ejemplares de las especies que no pierden el follaje durante el estiaje (Figura IV.87).

Figura IV. 85 Visibilidad en el área de establecimiento de proyecto



Capacidad de absorción del paisaje: Es la capacidad que tiene el paisaje para acoger las acciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual.

Para calcular la Capacidad de Absorción Visual (CAV) del paisaje, se ha desarrollado una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986). Esta técnica consiste en asignar puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes para su carácter visual.

La fórmula para determinar la capacidad de absorción visual (CAV) del paisaje es la siguiente:

$$CAV = Px(E + R + D + C + V)$$

Dónde:
P: pendiente
E: erosionabilidad
R: potencial estético
D: diversidad de la vegetación
C: contraste de color
V: actuación humana.

Los valores a emplear para determinar el CAV, con las condiciones que puede presentar cada uno y la escala de valoración utilizada fueron propuestos por Yeomans (1986) (Tabla IV. 88).

Tabla IV. 88 Factores del paisaje determinantes de la CAV (Yeomans, 1986)

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55%)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25%)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Bajo	1
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Alto	3
Contraste de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

De acuerdo con la tabla anterior y las condiciones que presenta cada factor en el SAR y el AeP, se asignó un puntaje nominal y numérico teniendo como resultado lo siguiente (Tabla IV.89):

Tabla IV. 89 Factores del paisaje determinantes de la CAV del SAR y AeP

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje Nominal	Numérico	Observaciones del AeP
Pendiente (P)	Poco inclinado (0-25%)	Alto	1	El área presenta una topografía plana, con una variación altitudinal mínima.
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2	El tipo de suelo presente en el AeP es vulnerable a cierto grado de erosión, con evidencia de procesos de erosión laminar

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje Nominal	Numérico	Observaciones del AeP
				moderada con pérdida del horizonte "A" del suelo.
Potencial estético (R)	Potencial moderado.	Moderado	2	Con base en el resultado obtenido en la evaluación de calidad y fragilidad del paisaje, se consideró el puntaje de moderado.
Diversidad de vegetación (D)	Diversificada (mezcla de claros y bosques).	Alto	3	La vegetación es de tipo pastizal inducido y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia; el SAR cuenta con vegetación secundaria arbórea y arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia, vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia, áreas con pastizal inducido y agrícolas, por lo que, si bien se denota el deterioro por las actividades antrópicas, no se ha perdido la diversificación de la vegetación.
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica.	Bajo	1	La calidad escénica esta modificada por la presencia de actividades antrópicas como actividades agrícolas, líneas de transmisión carreteras, caminos y terracerías.
Contraste de color (V)	Elementos de bajo contraste	Moderado	2	El contraste de color que predomina es el verde, crema y café, sin embargo, durante la temporada de lluvias la diversidad cromática se incrementa ligeramente.

Durante la temporada de estiaje, los colores predominantes son neutros, pálidos, amarillos; alternada con la variación cromática producto de la floración, como respuesta a las condiciones de humedad por las lluvias; sin embargo es común observar la coloración de verde a crema la mayor parte del año característica de los ecosistemas de pastizal (Rzedowski, 2006).

Como resultado de las condiciones del AeP y del puntaje de estimación de CAV se obtuvieron los siguientes valores:

$$CAV(p) = 1x(2 + 2 + 3 + 1 + 2) = 10$$

Para determinar el significado del valor obtenido de CAV (p), la metodología asigna una escala de referencia para la estimación de CAV, la cual es:

- Bajo = <15
- Moderado = 15-30
- Alto = >30

El valor obtenido CAV(p) = 10, corresponde a una Capacidad de Absorción Visual "Baja", este valor muestra que el SAR y AeP tienen capacidad de absorción en cuanto a la generación del proyecto, en otras palabras: La implementación del Proyecto no excederá

en sus obras y actividades más allá de los límites del polígono donde se prevé instalar, el cual funge como barrera, donde los componentes ambientales son alcanzados por las obras y actividades del proyecto, por lo cual el funcionamiento del SAR no se verá alterado.

IV.5 Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental parte del análisis desarrollado a lo largo de este capítulo en lo referente a la caracterización de los componentes ambientales del SAR, previo a la implantación del proyecto (línea base o tiempo cero) y de la identificación de la tendencia del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación del área de estudio y se puede resumir en los párrafos siguientes:

En este sentido, la definición y descripción de las características del espacio geográfico en el cual se ubica el SAR ponen en evidencia que amplias áreas del mismo están perturbadas y que poco más del 7% del suelo ha sido sustituido de una cubierta vegetal de bosque de táscate y matorral crasicaule a zonas de cultivos de temporal, situación de perturbación que además caracteriza a las unidades ambientales biofísicas (UAB) donde se encuentra el SAR, que se describe en el programa de ordenamiento ecológico general del territorio (SEMARNAT, 2012), donde para la región ecológica en la cual se encuentra el SAR que corresponde al número 14.16 y 18.20 y a la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) número 121 “Depresión de México” y 52 “Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo” respectivamente, donde se definen los siguientes indicadores de calidad ambiental:

(UAB) 121 “Depresión de México”

- ✓ Alta degradación de los suelos
- ✓ Muy alta degradación de la vegetación
- ✓ Media degradación por desertificación
- ✓ Modificación por actividad antropogénica es muy alta
- ✓ Muy alta longitud de carretera
- ✓ Cuerpos de agua bajo
- ✓ El uso de suelo es agrícola y forestal
- ✓ Déficit de agua superficial y subterránea

(UAB) 52 “Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo”

- ✓ Alta degradación de los suelos
- ✓ Muy alta degradación de la vegetación
- ✓ Baja degradación por desertificación
- ✓ Modificación por actividad antropogénica es de muy alta a alta
- ✓ Muy alta longitud de carretera
- ✓ Cuerpos de agua bajo
- ✓ El uso de suelo es agrícola, otro tipo de vegetación y pecuario
- ✓ Déficit de agua superficial y subterránea

En este sentido, la valoración de la calidad ambiental del SAR del proyecto, se realizó mediante el empleo de la metodología de Arriaga *et al*. (2000), que utiliza la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad al determinar las áreas que puedan alcanzar la categoría de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), descrita en los párrafos subsecuentes. Mientras que la evaluación del deterioro del SAR y para contar con una perspectiva en tiempo y espacio, se recurrió a la obtención de la tasa anual de cambio de uso de suelo (conforme a los indicadores básicos de desempeño ambiental que ofrece el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA, 2024), se realizó un análisis en retrospectiva de las modificaciones en el uso de suelo que ha experimentado el SAR, teniendo como fuente de información las siguientes cartas temáticas del INEGI (2023):

- 1980: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I, escala 1:250 000. México. 2003.
- 2021: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, escala 1: 250 000. México. 2021.

Tabla IV. 90 Cambios en la superficie de uso de suelo en el SAR, a través del tiempo

Id	Uso de suelo y vegetación	Clave	1985 (Serie I INEGI)		2021 (Serie VII INEGI)	
			Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
1	Agricultura de temporal	T	9945.0515	83.01	0.0000	0.00
2	Agricultura de temporal anual	TA	0.0000	0.00	3,793.13	31.66
3	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	0.0000	0.00	4,904.44	40.94
4	Agricultura de temporal permanente	TP	0.0000	0.00	885.2145	7.39
5	Asentamientos humanos	AH	0.0000	0.00	157.9339	1.32
6	Bosque de encino	BQ	77.7969	0.65	0.4397	0
7	Bosque de encino-pino	BQP	11.4468	0.10	0.0000	0.00
8	Chaparral	ML	318.7287	2.66	0.0000	0.00
9	Matorral crasicaule	MC	360.6094	3.01	233.7965	1.95
10	Pastizal inducido	PI	0.0000	0.00	317.8352	2.65
11	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	689.1945	5.75	787.4864	6.57
12	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	VSa/BJ	388.9051	3.25	728.0172	6.08
13	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	188.5372	1.57	171.9731	1.44
Total			**11980.2701**	**100**	**11,980.2701**	**100**

La tasa anual de cambio de uso de suelo se calculó con la fórmula:

$$r = \left(\left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/t} \right) * 100 \right) - 100$$

En el cual:
r = tasa anual.
S2 = superficie final.
S1 = superficie inicial.
T = tiempo transcurrido entre fechas.

Uno de los problemas que a menudo se afrontan respecto a las comunidades vegetales de México, es que no existe un sistema de clasificación y nomenclatura de las comunidades vegetales que sea de uso común, originando confusiones (González-Medrano, 2003)[126]. Dicha problemática se observa en este caso donde la superficie por uso de suelo presentada en la tabla anterior exhibe diferencias en la clasificación y nomenclatura de las comunidades vegetales y de los otros usos de suelo debido a los criterios que en su momento el INEGI utilizó para la elaboración de las cartas temáticas que sirvieron de referencia, es por ello que, para este análisis se optó por utilizar sólo dos categorías agrupando los conceptos forestales y los no forestales, que para el objetivo que se persigue en este apartado, resultan suficientes para proyectar la perdida de superficie forestal en el SAR.

De esta forma se obtuvo el valor de la tasa anual de cambio para la superficie forestal (r= -0.1593 y para la superficie ocupada por otros conceptos no forestales (r= 0.0315); de lo que destaca que considerando la tendencia de cambio de uso de suelo que el SAR ha exhibido en las últimas tres décadas, es posible pronosticar un escenario futuro de la misma área sin el alojamiento del proyecto, en el que puede advertirse que de continuar con las tendencias de cambio actuales, al cabo de 30 años la superficie forestal podría decrecer en un 31.5% con respecto a lo caracterizado en la línea base, reduciéndose hasta una superficie aproximada de 1,315.99 ha, lo que implica una pérdida de 605.72 ha.

Tabla IV. 91 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR

USO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)			
	1985 (Pasado)	2021 (Presente, T0)	r	2051 (Futuro)
SUPERFICIE FORESTAL	2,035.2186	1,921.7129	-0.1593	1,315.9890
SUPERFICIE NO FORESTAL	9,945.0515	10,058.5572	0.0315	10,664.2811

Derivado de lo anterior, es evidente el decremento de la superficie ocupada por vegetación forestal, debido principalmente a la extensión de la agricultura, que representa la principal actividad económica de los municipios que ocupa el SAR. En este contexto, se reitera que en el SAR domina la agricultura de temporal, seguida de una agricultura sustentada en el riego, estas actividades junto con el poblamiento continuo han propiciado que en los terrenos del SAR exista una marcada fragmentación de las comunidades vegetales originales.

Otra actividad no menos impactante, ha sido también la explotación de los recursos forestales que paulatinamente derivó en la pérdida de una importante superficie de bosque de pino y encino, como puede observarse en las tasas de cambio de uso de suelo del periodo 1980-2021, por lo que los suelos están susceptibles a la erosión causada principalmente por la deforestación al dejar los suelos expuestos a la acción del agua y los vientos, perdiendo con ello su potencial forestal y de uso agrícola en pequeñas áreas. Mientras que en los últimos años se registraron acciones contra la erosión tales como el uso de sauces, nopales y magueyes como cortinas de viento.

Así pues, el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola lleva más de 30 años, según se manifiesta por los pobladores de la región y se respalda con la información de las cartas del INEGI, por lo que ya no es posible identificar puntos críticos para la conservación en el área de establecimiento del proyecto; mientras que las zonas dentro del SAR que conservan su vocación original no se verán afectadas por la construcción del proyecto.

En este contexto, el diagnóstico ambiental se abordó a partir de dos conceptos principales: 1) Deterioro ambiental y capacidad de carga del ecosistema; e 2) Integridad funcional del ecosistema.

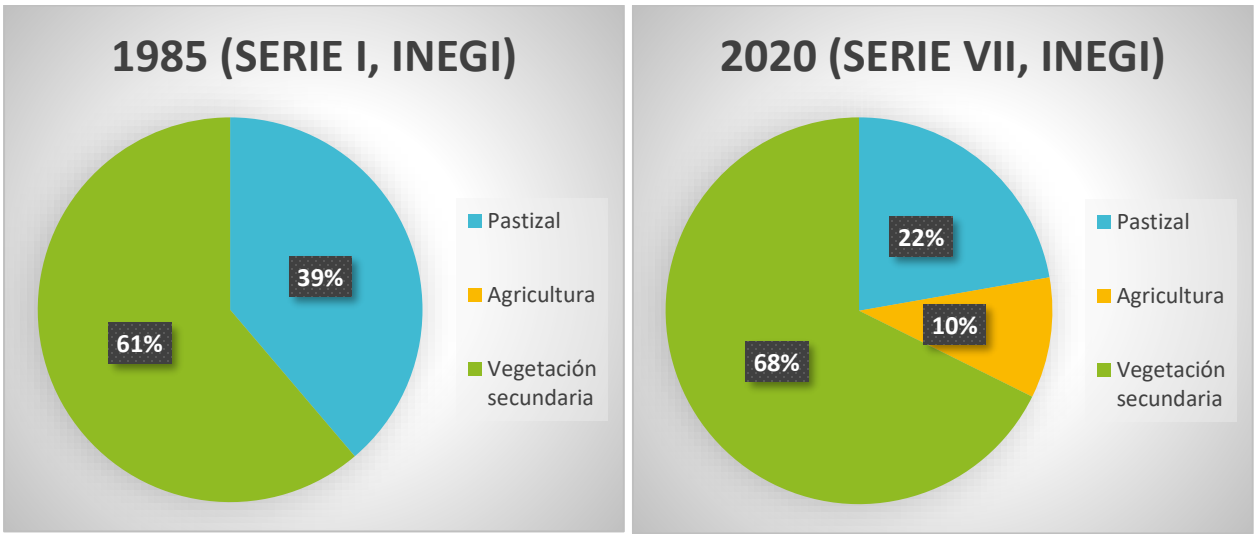
IV.5.1 Deterioro ambiental y capacidad de carga del ecosistema

El deterioro ambiental o ecológico es cualquier proceso o resultado que incide negativamente en el ambiente. A nivel local, el deterioro se manifiesta en problemas como la erosión, la deforestación y la contaminación (Balleza Gallardo, 2017). Las actividades antropogénicas de sobreexplotación de recursos y sobrepastoreo han desencadenado problemas de deforestación, erosión y disminución de la calidad y la dimensión del hábitat para las especies de fauna silvestre (SEMARNAT-CONANP, 2013) y el sobrepastoreo trae como consecuencia una afectación en la estructura y funcionamiento de las comunidades (Czeglédi & Radácsi, 2005; Wang & Batkhishig, 2014; Amine, et al., 2014).

En los ecosistemas que han sobrevivido a la expansión de la agricultura, el deterioro ecológico está provocando el desplazamiento de las especies dominantes y la colonización de otras más competitivas en el escenario creado por el disturbio antropogénico que impulsan la sucesión (Balleza Gallardo, 2017). En este sentido, el área

del proyecto presenta comunidades vegetales alteradas, siendo un reflejo congruente de la situación de deterioro que se presenta en el SAR desde hace al menos tres décadas, de acuerdo con la información cartográfica del INEGI Series I (1985) y VII (2021) de la carta de uso de suelo y vegetación (Figura IV.86).

Figura IV. 86 Modificación en el uso de suelo y vegetación en la superficie del SAR a través del tiempo



Si bien el grado de deterioro en el SAR es alto, la presencia de vegetación secundaria evidencia que los ecosistemas del SAR aún conservan su capacidad de recuperación al iniciar el proceso de sucesión ecológica, lo que habla de la buena resiliencia[xvii] del ecosistema y confirma que no se ha sobrepasado su ***capacidad de carga***, definida en la Ley General de Vida Silvestre, tal como sigue:

> ***Art. 3°, Fracción 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.*

Derivado de lo anterior y en términos de lo dispuesto por la LGVS, puede concluirse que los ecosistemas presentes en el SAR, aunque deteriorados por las actividades antrópicas que ahí se desarrollan, aún conserva la capacidad de recuperarse por sí solos (resiliencia) en plazos cortos y medianos de tiempo, por lo que puede inferirse que no se ha sobrepasado su capacidad de carga. Y toda vez que la ubicación del proyecto se planea sobre una de las zonas menos conservadas del SAR, éste no incidirá sobre elementos claves del ambiente que interfieran con dicha capacidad de carga.

IV.5.2 Integridad funcional del ecosistema

De acuerdo con Martínez-Yrízar *et al.* (2009), el ecosistema es la unidad funcional de la naturaleza que integra a todos los organismos que viven en un espacio geográfico

[xvii] La resiliencia es la capacidad de los ecosistemas a recuperarse de mejor manera ante una perturbación específica.

determinado y que interactúan entre sí y con el ambiente que les rodea. Las fronteras entre los ecosistemas (ecotonos) son difusas, sin embargo, las diferencias climáticas de un lugar a otro determinan en gran medida los tipos de ecosistemas y **la forma en que los distinguimos depende de la fisonomía de la vegetación dominante,** la cual está influenciada principalmente por el macro clima y por otras características, como la topografía, entre otras (Whittaker, 1975)[127].

Los ecosistemas son sistemas termodinámicamente abiertos, por lo que mantienen un continuo intercambio de materia y energía con su entorno (Osborne, 2000)[128], que logran a través del cumplimiento de sus funciones, entre las que se encuentran:

- La fotosíntesis que convierte la energía solar en materia orgánica.
- La acumulación de materia orgánica por los productores primarios (productividad).
- Degradación de la materia orgánica (descomposición).
- El flujo de energía y nutrientes a lo largo de los eslabones de la cadena alimenticia (estructura trófica).
- Tasas a las que ocurren estos procesos (flujo de energía).
- Movimiento de elementos entre atmósfera, la hidrósfera y la biósfera (ciclos biogeoquímicos).

Estas y otras características de los ecosistemas se traducen en *servicios ecosistémicos*, que son por tanto materialización de la función de los ecosistemas concretados en bienes y servicios críticos para la vida (en el amplio sentido del término) y esenciales para el desarrollo económico de la sociedad (Martínez-Yrízar, et al., 2009) aunque el valor intrínseco de los servicios ecosistémicos raramente es tomado en cuenta en la toma de decisiones de la política ambiental (Daily, 1997).

En este contexto, la integridad funcional del ecosistema, se concibe como el atributo que caracteriza el estatus que tienen las diversas funciones de un ecosistema, en un espacio y tiempo determinado, concretadas en los servicios que derivan de dichas funciones. Por lo que, la valoración de la integridad funcional es un indicador de la calidad ambiental.

En este sentido, cabe señalar que los servicios ecosistémicos (SEc's) se agrupan en cuatro categorías:

1) *De provisión*: estos se derivan de los resultados materiales de la fotosíntesis y se traducen en recursos extractivos como alimentos, plantas medicinales, combustible y materiales de construcción. Son los bienes tangibles.
2) *Culturales*: los servicios culturales son los que se relacionan con la provisión de beneficios no materiales como la belleza escénica y la inspiración intelectual
3) *De regulación*: los servicios de regulación resultan de procesos no extractivos como el control de inundaciones y de erosión, la captación y purificación del agua y la regulación de enfermedades y plagas y,
4) *De soporte*: los servicios de soporte, son necesarios para la provisión de los otros servicios, incluyen beneficios intangibles como la formación de materia orgánica, la producción de oxígeno y la captación de bióxido de carbono, la desintoxicación del suelo y el ciclo de nutrimentos.

Resulta obvio que algunos de los SEc's se pueden traducir a valor económico, mientras que otros son técnicamente difíciles de evaluar, porque no son directamente cuantificables, son intangibles o porque los métodos económicos actuales de valuación de mercado no son los apropiados o no pueden ser aplicados para este fin (Costanza, et al., 1997[129]; Daily, 1997[130]; WSTB, 2004[131]).

Con base en lo anterior, la integridad funcional del ecosistema en el SAR fue evaluada seleccionando indicadores ambientales (no económicos) que de manera general aluden al estado que guardan los servicios ecosistémicos en el SAR (Tabla IV. 92).

Tabla IV. 92 Indicadores para la valoración de los SEc´s en el SAR

SEc´s	Indicadores	Valor / calidad	
De soporte y regulación	Conectividad funcional del ecosistema[xviii]	< 0.59	Baja = 1
		> 0.59	Alta = 3
	Diversidad de especies de todos los niveles tróficos	Escasa presencia de plantas nativas y herbívoros silvestres / Sucesión ecológica alterada	Baja = 1
		Número reducido de plantas nativas y presencia de herbívoros y vertebrados depredadores / Los procesos serales ocurren de manera natural	Media = 2
		Comunidades completas de plantas y animales nativos, incluyendo grandes depredadores / Los procesos serales ocurren de manera natural	Alta = 3
De provisión	Realización de actividades económicas primarias	Presente en menos del 35% de la región	Baja = 1
		Presente en el 35 - 70% de la región	Media = 2
		Presente en más del 70% de la región	Alta = 3
Culturales	Calidad del paisaje	Modificado por actividades antrópicas en más del 50% de su extensión	Baja = 1
		Modificado por actividades antrópicas en menos del 50% de su extensión	Alta = 3
	Realización de actividades ecoturísticas	Presente en menos del 35% de la región	Baja = 1
		Presente en el 35 - 70% de la región	Media = 2
		Presente en más del 70% de la región	Alta = 3

La valoración de los indicadores antes señalados con base en la caracterización del SAR desarrollada en extenso en este capítulo, deriva en una calidad baja de los servicios ecosistémicos y por ende de la integridad funcional en dicha área (Tabla IV. 93). Cabe señalar que el desarrollo del proyecto que se somete a evaluación, no incidirá de manera significativa sobre la provisión de los servicios ambientales, principalmente porque la vegetación presente en el AeP corresponde a ecosistemas alterados (vegetación secundaria) y la mayor parte se encuentra cubierta de pastizal cultivado, por lo que los umbrales como el del índice de percolación mediante el cual se valoró la conectividad funcional y otros evaluados de forma cualitativa, no variarán perceptiblemente con respecto a lo evaluado y descrito en la línea base. Adicional a lo anterior, debe considerarse que con el fin de favorecer la inserción del proyecto en el ambiente que se

[xviii] Valorado con base en la "Teoría de percolación", formulada a partir del comportamiento de un fluido en un medio determinado, pero que en ecología del paisaje es utilizada especialmente para analizar las posibilidades de movimiento de la fauna, así como su acceso potencial hacia los recursos disponibles a lo largo de los mosaicos del hábitat, considerando una red de teselas que permite obtener una probabilidad crítica o umbral de percolación de (pc) = 0.5928 (Farina, 2006 Op Cit.). Es decir, que la teoría de percolación predice que un organismo puede moverse libremente si su recurso crítico o hábitat ocupa 59.28% o más del paisaje, de lo contrario los efectos ecológicos son serios (O'Neill *et al*., 1988 Op Cit.; Gardner *et al*., 1987 Op Cit.; Krummel *et al*., 1987 Op Cit.).

analiza y mitigar sus efectos, se podrán en marcha una serie de medidas para prevenir, mitigar o compensar los impactos negativos, las cuales se describen en el capítulo VI.

Tabla IV. 93 Valoración de la calidad de los SEc´s en el SAR

SEc´s	Indicador (es)	Valor efectivo / calidad	
De soporte y regulación	Conectividad funcional del ecosistema	Se valoró un índice de percolación de 0.8 toda vez que la disponibilidad de recursos y hábitats que proporcionan los ecosistemas forestales están fuera y alejados del AeP, lo que denota una baja conectividad funcional.	Baja = 1
	Diversidad de especies de todos los niveles tróficos	Tanto en el SAR como en el AeP se identificaron especies de plantas nativas y un bajo número de especies exóticas o invasoras, lo que ha favorecido que el proceso de sucesión ecológica ocurra de manera natural. En cuanto a fauna, se registró la presencia de fauna herbívora y vertebrados depredadores de talla mediana, existe también evidencia de la presencia potencial de grandes depredadores en la superficie del SAR.	Media = 2
De provisión	Realización de actividades económicas primarias	La agricultura es una actividad económica primordial en el SAR, desarrollada en al menos el 10.1% de su extensión territorial.	Baja = 1
Culturales	Calidad del paisaje	La calidad paisajística en el AeP es baja debido a la modificación en más del 50% de su extensión por las actividades antrópicas y la poca vegetación natural.	Alta = 3
	Realización de actividades ecoturísticas	No se conoce la realización de actividades ecoturísticas en la región.	Baja = 1
PROMEDIO			**1.6 (Baja)**

IV.6 Árbol de factores ambientales

De acuerdo a la metodología adaptada para el desarrollo del proceso de identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, este capítulo concluye con la integración, a manera de corolario, del árbol de factores ambientales el cual ordena de manera jerarquizada, a los elementos que constituyen al entorno en el cual pretende establecerse el proyecto. Este rubro se integra en este apartado ya que en él se sintetizan y ordenan todos los elementos constitutivos del ambiente y que han sido descritos a lo largo del presente texto (Tabla IV. 94). El árbol formará una base inicial del proceso de identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales, desarrollada en el Capítulo V de esta MIA-R, en la parte final de esta Capítulo IV se debe integrar este esquema jerárquico que organice a sus elementos constitutivos en subsistemas, factores y subfactores ambientales.

Tabla IV. 94 Árbol de factores ambientales

Id	Subsistema	Medio	Factor	Subfactor
1	Físico-natural	Abiótico	Aire	Calidad
2				Confort sonoro
3				Luminosidad
4				Microclima
5			Hidrología	Agua superficial (embalses)
6				Cantidad
7			Suelo	Calidad
8				Compactación
9				Uso de suelo
10				Suelo orgánico
11				Cobertura
12			Procesos del medio inerte	Escorrentías
13				Erosión
14				Infiltración
15		Biótico	Fauna	Riqueza y abundancia
16				Tamaño de las poblaciones
17				Hábitat
18				Endemismo y especies en riesgo
19				Grupos vulnerables (aves e insectos)
20			Flora	Riqueza y abundancia
21				Tamaño de las poblaciones
22				Endemismo y especies en riesgo
23				Cobertura
24				Patrones de dispersión de semillas
25			Procesos del medio biótico	Comportamiento individuos de fauna
26				Movilidad de especies
27				Área y recursos de alimentación
28				Fragmentación de áreas con vegetación natural
29				Rutas migratorias
30				Microambientes
31		Perceptual	Paisaje	Calidad
32				Integridad
33				Conectividad
34				Identidad rural
35				Contraste visual
36				Conexión cultural
37	Socioeconómico	Población	Condición de ocupación	Empleo
38				Aceptación social
39				Acceso a la tierra (tenencia)
40		Actividades y Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica
41				Estructura de vialidades rurales
42				Infraestructura comunitaria
43				Yacimientos arqueológicos

IV.7 Bibliografía:

1 SEMARNAT, 2022. Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Secretaría de Medio Ambiente Y recursos Naturales. Descargado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

2 **DOF, 2021**. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada DOF 21-10-2021. México.

3 **D.O.F., 2014**. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000. Última reforma publicada DOF 31-10.2013.

4 **SEMARNAT, 2012**. *Programa de Ordenamiento Ecológico General del territorio.* [En línea] Available at: https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

5 **DOF, 2021**. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada DOF 21-10-2021. México.

6 **Gómez Orea, D., 2013**. *Evaluación de impacto ambiental.* 3a ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

7 **Conesa, F., 2010**. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.* México: Mundi Prensa.

8 **IFC, 2012**. *Norma de desempeño 6: Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de recursos naturales vivos,* s.l.: Corporación Financiera Internacional. Grupo Banco Mundial.

9 **INEGI, 2015**. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).* [En línea] Available at: https://www.inegi.org.mx/datos/. [Último acceso: 2024].

10 **CCA, 2015**. *Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte, 2015.* [En línea] Available at: http://www.cec.org/es/sistema-de-monitoreo-del-cambio-en-la-cobertura-del-suelo-de-america-del-norte/ [Último acceso: 17 03 2023].

11 **Google Earth**, 2024. Fecha de consulta, Noviembre 22 de 2024.

12 **García, A., 1981**. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.* México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

13 **SMN. CONAGUA. 2025**. Servicio Meteorológico Nacional. Información Climatológica. Estaciones Climatológicas, Pachuca 1981 – 2020.

14 **CENAPRED, 2024**. Información Básica de Peligros Naturales y Antropogénicos a nivel Municipal, Estado de Hidalgo; Municipio Epazoyucan 13022. Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). México.

15 **SGM, 2024**. Carta geológica E15-3 / Hidalgo, México: Servicio Geológico Mexicano. GeoInfoMex.

16 **SEMARNAT, 2013**. Informe del Medio Ambiente *Capítulo 3 Suelos,* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

17 **CONAGUA, 2024**. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuifero Cuautitlán-Pachuca (1508), Estado de México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

18 **CONAGUA, 2024**. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuifero Huasca-Zoquital, Estado de Hidalgo (1508). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA

19 **CONAGUA, 2024.** Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuifero Valle de Tulancingo (clave 1317), Estado de Hidalgo. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA

20 **Andrewartha, H.G. 1973**. Introducción al estudio de poblaciones animales. Ed. Alhambra, Madrid, España.

21 **CONABIO. 2017**. La diversidad biológica en México. Convenio sobra la Diversidad Biológica. Consultada en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/db_mexico.html

22 **SEMARNAT-CONABIO. 2014**. Inventario Estatal Forestal y de Suelos. Hidalgo. 163 pp.

INEGI, 2005. Guía para la interpretación cartográfica Uso Potencial del Suelo. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

24 **IDEGeo, 2022**. Metadatos de: usos de suelo y vegetación de México, (Serie VI), INEGI, 2014-2017. [en línea], en: idegeo.centrogeo.org.mx., Infraestructura de datos geoespaciales del Centro Geo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México (marzo de 2022).

25 **INEGI, 2017.** Guia para la interpretación de cartografia, Uso del Suelo y Vegetación, serie VI, año 2017

26 **Flores, J.S. y J. Álvarez-Sánchez. 2004**. *Flora y vegetación*. En: Bautista, Z. F., H. Delgado G., J.L. Palacio P., y M. del C. Delgado C. (Ed.) 2004. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). México.

[27] Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM.

[28] Mostacedo, Bonifacio y Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR (Proyecto de manejo forestal sostenible). Santa Cruz, Bolivia.

[29] CONAFOR, 2012. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. México.

[30] Dr. Pío Font Quer, Diccionario de Botánica, ediciones Península 2001.

[31] Mostacedo, Bonifacio y Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR (Proyecto de manejo forestal sostenible). Santa Cruz, Bolivia.

[32] McRoberts, Ronald E.; Tomppo, Erkki O. y Czaplewski, Raymond L. 1992. Diseños de muestreo de la Evaluaciones Forestales Nacionales, Antologia de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales, FAO.

[33] Revista mexicana de ciencias forestales, Issn: 2007-1132, Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias México.

[34] Ramirez Vargas Mayra Rocio, 2018, Ingeniero forestal, Universidad Autonoma Chapingo.

[35] Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM

[36] González-Cuevas, G.A. 2002. Tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales de la costa de Jalisco. Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Agronómicas.

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/32/Gonzalez_Cueva_Gerardo_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[37] Rocha Ramírez, Arturo; Chávez López, Rafael; Ramírez Rojas, Alejandro; Cházaro Olvera, Sergio. 2012. Comunidades. Métodos de estudio. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I, Biología). México. 248 pp.

[38] F.J. Barón López y F. Téllez Montiel. 2004. Apuntes de bioestadística. Universidad de Málaga

[39] Spiegel, Murray R. y Stephens, Larry. 2009. Estadística. 4ª edición, Mc Graw Hill. 577 pp.

[40] Triola, Mario F. 2004. Probabilidad y estadística. Pearson Educación, novena edición. México. 648 pp.

[41] Erhad Duaber. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

[42] Carrera, Fernando. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Costa Rica.

[43] Villareal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. & Umaña A.M. 2006.- Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad: 191 (en) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

[44] 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.

[45] Moreno, Claudia E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. I. Zaragoza, 84 pp.

[46] Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology, 31, 476-496. http://dx.doi.org/10.2307/1931725

[47] Zarco-Espinosa, VM; Valdez-Hernández, JI; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y ciencia, trópico húmedo. 26(1):1-17.

[48] Cottam, G., y J.T Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology 37:451- 460. https://doi.org/10.2307/1930167

[49] Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

[50] Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21: 213–251.

[51] Castillo-Campos, G., G. Halffter, C.E. Moreno. 2008. Primary and secundary vegetation patches as contributors to floristic diversity in a tropical deciduous forest landscape. Biodiversity and Conservation 17: 1701-1714.

[52] Ornduff, Robert. Revisado por Phyllis M. Faber y Todd Keeler-Wolf. 2003. Introduction to California Plant Life. California Natural History Guides No. 69, University of California Press, Ltd., ISBN: 978-0-520-23704-9.

[53] **Jorgensen, E., 2005**. *Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. Manual de indicadores ecológicos para la evaluación de la salud de los ecosistemas* New York, EUA: CRC Press, Taylor & Francias Group.

[54] Boero, F., 2010. The Study of Species in the Era of Biodiversity: A Tale of Stupidity. *Diversity, El estudio de las especies en la era de la biodiversidad: una historia de estupidez. Diversidad;* Volumen 2, pp. 115-122.

[55] **Lamoreux, J. y otros, 2006**. *Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. Pruebas globales de concordancia de la biodiversidad y la importancia del endemismo Nature,* Volumen 440, p. 212–214.

[56] **Velasco de León, P., Arellano, J., Silva, A. & Guarneros, S., 2007**. Aspectos geológicos y paleontológicos. En: I. Luna, J. Morrone & D. Espinosa, edits. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana.* México: CONABIO, p. 25–38.

[57] Arita, H., 1997. The non-volant fauna of Mexico: species richness in a megadiverse country. *La fauna no voladora de México: riqueza de especies en un país megadiverso. Biodiversity and Conservation,* Volumen 6, pp. 787-795

[58] **Navarro-Sigüenza, A. y otros, 2014**. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad (Supl.),* Volumen 85, pp. 476-495.

[59] **Escalante, T., Szumik, C. & Morrone, J., 2009**. *Areas of endemism of Mexican mammals: reanalysis applying the optimality criterion*. *Áreas de endemismo de mamíferos mexicanos: reanálisis aplicando el criterio de optimalidad Biological Journal of the Linnean Society,* Volumen 98, p. 468–478.

[60] **Sánchez-Cordero, V. y otros, 2014**. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Issue Supl. 85, pp. S496-S504.

[61] **Ceballos, G. y otros, 2006**. Vertebrados terrestres. En: H. Cotler, M. Mazari & J. de Anda, edits. *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta.* México: Instituto Nacional de Ecología.

[62] **Ramírez-Pulido, J. & Castro-Campillo, A., 1994**. *Biografía reciente de los mamíferos de México.* México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

[63] **Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. & Mendoza-Almeralla, C., 2014**. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Volumen 85, pp. S460-S466.

[64] **Flores-Villela, O. & García-Vázquez, U., 2014**. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Volumen 85, pp. S467-S475.

[65] **Gill, F. & Donsker, D., 2013**. *IOC World Bird Names (version 3.4). Nombres de aves del mundo según el COI* [En línea] Available at: http://www.worldbirdnames.org/

[66] **Ceballos, G. & Oliva, G., 2005**. *Los mamíferos silvestres de México.* México D.F.: CONABIO – Fondo de Cultura Económica.

[67] **CONABIO-SEMARNAT, 2009**. *Cuarto Informe Nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB).* México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

[68] **Edwards, P. & Abivardi Cyrus, 1998**. *The value of biodiversity: where ecology and economy blend*. *El valor de la biodiversidad: donde la ecología y la economía se fusionan. Biological Conservation,* 83(3), pp. 239-246.

[69] **Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E. & Moya, H., 2011**. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. *SEMARNAT-INE.*

[70] **Sélem-Salas, C.I., G. MacSwiney, M.C, y Hernández-Betancourt, S.** 2011. Aves y mamíferos. En Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, Segunda edición, pp. 351-387. Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México. 789 p.

[71] **Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. y Ramírez-Bautista, A.** 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles. Cuadernos 10. Instituto de Biología. UNAM, pp: 28-30.

[72] **Flores, V.O., Mendoza, Q.F. y González, P.G.** 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. UNAM, Facultad de Ciencias, 285 pp.

[73] **Tovar-García, J.D. y Aceve-do-Charry, O.** 2021. Conjunto de datos de monitoreo acústico pasivo en la Reserva Natural Los Yátaros, Gachantivá, Boyacá, Colombia. Biota Colombiana, 22(1), 200-208. https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a13

[74] **MacLaren A.R, Crump, P.S., Royle, J.A. and Forstner M.R.J**. 2018. Observer-free experimental evaluation of habitat and distance effects on the detection of anuran and bird vocalizations. Ecol Evol. Ecology and Evolution, 8, 12991–13003. https://doi.org/10.1002/ece3.4752

[75] **Xeno-Canto [En línea].** 2023. Compartiendo cantos de aves de todo el mundo. Disponible en: http://www.xeno-canto.org

[76] **Catchpole, C.K and Slater, P.J.B**. 2008. Bird song: Biological themes and variations. Nueva York, Cambridge University Press.

[77] **Santiago-Alarcón, D.** 2015. Técnicas de campo y laboratorio para el estudio de parásitos sanguíneos del orden haemosporida en aves terrestres. En: Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología, AC, Xalapa, Veracruz, México. 212 p.

[78] **Van Perlo, B.** 2006. Birds of México and Central America. Princeton University Press. USA. 336.

[79] **Howell, S.N.G. and Webb, S.** 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. California. USA. 851 p.

[80] **Scott, D. and McFarland, C.** 2010. Bird Feathers: A Guide to North American Species. Stackpole Books, China. 358 p.

[81] **Peterson, R.T.** 2002. Birds of Eastern and Central North America. Houghton Mifflin Harcourt.

[82] **Beadle,D. and Rising, J.D.** 2001. Sparrows of the United States and Canada. Princeton University Press. 320 p.

[83] **The American Ornithological Society.** 2023. AOS Checklist of North and Middle American Birds. http://checklist.aou.org

[84] **Chesser, R.T., Banks, R.C., Burns, K.J., Cicero, C, Dunn, J.L., Kratter, A.W., Lovette, I.J., Navarro-Sigüenza, A.G., Rasmussen, P.C., Remsen, J.V., Rising, J.D., Stotz, D.F. and Winker, K.** 2023. Fifty-nine Supplement to the American Ornithologists' Union Checklist of North American Birds. The Auk Ornithological Advances. Vol. 133: 544-560. http://americanornithologypubs.org/doi/pdf/10.1642/AUK-16-77.1?code=coop-site.

85 **Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V.M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L.A., Ortega-Álvarez, R. y Calderón-Parra, R.** 2021. Aves de México. Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO. México D.F. http://avesmx.conabio.gob.mx.

86 **Galindo-Cruz, A., Rosas-Espinoza, V.C., Vásquez-Bolaños, M., y Sahagún-Sanchéz, F.J.** 2021. Priorización de áreas para la conservación de las aves en el occidente de la Faja Volcánica Transmexicana. Madera y Bosques. 27(2): 1-17. doi: 10.21829/myb.2021.2722175.

87 **Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Gerringer, M., y 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.

88 **González-García, F. y Gómez de Silva Garza. H.** 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Conservación de aves. Experiencias en México (H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita., eds.). National Fish and Wildlife Foundation. CIPAMEX. CONABIO.151-194.

89 **CONABIO**. 2016. Aves exóticas de alto riesgo para México. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1-2.

90 **HBW**. 2023. Handbook of the Birds of the world Alive. http://www.hbw.com

91 **UICN**. 2023. The UICN Red List of Threatened Species. http://www.iucnredlist.org.

92 **Santos, F.M., Silva, J.D., Sanaiotti, M.T.** 2006. Efficiency of four trap types in sampling small mammals on forest fragments, Mato Grosso. Brazil. Mastozoología Neotropical, 13 (2): 217-225.

93 **Ceballos, G.** 2014. Mammals of Mexico (English Edition). Johns Hopkins University Press.

94 **Aranda, M.** 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México, CONABIO, México.

95 **Elbroch M**. 2003. Mammal Tracks & Sign: A Guide to North American Species. Stackpole Books. 781 pp.

96 **Monroy, V.O., Zarco, G.M.M., Rodríguez, S.C., Soria, D.L. y Urios, V.** 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. Revista de Biología Tropical, 59 (1): 373-383.

97 **Heilbrun, D.R., Silvy, J.N., Peterson, J.M. and Tewes, E.M.** 2006. Estimating Bobcat abundance using automatically triggered cameras. Peer Reviewed, 34(1): 69-73. DOI: 10.2193/0091-7648(2006)34[69:EBAUAT]2.0.CO;2

98 **Karanth, U.K., Nichols, D.J., Kumar, S.N., Link, A.W. and Hines, E.J, 2004**. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from pray abundance. Biological sciences, 101 (14):4854-4858. doi.org/10.1073/pnas.0306210101

99 **Botello, F., Monroy, G., Illoldi, R.P., Trujillo, B.I. y Sanchez, C.V.** 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. Revista mexicana de biodiversidad, 78 (1): 207-210.

100 **Marín-Sánchez, A.I., Briones-Salas, M., López-Wilchis, R. y Servín, J.** 2015. Ámbito hogareño del coyote (Canis latrans) en un bosque templado de la sierra Madre de Oaxaca, México. Revista Mexicana de Biodiversidad (2015).

101 **Ortega, J, Swyney-González, M.C. y Zamora-Gutierréz V.** 2022. Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros, CONABIO, Asociación Mexicana de Mastozoología A.C.

102 **Darras, K., Yusti, E., Knorr, A., Huang, J.C.-C., Kartono, A.P.** 2021. Sampling flying bats with thermal and near-infrared imaging and ultrasound recording: hardware and workflow for bat point counts. F1000Res. 10: 189. doi:10.12688/f1000research.51195.1.

103 **Medellín, R.A., Abreu A. y Arizmendi, M**. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 459-515.

104 **RStudio** Versión 1.09.494. 2023. RStudio, Inc. https://www.rstudio.com

105 **López-Gómez, A.M. y Williams-Linera G.** 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 78:7-15.

106 **Jiménez-Valverde, A. y 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: 152-161.

107 **Chao, A. y Shen, T.J.** 2010. Program SPADE (Species Prediction and Diversity). Programa y guía de usuario en: http://chao.stat.nthu.edu.tw

108 **Colwell, R.K.** 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.

109 **Colwell, R.K. and Elsensohn, J.** 2014. EstimateS turns 20: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. Ecography, 37: 609-613.

110 **Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda E., y N. Pavón, N**. 2011. Re análisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista mexicana de biodiversidad, 82:1249-1261.

111 **Jost, L.** 2006. Entropy and diversity. Oikos, 113: 363-375.

112 **Chao, A. y Jost. L.** 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93 (12): 2533-2547.

113 **Ellison, A.M.** 2010. Partitioning diversity 1. Ecology, 91: 1962-1963.

114 **Magurran, A.E.** 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford, UK. Australia. 18-130.

115 **Magurran, A.E. y McGill, B.J.** 2011. Biological diversity, frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press. Oxford, New York.

116 **Halffter, G., Soberón, J. Koleff, P. and Melic A. (eds.) 2005.** Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS y CONACYT, Zaragoza. 242 p.

117 **Chao, A. and Chiu, C.H.** 2017. iDIP (Information-based Diversity Partitioning) Online: Software for partitioning Shannon diversity and phylogenetic diversity under multi-level hierarchical structures

118 **Phillips, S.J., Anderson, R.P., and Schapire, R.E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Modell. 190(3–4): 231–259. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

119 **Fick, S.E., and Hijmans, R.J.** 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 37(12): 4302–4315. doi:10.1002/joc.5086

120 **Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México** (s.f.). Enciclovida. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad https://www.snib.mx/

121 **SEO/BirdLife**, 2019. *La migración*. Sociedad Española de Ornitología. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://www.migraciondeaves.org/migracion.php#seo.php

122 **Arizaga, J.M. y Urmeneta, D.A**. 2004. *Estudio de las aves paseriformes migratorias e invernantes en el Parque Eólico de Plaiaundi (Txingudi, Gipuzkoa)*. Aranzadi, Pág. 37

123 **Valencia-Trejo, G.M., Ugalde-Lezama, S., Pineda-Pérez, F.E.,Tarango-Arámbula, L.A, Lozano-Osornio, A., y Cruz-Miranda, Y. 2018.** Diversidad de aves en el Campus Central de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. Agroproductividad, 37-42.

124 **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., and Kelling, S.** 2014. The role of atmospheric conditions in the seasonal dynamics of North American migration flyways. Journal of Biogeography. 1-12 doi:10.1111/jbi.12328

125 **Smith, Melanie A., Mahoney, J, Knight, E.J., Taylor, L., Seavy, N.E. Bailey, O.H., Carbone, M., DeLuca, W. Gonzalez, N.S., Jimenez, M.F., O'Bryan, G.M.W., Nalini Rao, Witko, C.J., Wilsey, C., and Deppe, J.L.** 2022. Bird Migration Explorer. National Audubon Society, New York, NY. Accessed on [03-'2-2021] at birdmigrationexplorer.org.

126 **González Medrano, Francisco. 2003**. Las comunidades vegetales en México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología. 81 p. 2a. Edición.

127 **WHITTAKER, R. 1975**. Communities and Ecosystems. 2a. ed. MacMillan, Nueva York.

128 OSBORNE, P.L. 2000. Tropical Ecosystems and Ecological Concepts. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra

129 **COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, S. NAEEM, K. LIMBURG, J. PARUELO, R.V. O'NEILL, R. RASKIN, P. SUTTON y M. VAN DEN BELT. 1997**. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature 387: 253-260.

130 **DAILY, G.C. 1997b**. Valuing and safeguarding Earth's life support systems. Pp. 365-374. G. Daily, ed. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, D.C.

131 **WSTB (Water Science and Technology Board Report) 2004**. Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making (http://dels.nas.edu/wstb).

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:
KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:
OCOTE SOLAR

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

JUNIO DE 2025

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO V 1

V.1 Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales 6
V.1.1 Identificación de impactos ambientales 9
V.1.1.1 Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos 9
V.1.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos 14
V.1.1.3 Matriz de Interacciones 18
V.1.1.4 Nominación de los impactos 21
V.1.2 Valoración de impactos 29
V.1.2.1 Determinación de significancia 30
V.1.2.2 Determinación de la incidencia 36
V.1.3 Descripción y determinación de magnitud de los impactos destacables 39
V.1.3.1 Indicadores de impacto 39
V.1.3.2 Estimación de la magnitud 40
V.1.4 Impactos residuales 85
V.1.5 Impactos acumulativos; impactos sinérgicos. 87
V.1.6 Descripción del carácter acumulativo y sinérgico del impacto sobre la conectividad ecológica y la fauna de baja movilidad 100

V.2 Literatura citada 107

Capítulo V

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

El objetivo del presente capítulo V de esta MIAR, integra la parte sustantiva del estudio de impacto ambiental del proyecto Ocote Solar (citado en lo sucesivo también como: "PFv Ocote Solar" o proyecto) y, sobre la base del diseño de una metodología eficiente que permita alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales según su alcance ecológico (**impactos significativos**),
- ✓ Identificar caracterizar y evaluar los **impactos acumulativos**, **sinérgicos** y r**esiduales** en el sistema ambiental regional (SAR) del proyecto,

Lo anterior, atendiendo los lineamientos que detalla guía emitida por la SEMARNAT[1].

Actualmente existe un gran número de métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de los cuales han sido desarrollados para proyectos específicos, impidiendo su generalización a otros. Sanz (1991)[2] afirma que, hasta esa fecha, eran conocidas más de cincuenta técnicas, siendo muy pocas las que gozaban de una aplicación sistemática. Dichos métodos se valen de herramientas, las cuales son agrupadas por el autor en tres grandes grupos: modelos de identificación (listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, otras), modelos de previsión (empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos "*in situ*", con el fin de predecir las alteraciones en magnitud), y modelos de evaluación (cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos).

Canter (1998)[3], establece que, aunque se han desarrollado diversas técnicas, no hay una técnica universal que pueda aplicarse a todo tipo de proyectos en cualquier medio en el que éste pretenda establecerse. En ese sentido cada técnica que se utilice debe ser específica para el proyecto que se evalúe y el medio ambiente en el cual éste pretende insertarse, sobre la base de los conceptos básicos de las técnicas existentes.

La técnica adaptada tiene como propósito asegurar que se han incluido en la valoración todos los factores ambientales destacables y lograr obtener una síntesis de la información que deriva del alcance de los impactos que podrá generar el proyecto y de las alternativas que pueden surgir para atenderlos, todo lo cual, independientemente de que conforma un conjunto de elementos que evalúa la autoridad para asumir la decisión respecto a la viabilidad o inviabilidad del proyecto,

también forma parte de la base de actuación de la empresa que promueve el proyecto para alcanzar su verdadera sostenibilidad.

Los impactos ambientales se caracterizan por las particularidades que les imprimen varios atributos, de los cuales, tres son usualmente los más considerados en el proceso de identificación y de valoración del impacto de un proyecto:

- La magnitud: calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- La incidencia: grado y forma de alteración.
- El signo: (+) si es benéfico, o (-) si es perjudicial.

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)[4].

El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad dados producen por su ejecución, es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA); dicho análisis permite determinar su aceptación, modificaciones necesarias o rechazo por parte de las entidades que tengan a su cargo la aprobación del mismo.
Convencionalmente se acepta que la EIA admite varias aproximaciones en su definición, las cuales son interdependientes entre sí, estas son:

- Aproximación conceptual: percibe la EIA como un proceso de análisis conducente a la formación de un juicio previo, lo más objetivo posible, acerca de la importancia que tienen los impactos generados por actividades desarrolladas por el hombre -proyectos- y las posibilidades existentes para su prevención de ocurrencia, o reducción a niveles aceptables.
- Aproximación administrativa: se enfoca la EIA como un procedimiento de carácter administrativo, que conduce a la aceptación, modificación o rechazo definitivo de un proyecto sometido a evaluación, con base en la incidencia que éste tenga en el medio.
- Aproximación técnica: entiende la EIA como un proceso analítico que busca identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar), prevenir, y comunicar (participación pública) el IA de un proyecto en caso de que éste sea ejecutado. De esta forma, la EIA desde la aproximación técnica, representa la herramienta fundamental para la toma de decisiones desde la esfera de la administración, o soporte para la aproximación administrativa.

En ésta MIA, la aproximación conceptual da sustento a la aproximación administrativa, ya que es a través de ese enfoque como se hace llegar a la autoridad normativa (SEMARNAT) la propuesta de proyecto y, en tal sentido es importante iniciar el desarrollo de éste capítulo considerando que la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[5] (LGEEPA), define que la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA) es *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.

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[6], RLGEEPAMEIA).

Sobre la base de lo expuesto, en esta MIA en el presente capítulo se presenta la identificación, descripción y evaluación de los **impactos ambientales significativos**, centrando el objetivo del análisis en la identificación de aquellos impactos que, por sus características, pudieran ajustarse a la definición dispuesta en la fracción IX del Artículo 3° del RLGEEPAMEIA antes transcrita.

Para alcanzar lo anterior, la integración de este capítulo se basó en el análisis e interpretación de:

- Las características de los componentes del proyecto y la identificación de las acciones (Capítulo II) que potencialmente puedan propiciar impactos a los factores ambientales susceptibles de recibirlos (Capítulo IV).
- La vinculación del proyecto con las disposiciones, reglas y recomendaciones de los diversos instrumentos jurídicos aplicables al mismo (Capítulo III).
- El diagnóstico ambiental del área de establecimiento del proyecto (AeP), y la valoración de la calidad del Sistema Ambiental Regional (SAR) dentro del cual se pretende insertar al proyecto. Ambos componentes descritos en el capítulo IV de este documento.
- Los usos del suelo definidos para el proyecto por el promovente (Capítulo II)
- La información generada en trabajos de campo y verificación (Capítulo II y IV).
- Técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental.

De acuerdo con lo que dispone la fracción V del artículo 13 del RLGEEPAMEIA, complementario a lo anterior es importante destacar que las MIA regionales se caracterizan además por dos rubros:

1. Conducir el proceso de identificación, evaluación y descripción de los **impactos ambientales significativos**, particularmente a los de tipo a**cumulativo** y residual, así como los de **carácter residual,** y
2. Realizar ese alcance en el sistema ambiental regional.

Estos dos objetivos adquieren particular preponderancia en la MIA regional, por una parte, porque al enfocar el análisis de identificación y evaluación a los impactos acumulativos, se aborda uno de los rubros más importantes en la planeación del desarrollo. La acumulación es, tal vez, el problema más importante en el deterioro del ambiente, por lo que la identificación de los impactos que potencialmente pueden ser acumulativos es una acción preventiva relevante por la anticipación que deberá presentarse de manera consecuente.

La definición jurídica del concepto **impacto ambiental acumulativo** la restringe a: "*el efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente*", (fracción VII, artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, RLGEEPAMEIA). Esta redacción, hermenéuticamente difusa, requiere complementarse con la acepción técnica que define al concepto en países con mayor desarrollo técnico en este campo.

Los **impactos acumulativos** son los efectos que pueden ocurrir cuando determinadas acciones de un proyecto, sobre los factores del ambiente se llevan a cabo con tanta frecuencia en el tiempo o en el espacio y tan densamente, que la resiliencia de esos sistemas naturales no puede asimilarlos. También pueden identificarse cuando los efectos negativos de una actividad se combinan con los de otra en una forma casi incremental; así, los impactos acumulativos son los cambios potenciales de origen antropogénico o inducidos por el hombre sobre los factores de los ecosistemas, que incrementan su incidencia y su magnitud en el tiempo y en el espacio. Los impactos acumulativos son aditivos y persistentes en el tiempo. Si bien, los efectos acumulativos se refieren a la degradación ambiental progresiva en el tiempo, tienen su origen en un conjunto de actividades a lo largo de un área o región.

Los **impactos acumulativos** son los resultados brutos o netos que se originan en un conjunto de proyectos o actividades, en desarrollo o por desarrollarse y no necesariamente relacionadas entre sí, en condiciones que dan lugar al incremento de su incidencia y de su magnitud en el tiempo y/o en el espacio.

Los i**mpactos sinérgicos** se producen cuando la combinación de varios efectos ambientales resulta en un impacto mayor (o diferente) que la simple suma de cada uno por separado.

Por otra parte, los **impactos residuales** son definidos en el RLGEEPAMEIA, en términos poco objetivos: "*es el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación*" (fracción X, del artículo 3 del RLGEEPAMEIA). Al igual que en la definición del impacto acumulativo, esta definición es incompleta y no tiene el alcance que tiene dicho concepto en la gestión ambiental, por ello, complementariamente a lo que establece al respecto el RLGEEPAMEIA, en esta MIA-R dicha definición se complementa con la consideración adicional de que, el impacto ambiental residual también es aquel que no tiene forma de ser mitigado, una vez que se ha ajustado la acción del proyecto que lo puede generar.

Bajo estas consideraciones se abordan ambos conceptos en esta MIA-R con el agregado de que el alcance de los trabajos a desarrollar no solo implica considerar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales que podría generar el proyecto, incluyendo específicamente a los acumulativos y residuales, sino principalmente a los que se adjudiquen a otros proyectos que se ubiquen dentro de la poligonal envolvente del SAR.

Así, los diversos apartados que integran este capítulo se ajustan estrictamente a las recomendaciones que establece la guía emitida por la SEMARNAT, sobre todo, al objetivo que dispone la LGEEPA para una MIA, esto es, dar a conocer (se entiende que a la autoridad competente), el **Impacto Ambiental Significativo (IAS)** y potencial que pudiera generarse por la construcción y operación del proyecto Ocote Solar.

Con base en el análisis que se realizó en apartados anteriores, en particular la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), los eventos de cambio en el mismo, su caracterización y análisis, en este apartado se identifican, se describen y se evalúan los impactos ambientales adversos y beneficios de carácter significativo (IAS) que generará la interacción entre el desarrollo del proyecto, su área de influencia y sus efectos en el SAR.

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto - entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en el mismo. Por lo anterior, se desarrolló una técnica que garantice la estimación de los impactos provocados por la ejecución del proyecto y que permita reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto, derivando de ello el análisis que permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR delimitado, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la definición que al respecto establece la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA).

Si bien la Secretaría, de acuerdo a lo establecido en el párrafo tercero del Artículo 9 del RLGEEPAMEIA, *proporcionará 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*, el contenido de las mismas es, en efecto, una guía, por lo que el contenido de cada capítulo de la MIA deberá ajustarse a lo que establece, en este caso para una MIA modalidad regional, el Artículo 13 del RLGEEPAMEIA, que en el caso particular del capítulo V se refiere a la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.

Derivado de lo anterior, el proceso metodológico diseñado que se siguió para desarrollar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales del proyecto se concreta en esta MIA-R en los ocho apartados establecidos en el artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto

Ambiental, considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

a. Identificación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales.

b. Valoración de los IA, y

c. Descripción.

En este mismo orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus etapas y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos en los componentes del entorno, considerando la información señalada en el Capítulo II de la MIA-R, concentrada en el esquema denominado **"árbol de etapas, componentes y acciones del proyecto**". De igual manera se retomó la información de definición y delimitación del SAR, así como la descripción de los elementos constitutivos del ambiente (factores y subfactores ambientales), definido en el Capítulo IV de esta MIA-R en el esquema denominado "**árbol de factores y subfactores ambientales**". Posteriormente se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas conforman a un primer conjunto de impactos potenciales. Una vez identificadas las relaciones causa – efecto (impactos), se procedió a cribar ese conjunto de efectos (impactos), mediante un proceso de tamizado que inicialmente considera los supuestos que definen al IAS desde el enfoque del reglamento de la LGEEPA para la evaluación del impacto ambiental, para, de ser el caso, retomar todos aquellos impactos que pudieran alcanzar esa consideración (significativos o relevantes) o, asumir otro esquema complementario que coadyuve a evidenciar los IA destacables sobre bases convencionales que pudieran ser supletorias de las que ofrece la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA.

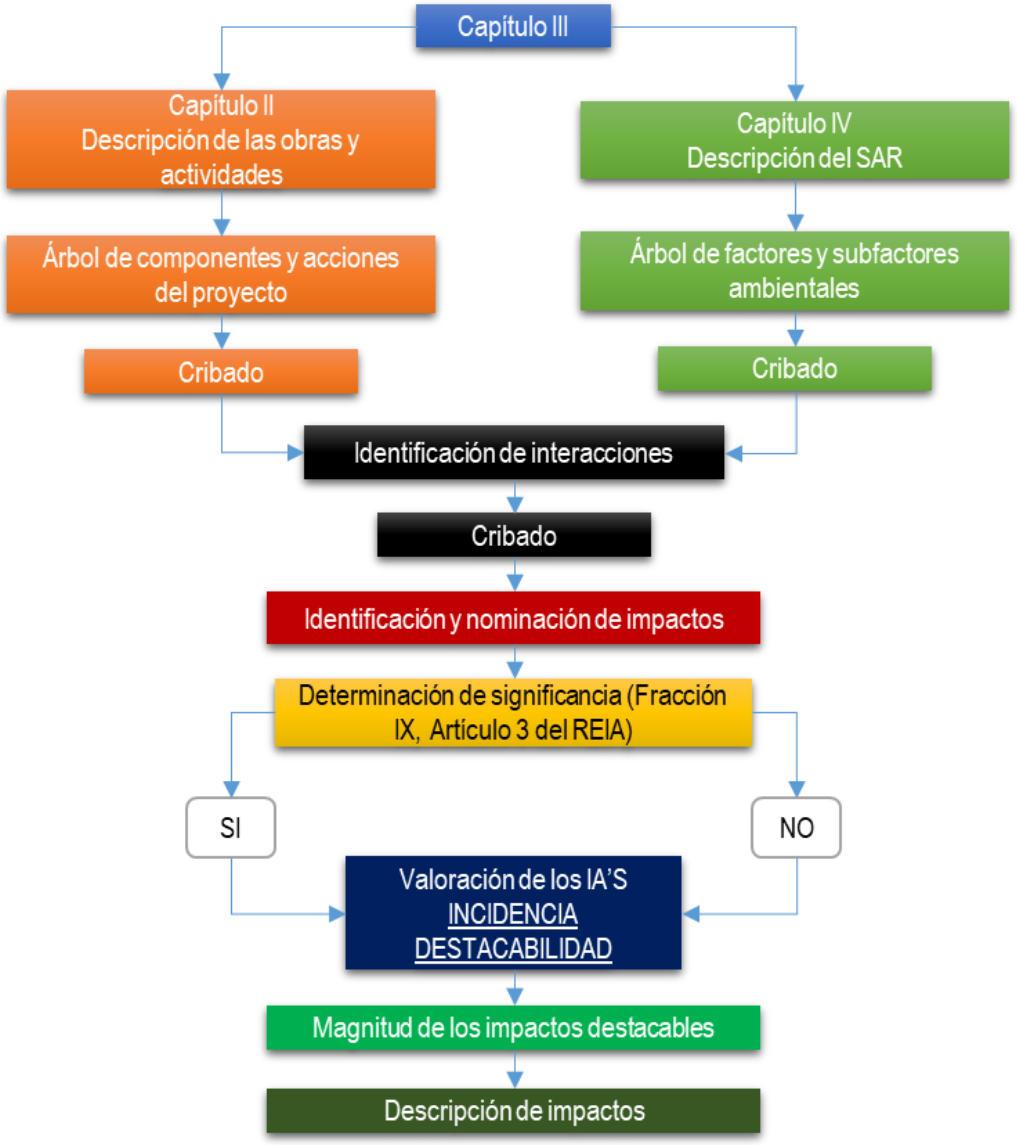
Un último rubro que se destaca respecto al procedimiento seguido en esta MIA-R, y, con base en el alcance de la definición de la MIA que establece la fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA, la cual dispone: "*Manifestación de impacto ambiental: el documento mediante el cual se da a conocer, con base 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",* dado el alcance de esta definición en este documento se privilegió la identificación de los efectos o impactos negativos, toda vez que, al determinar los impactos al ambiente, tal y como lo dispone el precepto antes señalado en el capítulo VI de esta MIA-r se definirán las medidas para evitarlos o atenuarlos.

V.1 Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales

En la integración de esta MIA-R, por técnica se entiende el planteamiento estructurado de cómo llevar a cabo una o varias actividades del proceso de evaluación del impacto ambiental, Canter 1998 (*op. cit.*) cita que se han desarrollado muchas técnicas de ayuda para la realización de las distintas tareas del proceso de EIA, como es el caso de la identificación de las interacciones entre los componentes del proyecto y los factores del ambienta, traducidos posteriormente a impactos ambientales del proyecto. La de uso más generalizado es la de Leopold[7], la cual emplea una matriz simple misma que recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 factores ambientales; una parte sustantiva de ésta técnica es la de la

estimación de la magnitud para lo cual propone la asignación de valores numéricos comprendidos entre el 1 y el 10, en la cual el valor de 10 representa la magnitud mayor y 5 (por ejemplo), una magnitud intermedia; la técnica de Leopold adolece de imprecisiones difíciles de superar, por lo que su adopción como herramienta para esta MIA-R, fue rechazada.

Figura V.1: **Proceso metodológico para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales del proyecto**



Se optó por adaptar la propuesta de Gómez Orea (2013)[8], 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 anexo VIII.V.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 (ANX VIII.V.1).

En esta metodología, los árboles de acciones y el correspondiente árbol de factores u subfactores del ambiente, adquieren relevancia, toda vez que estos integran las acciones del proyecto que pueden incidir (negativa o positivamente) sobre los subfactores del ambiente generando lo que, potencialmente, puede constituir un impacto ambiental. En este documento, se entiende por *acción* la parte activa que interviene en la relación causa-efecto y que define un impacto ambiental; tales causas pueden residir en todas las fases, etapas o componentes del proyecto, así como en el proceso productivo y en la etapa de abandono. Para formalizar y sistematizar la relación de acciones, dada la complejidad del proyecto y su carácter de sistema, se desagrega el proyecto en forma de árbol con varios niveles jerarquizados, el último de los cuales (que virtualmente correspondería al de las hojas del árbol), corresponde a las acciones. Genéricamente se desarrollaron los tres niveles siguientes:

Primer nivel: fases o etapas del proyecto, está constituida por la estructura vertical del proyecto: trabajos y estudios previos, preparación del sitio, construcción, operación, etc.

Segundo nivel: agrupa los componentes que incluyen partes homogéneas del proyecto – trazo de caminos y viales, construcción de edificaciones, excavados, etc. En este sentido, los componentes se refieren al segundo nivel de desagregación del proyecto.

Tercer nivel: acciones concretas; una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada que puede propiciar un impacto: remoción de vegetación movimiento de tierras, operación de maquinaria y/o equipo, etc.

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

los municipios de Singuilucan y Epazoyucan, Estado de Hidalgo (Rancho El Ocote), siendo identificados nueve proyectos que fueron sometidos a evaluación de impacto ambiental, uno de los cuales incide en parte de la superficie donde se prevé implementar el proyecto; de forma adicional, durante la prospección desarrollada en campo, se identificaron obras y actividades tales como: apertura de caminos dentro del AeP, un ducto de PEMEX, un gasoducto y la carretera N.º 130 Pachuca - Tulancingo, todos ubicados fuera de los terrenos que pretende ocupar el proyecto y cuyo origen, los cuales no aparecen en la página del SIGEIA, pero que, indiscutiblemente inciden en el ambiente con efectos acumulativos de diferentes signo y diferente incidencia.

V.1.1 Identificación de impactos ambientales

El proceso de identificación de impactos que se aborda en esta MIA-R se inicia con la identificación de los componentes y de las acciones[i] del proyecto potencialmente propiciadores de impactos al ambiente (conclusión del Capítulo II de esta MIA-R) y por la identificación de los factores y subfactores del ambiente que pueden recibir el efecto de los componentes y de las acciones del proyecto (conclusiones del Capítulo IV de esta MIA-R); así, en esta etapa se llega a un nivel prospectivo que inició a partir del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del sistema ambiental para concluir con la determinación de las interacciones (impactos) entre los componentes del proyecto y los factores del ambiente para lograr concretar algún proceso que permita determinar su significancia, en el contexto de la definición que al respecto ofrece el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental (RLGEEPAMEIA).

V.1.1.1 Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos

En el caso de los elementos constitutivos del proyecto, se entiende por acción, en general, la parte activa que interviene en la relación causa efecto que define un impacto ambiental (Gómez Orea, 2013, *Op. Cit*.). Para la determinación de dichas acciones, se desagrega el proyecto en tres niveles jerárquicos: las etapas del proyecto, sus componentes y las acciones concretas, propiamente dichas.

a. **Etapas**: Se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto:
   i. Preparación
   ii. Construcción
   iii. Operación y mantenimiento
   iv. Abandono

b. **Componentes**: Integra las partes homogéneas del proyecto, por ejemplo: trazo y nivelación, apertura de zanjas, etc., o procesos de distinta naturaleza. El componente, se refiere más al segundo nivel de desagregación del proyecto.

---

[i] En esta MIA se asume la convención de nominar a los **elementos constitutivos del proyecto** como **componentes y acciones y**, a los **elementos constitutivos del ambiente** como **factores y subfactores**, ello para no propiciar confusiones cuando se utilicen esos conceptos de manera indistinta, por ello, siempre que se hable de componente y/o de acción, se estará abordando un elemento constitutivo del proyecto y, por el contrario, cuando se mencione a un factor y/o a un subfactor se estará abordando un elemento constitutivo del ambiente.

c. **Acciones concretas:** Una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien identificada y localizable del impacto.

En esta etapa del proceso, se alcanza una relación exhaustiva de los componentes y de las acciones del proyecto, las cuales, por su número importante, será preciso cribar para arribar a un conjunto operable al identificar impactos ambientales.
De acuerdo con las características del proyecto “PFv Ocote Solar” las acciones que podrán derivar de la ejecución del proyecto en todas sus etapas, son aquellas identificadas en la parte final del Capítulo II de esta MIA-R, las cuales suman un total de 71 (Tabla V.1).

Tabla V.1**: Árbol de etapas, componentes y acciones del proyecto**

	Etapas	Componente	Acciones
1	Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras
2			Contratación de personal
3		Trazo	Ingreso de personas
4			Operación y circulación de vehículos
5			Levantamiento topográfico
6			Marcaje de áreas
7		Preparación del terreno	Ingreso de personas
8			Circulación de vehículos
9			Operación y circulación de maquinaria
10			Desmonte (retiro de vegetación)
11			Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)
12			Excavación
13			Compactación
14			Nivelación
15			Generación de residuos (RSU, RME y RP)
16			Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)
17	Construcción	Estructuras fotovoltaicas	Realización de zanjas para acometida de cables
18			Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)
19			Hincado de fustes
20			Montaje del seguidor solar a un eje horizontal
21			Montaje de los módulos fotovoltaicos
22			Instalación y conexión a cuadros eléctricos
23			Tendido de cables
24			Tendido y conexión de red de tierras de la instalación
25			Instalación de equipos eléctricos
26			Vallado perimetral
27			Habilitación de viales internos
28			Instalación de equipo de seguridad
29			Generación de residuos (RSU, RME y RP)
30			Disposición final de residuos (RSU, RME y RP)
31		Subestación eléctrica	Conformación de plataforma
32			Trazo de ejes principales para referencia
33			Excavación para cimentación
34			Realización de cimentaciones
35			Construcción de edificio de control
36			Construcción de fosa séptica
37			Construcción de sistema de drenaje (canales y cunetas de salida de agua)
38			Instalación de malla para sistema de tierras
39			Construcción de ductos, registros y trincheras para cables eléctricos
40			Vallado perimetral
41			Construcción de pisos terminados

	Etapas	Componente	Acciones
42			Montaje de estructura
43			Montaje de equipo primario
44			Montaje de tableros
45			Montaje de bandejas en cuarto de control
46			Montaje de banco de baterías y cargadores
47			Instalación del sistema de alumbrado exterior
48			Pruebas preoperativas
49			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
50			Disposición final de residuos
51		Línea de transmisión	Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza
52			Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda
53			Tendido, regulado y engrapado de cables
54			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
55			Disposición final de residuos
56		Limpieza del AeP	Remoción obras provisionales
57			Retiro de residuos
58	Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional
59			Supervisión del funcionamiento
60			Inspección visual
61			Limpieza de paneles solares
62			Comprobación de estado
63			Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente
64			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
65			Disposición final de residuos
66	Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal de ocupación permanente
67			Contratación de personal de ocupación temporal
68			Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)
69			Demolición de cimentaciones
70			Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)
71			Disposición final de residuos (paneles, baterías, etc.).

Dada la cantidad de acciones (71), de acuerdo a la metodología utilizada, se aplicó el primer proceso de cribado (filtrado) con base en los criterios que caracterizan a la técnica que se sigue en este capítulo (Gómez Orea *op. cit.*), para seleccionar aquellas acciones concretas: relevantes, excluyentes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables; el significado de estos conceptos es:

Relevantes (R): ajustadas a la realidad del proyecto y potencialmente pueden desencadenar efectos notables sobre determinados factores del ambiente.

Excluyentes (E): no deben encubrir acciones similares que lleven a duplicaciones en la contabilidad de los impactos.

Fácilmente identificables (FI): susceptibles de una definición nítida y de una identificación fácil sobre planos del proyecto.

Localizables (L): atribuibles a una zona o punto concreto del espacio en el cual pretende ubicar el proyecto.

Cuantificables (C): en la medida de lo posible, medibles en magnitudes físicas y, quedar descritas con la mayor aproximación posible en términos de:

- ✓ Magnitud: superficie y volumen ocupados, volúmenes de agua extraídos, cantidades de residuos, etc.
- ✓ Localización espacial,
- ✓ Flujo: caudal de vertidos, emisiones de vehículos, etc., y
- ✓ Momento: en el que produce la acción y plazo temporal en que opera.

Estos conceptos fueron asumidos como atributos de cada acción y, como una herramienta de *praxis* cuando son aplicables al criterios, se adjudica un valor adimensional de 0.2 puntos, en tanto que cuando el alcance de dicho criterio no se cumple en la acción evaluada correspondiente, se adjudica un valor de cero (“0” como valor mínimo, para llegar a un valor teórico conjunto de los cinco criterios, que imprimirán el carácter destacable de cada acción, para que en su expresión máxima la acción más destacada pudiera alcanzar el valor de 1.0.

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 71 acciones, el ejercicio de selección (cribado) permitió obtener un total de 37 acciones destacables (Anexo VIII.V.2) 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.

Tabla V.2: **Cribado de acciones**

ID	Etapas	Componente	Acciones	Criterios de selección					Valor
				R	E	Fi	L	C	
1	Preparación del sitio	Preliminares	Contratación de personal	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.6
2		Trazo	Operación y circulación de vehículos	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
3			Levantamiento topográfico	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
4			Marcaje de áreas	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.8
5		Preparación del terreno	Operación y circulación de vehículos	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.8
6			Desmonte (retiro de vegetación)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
7			Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
8			Excavación	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
9			Compactación	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.8
10			Nivelación	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
11			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
12	Construcción	Estructuras fotovoltaicas	Realización de zanjas para acometida de cables	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6

ID	Etapas	Componente	Acciones	Criterios de selección					Valor
				R	E	Fi	L	C	
13			Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
14			Hincado de fustes	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.8
15			Montaje del seguidor solar a un eje horizontal	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
16			Montaje de los módulos fotovoltaicos	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.8
17			Instalación y conexión a cuadros eléctricos	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
18			Tendido de cables	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
19			Tendido y conexión de red de tierras de la instalación	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
20			Instalación de equipos eléctricos	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
21			Vallado perimetral	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
22			Habilitación de viales internos	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
23			Instalación de equipo de seguridad	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
24			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
25		Subestación eléctrica	Excavación para cimentación	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
26			Realización de cimentaciones	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.6
27			Construcción de fosa séptica	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.8
28			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
29		Línea de transmisión	Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.8
30			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
31		Limpieza del AeP	Remoción obras provisionales	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.8
32	Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.8
33			Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.6
34			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0
35	Abandono del sitio	Planta fotovoltaica y línea,	Despido de personal de ocupación permanente	0.20	0.00	0.20	0.20	0.00	0.6
36			Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.8
37			Demolición de cimentaciones	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.6
38			Generación de residuos (RSU, RME y RP)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.0

V.1.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos

Se denomina “factor” a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo, y agua (Gómez Orea. 2013), así como las consideraciones de índole social. Para el caso del proyecto, se retomó el árbol de factores ambientales obtenido como conclusión del análisis del inventario ambiental realizado en el Capítulo IV de esta MIA-R.

En el proceso seguido en la integración de este capítulo de la MIA-R, del análisis de los elementos constitutivos del ambiente se identificaron 31 subfactores ambientales con susceptibilidad de recibir algún impacto en alguna fase del proyecto (Tabla V.3); dada la importancia de cada uno de estos subfactores todos ellos fueron considerados sin realizar algún cribado.

Tabla V.3: **Factores y subfactores ambientales**

Id	Subsistema	Medio	Factor	Subfactor
1	Físico-natural	Abiótico	Aire	Calidad
2				Confort sonoro
3				Luminosidad
4				Microclima
5			Hidrología	Agua superficial (embalses)
6				Cantidad
7			Suelo	Calidad
8				Compactación
9				Uso de suelo
10				Suelo orgánico
11				Cobertura
12			Procesos del medio inerte	Escorrentías
13				Erosión
14				Infiltración
15		Biótico	Fauna	Riqueza y abundancia
16				Tamaño de las poblaciones
17				Hábitat
18				Endemismo y especies en riesgo
19				Grupos vulnerables (aves e insectos)
20			Flora	Riqueza y abundancia
21				Tamaño de las poblaciones
22				Endemismo y especies en riesgo
23				Cobertura
24				Patrones de dispersión de semillas
25			Procesos del medio biótico	Comportamiento individuos de fauna
26				Movilidad de especies
27				Área y recursos de alimentación
28				Fragmentación de áreas con vegetación natural
29				Rutas migratorias
30				Microambientes
31		Perceptual	Paisaje	Calidad
32				Integridad
33				Conectividad
34				Identidad rural
35				Contraste visual
36				Conexión cultural
37	Socioeconómico	Población	Condición de ocupación	Empleo
38				Aceptación social
39				Acceso a la tierra (tenencia)
40		Actividades y Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica
41				Estructura de vialidades rurales
42				Infraestructura comunitaria
43				Yacimientos arqueológicos

El significado de cada factor destacable, en términos de un pronóstico de impacto ambiental, se resume en la tabla V.4 para los subfactores destacables en términos que permitan su evaluación cualitativa o cuantitativa, a través de los indicadores de impacto que se apliquen.

Tabla V.4: **Descripción de los efectos destacables.**

Factor		Efectos sobre el subfactor
Aire	1	**Calidad:** expresión perceptible de los contaminantes la contaminación del aire por cualquiera de los sentidos.
	2	**Confort sonoro**: grado de bienestar en función del nivel de ruido existente durante el día
	3	**Luminosidad:** cantidad e intensidad de luz disponible en un entorno natural o artificial, que influye directamente en los procesos fisiológicos, ecológicos y comportamentales de los seres vivos.
	4	**Microclima**: El conjunto de condiciones climáticas (temperatura, humedad, luz, viento, etc.) que prevalecen en un área muy reducida y que pueden diferir significativamente del clima general de la región
Agua	5	**Agua superficial**: el agua que se encuentra sobre la superficie de un terreno, de manera natural o artificial como un estanque, embalse o corriente, bien sea intermitentes o permanentes .
	6	**Cantidad**: cantidad relativa de pérdida de agua en la subcuenca o en la cuenca hidrológica.
Suelo	7	**Calidad**: se refiere a la interacción entre sus componentes físicos, químicos y biológicos. Las características fisicoquímicas del suelo son importantes para su clasificación y ordenamiento ambiental, ya que pueden indicar su susceptibilidad a la contaminación, la desertificación, la degradación y su estabilidad fértil.
	8	**Compactación**: La alteración física del suelo que reduce su porosidad y aumenta su densidad, generalmente causada por el paso frecuente de maquinaria pesada, vehículos o pisoteo intensivo, lo que limita la infiltración de agua, el intercambio gaseoso y el desarrollo de raíces.
	9	**Uso de suelo**: modificación del uso que actualmente se le da al suelo en el área.
	10	**Suelo orgánico**: se forma por la acumulación de materia vegetal que no está descompuesta o está ligeramente descompuesta en un ambiente anegado.
	11	**Cobertura**: La proporción o grado en que la superficie del suelo está cubierta por elementos naturales o artificiales, como vegetación (herbácea, arbustiva, arbórea), residuos vegetales, piedras, construcciones o infraestructuras.
Procesos del medio abiótico o inerte (suelo y agua)	12	**Escorrentías**: es el agua que se mueve por la superficie o debajo de la tierra como consecuencia de las precipitaciones.
	13	**Erosión**: pérdida evidente de las capas superficiales o subsuperficiales del suelo por arrastres derivados de su remoción o de la pérdida de vegetación.
	14	**Infiltración**: disminución en la infiltración en las áreas selladas o compactadas.
Fauna	15	**Riqueza y abundancia**: variación en el espacio y en el tiempo de los indicadores de diversidad (riqueza, abundancia) de las especies presentes en los terrenos a partir de los indicadores de la línea base.
	16	**Tamaño de las poblaciones**: es el número de individuos que la componen. Este número puede variar a lo largo del tiempo debido a diversos factores.
	17	**Hábitat:** las alteraciones sobre el espacio físico y funcional donde vive una especie o comunidad biológica, que proporciona las condiciones necesarias para su supervivencia, crecimiento y reproducción, incluyendo alimento, refugio, agua y relaciones ecológicas.
	18	**Endemismos y especies en riesgo**: disminución de la presencia evidentes de especies endémicas o con estatus de riesgo (NOM-059), atribuibles a presiones externas de carácter permanente.
	19	**Grupos vulnerables (aves e insectos)**: aquellas especies cuya biología, comportamiento o requerimientos ecológicos las hacen particularmente sensibles a las alteraciones del hábitat, al cambio en los patrones de luz, temperatura, ruido o a la presencia de estructuras físicas asociadas a un parque fotovoltaico.
Flora	20	**Riqueza y abundancia**: variación en el espacio y en el tiempo de los indicadores de diversidad (riqueza, abundancia) de las especies presentes en los terrenos a partir de los indicadores de la línea base

Factor		Efectos sobre el subfactor
	21	**Tamaño de las poblaciones**: es el número de individuos que la componen. Este número puede variar a lo largo del tiempo debido a diversos factores.
	22	**Endemismo y especies en riesgo**: disminución de la presencia evidentes de especies endémicas o con estatus de riesgo (NOM-022), atribuibles a presiones externas de carácter permanente.
	23	**Cobertura:** la remoción de la cobertura vegetal deja al suelo descubierto, reduciendo las comunidades vegetales presentes.
	24	**Patrones de dispersión de semillas**: se pueden caracterizar por la distancia con respecto a la planta fuente, el hábitat de destino y el grado de agregación de semillas y excrementos.
Procesos del medio biótico	25	**Comportamiento de individuos de fauna**: es el conjunto de acciones y respuestas que realizan en relación con su entorno, otros individuos y eventos específicos.
	26	**Movilidad de las especies**: alteración de los patrones de movimiento de las especies (estacionales = migraciones) o en ciclos más cortos (locales o regionales). Posibilidades de desplazamiento por modificación de áreas de crías, alimentación, abrigo, cobijo, invernada, etc.
	27	**Área y recursos de alimentación**: donde se alimentan de los recursos naturales disponibles en su hábitat y la disponibilidad de éstos.
	28	**Fragmentación de áreas con vegetación natural**: proceso que consiste en la división de grandes zonas boscosas en trozos más pequeños, lo que provoca la pérdida de continuidad de un ecosistema
	29	**Rutas migratorias**: incidencias sobre el trayecto o corredor que siguen regularmente ciertas especies de animales (especialmente aves, murciélagos, insectos y mamíferos) durante sus desplazamientos estacionales entre áreas de reproducción, alimentación o refugio.
	30	**Microambientes**: modificaciones de un espacio limitado en el que se reproducen las condiciones que requieren algunos animales y plantas para vivir.
Paisaje	31	**Calidad**: alteraciones potenciales a las unidades o unidad de paisaje, incidiendo en sus méritos de excelencia o méritos de conservación.
	32	**Integridad**: es un proceso que se produce cuando una cobertura natural se divide en secciones o parches más pequeños, lo que afecta la estructura del paisaje y la biodiversidad.
	33	**Conectividad:** es la facilidad o dificultad que presenta el paisaje para que las especies se muevan entre parches de hábitat. La conectividad del paisaje es importante para la biodiversidad, ya que la pérdida y fragmentación de hábitats son amenazas que afectan los procesos biológicos de las especies.
	34	**Identidad rural**: el cambio sobre la configuración territorial y visual que refleja la interacción prolongada entre comunidades rurales y su entorno natural, 35caracterizada por elementos culturales, agrícolas, ecológicos y simbólicos que conforman la identidad colectiva de quienes habitan y utilizan ese espacio.
	35	**Contraste visual:** La diferencia perceptible entre los elementos introducidos por una intervención humana (como edificaciones, infraestructura o maquinaria) y las características naturales o tradicionales del entorno visual existente.
	36	**Conexión cultural: a**lteraciones de los vínculos históricos y simbólicos que establecen las personas o comunidades con un territorio específico, a través de prácticas, creencias, conocimientos, modos de vida y significados que se desarrollan y transmiten en relación con ese entorno.
Condición de ocupación	37	**Empleo:** generación de empleos temporales.
	38	Aceptación social: El grado en que la comunidad local, actores sociales y grupos de interés reconocen, apoyan o toleran la implementación del proyecto, en función de sus percepciones, expectativas, beneficios percibidos, afectaciones y su participación en el proceso de toma de decisiones.

Factor		Efectos sobre el subfactor
	39	**Acceso a la tierra (tenencia):** variaciones a la situación legal, social y administrativa que define quién posee, controla, usa o tiene derechos sobre el terreno donde se pretende instalar el proyecto, y cómo esos derechos afectan la viabilidad, legitimidad y sostenibilidad de la intervención.
Infraestructura	40	Infraestructura eléctrica: modificación a las características de la infraestructura eléctrica establecida en el SAR.
	41	Estructura de vialidades rurales: incidencia sobre la red carretera y caminos existentes.
	42	**Infraestructura comunitaria**: El conjunto de bienes, servicios e instalaciones de uso colectivo que satisfacen necesidades básicas de la población local (como transporte, agua, educación, salud, comunicación o espacios sociales), y cuya disponibilidad, funcionalidad o acceso puede verse afectado positiva o negativamente por la implementación del proyecto.
	43	**Yacimientos arqueológicos**: La presencia, potencial o evidencia documentada de restos materiales, estructuras, sitios ceremoniales o vestigios culturales de valor histórico y patrimonial, que forman parte del legado arqueológico de una región y cuya integridad podría verse comprometida por actividades de construcción o modificación del terreno.

V.1.1.3 Matriz de Interacciones

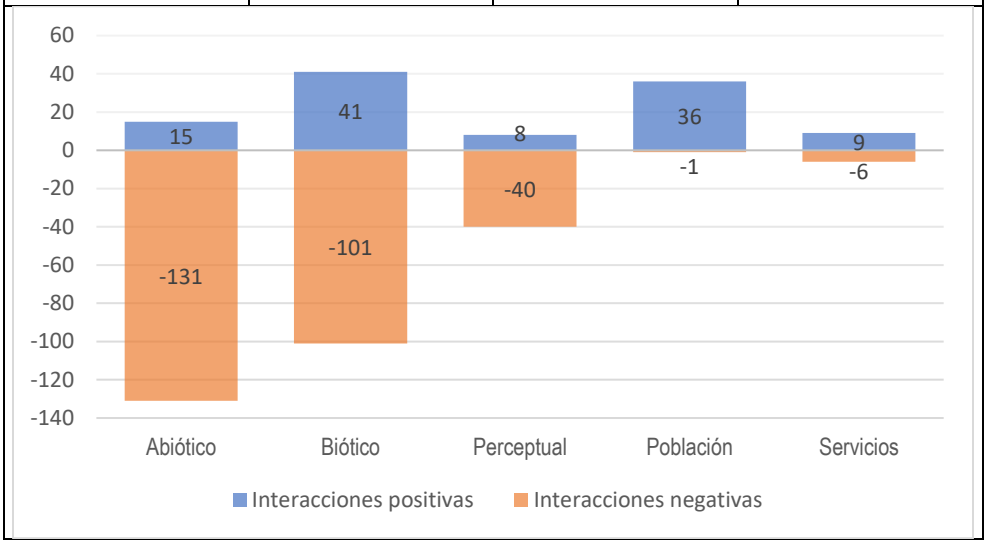
La relación final de acciones seleccionadas y la relación de factores del ambiente permitieron (anexo VIII.V.3), en la cual se identificaron 388 interacciones entre las 38 acciones del proyecto y los 43 subfactores del ambiente, hipotéticamente podrían registrar un total de hasta 1,634 interacciones, en el hipotético e inviable caso de que para cada subfactor se registrará una interacción con una acción del proyecto, por lo que las 388 estimadas en el ejercicio representan un 23.74%. En este ejercicio, de manera preliminar podría considerarse que este valor representa, el efecto potencial del proyecto en el ambiente y que su afectación no alcanzaría niveles de importancia, lo cual podría asumirse solo por el número de interacciones que es menor al 25% (la cuarta parte del total de interacciones potenciales pero no factibles de ocurrencia); sin embargo se destaca que la relevancia de los impactos sobre el ambiente deriva de varios otros aspectos que derivan de la incidencia específica de cada impacto

A partir de este ejercicio se vislumbran que el medio que registra más interacciones (y potencialmente más impactos) es el medio abiótico con 146 interacciones y el medio con menor registros fue el de servicios (Tabla V.5).

Tabla V.5**: Interacciones con el medio**

Medio	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Abiótico	146	15	131
Biótico	142	41	101
Perceptual	48	8	40
Población	37	36	1
Servicios	15	9	6

Total	388	109	279



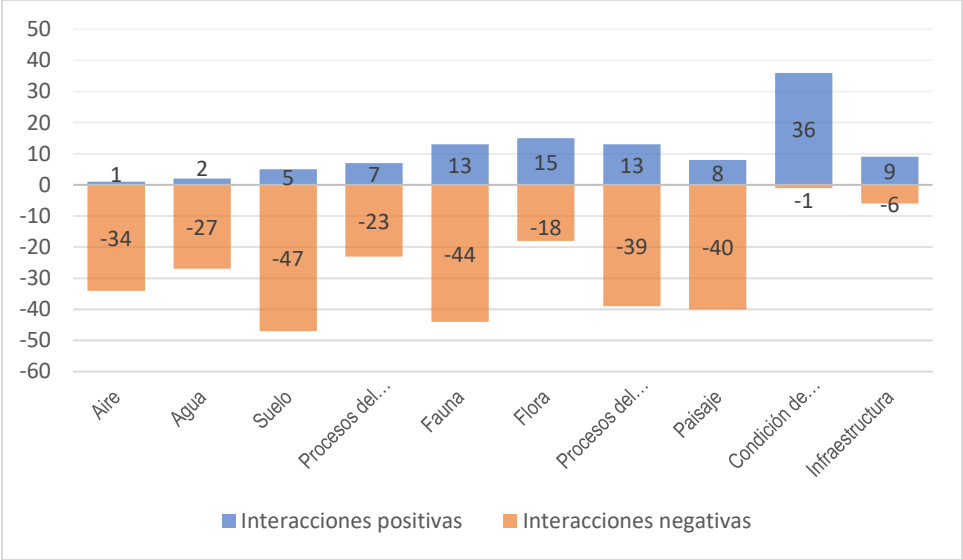
Con base en el número de interacciones identificadas el pronóstico desarrollado indica que el factor ambiental que podría recibir el mayor número de efectos negativos es el suelo con el 16.8% de los 388 efectos totales del proyecto; ello principalmente por las acciones sobre su calidad, suelo orgánico, compactación y uso de suelo; le sigue en cuantificación la fauna en lo relativo a su riqueza y abundancia, tamaño de sus poblaciones, hábitat y endemismo y especies en riesgo con el 15.8% de interacciones. Los factores del ambiente vivo (biótico) tienen un comportamiento uniforme, con poco más del 36% de efectos que potencialmente pueden recibir la fauna, la flora y los procesos propios de estos elementos constitutivos del ecosistema (Tabla V.6).

El resto de los factores ambientales tiene índices cualitativos muy bajos: desde el 9.7% hasta el 0.4%, señal anticipada de que su susceptibilidad a evidenciar algunas alteraciones por efecto del establecimiento del proyecto, no parece ser relevante.

Tabla V.6: **Interacciones con el factor**

Factor	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Aire	35	1	34
Hidrología	29	2	27
Suelo	52	5	47
Procesos del medio inerte	30	7	23
Fauna	57	13	44
Flora	33	15	18
Procesos del medio biótico	52	13	39

Factor	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Paisaje	48	8	40
Condición de ocupación	37	36	1
Infraestructura	15	9	6
Total	**388**	**109**	**279**

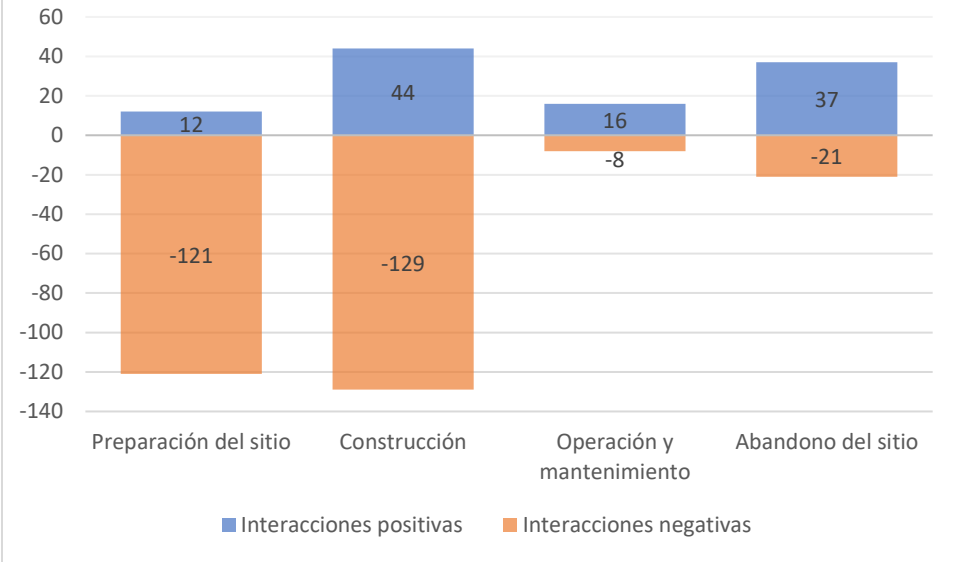


La etapa en la que se generará el mayor número de interacciones con el medio es en la construcción la cual incidirá en poco más del 44% de las 388 interacciones y las etapas en las que se generará el menor número de interacciones es durante la operación y mantenimiento (Tabla V.7).

Tabla V.7: **Interacciones que se generarán en cada etapa del proyecto**

Etapa	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Preparación del sitio	133	12	121
Construcción	173	44	129
Operación y mantenimiento	24	16	8
Abandono del sitio	58	37	21
Total	**388**	**109**	**279**

Etapa	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas



V.1.1.4 Nominación de los impactos

El avance alcanzado con la determinación de las interacciones proporciona la base para realizar una agrupación y una depuración de las interacciones con base en su naturaleza y en el o los efectos ambientales sobre el factor en el que incide (Tabla V.8); ello deriva de la repetibilidad de efectos de alcance idéntico ocasionados por diferentes acciones del proyecto sobre un mismo factor.

Tabla V.8: **Depuración y agrupamiento de las interacciones para definir los efectos traducidos en impactos ambientales**

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
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	-

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
			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.	**[-,+]**
	Hidrología	Agua superficial (embalses)	5 Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento del parque fotovoltaico pueden incidir negativamente sobre el agua superficial de los pequeños embalses cercanos (jagüeyes), especialmente si estos cuerpos de agua no son considerados en el diseño y gestión del proyecto	**-**
		Cantidad	6 Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento del parque fotovoltaico pueden incidir negativamente en la cantidad de agua superficial, principalmente por la modificación de los cauces de escurrimientos pluviales, la pérdida de cobertura vegetal y el cambio en la dinámica de escurrimiento e infiltración.	**-**
	Suelo	Calidad	7 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	8 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	9 Pérdida de áreas agrícolas por la implementación del proyecto	**-**
		Suelo orgánico	10 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	**-**

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
			la alteración de la dinámica biológica del suelo.	
		Cobertura	11 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	12 Alteración puntual del curso de escorrentías	-
		Erosión	13 Incremento en el proceso en que se va perdiendo la capa superficial del suelo, ya sea por acción del viento o el agua	-
		Infiltración	14 Posible reducción puntual de la infiltración	-
Biótico	Fauna	Riqueza y abundancia	15 Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto	-
		Tamaño de las poblaciones	16 Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento del proyecto pueden incidir de forma significativa 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	17 Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto	-
		Endemismo y especies en riesgo	18 Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-
		Grupos vulnerables (aves e insectos)	19 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 que puede comprometer su permanencia, reproducción o funciones ecológicas.	-
	Flora	Riqueza y abundancia	20 La reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales (riqueza) y del número de individuos o	-

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
			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.	
		Tamaño de las poblaciones	21 Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos i alteración del hábitat.	-
		Endemismo y especies en riesgo	22 Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-
		Cobertura	23 Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto	-
		Patrones de dispersión de semillas	24 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 vegetación, podrá limitar la dispersión zoocórica.	-
	Procesos del medio biótico	Comportamiento individuos de fauna	25 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,	-

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
			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 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	26 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	27 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	28 Posible aislamiento de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	-
		Rutas migratorias	29 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	30 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	Paisaje	Calidad	31 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)	Signo
		Integridad	32 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	33 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	34 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	35 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	36 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	37 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	38 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 comunidades rurales o con fuerte vinculación al territorio. La falta de diálogo, beneficios tangibles, transparencia y respeto por los valores	-

Medio	Factor	Subfactor	Descripción del efecto (impacto)	Signo
			locales puede generar desconfianza, conflictos y rechazo hacia el proyecto.	
		Acceso a la tierra (tenencia)	39 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	40 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	41 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	42 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**.**	**-**
		Yacimientos arqueológicos	43 La construcción y operación del proyecto, potencialmente puede afectar negativamente la presencia y la integridad de los yacimientos ecológicos dispersos, pequeños y soterrados**,** especialmente, particularmente de aquellos que pudieran no haber sido previamente identificados, evaluados o considerados en la planificación del proyecto.	**-**

En este sentido, se prevé la posible presencia de 43 impactos, tres de los cuales pueden ser de carácter mixto (en un escenario pueden ser negativos y en otro, positivos) y los 40 restantes, son de carácter negativo (Tabla V.9), aun no calificados

como significativos o no; cabe mencionar que solo serán evaluados los impactos negativos en cuanto su incidencia y magnitud, ya que la finalidad de la EIA es evaluar los efectos que causan al ambiente, así como su posible mitigación, reducción o compensación, en tanto que, en estricto sentido, para los impactos positivos debe propiciarse su magnificación.

Tabla V.9: **Relación de impactos potenciales a ser generados por el proyecto**

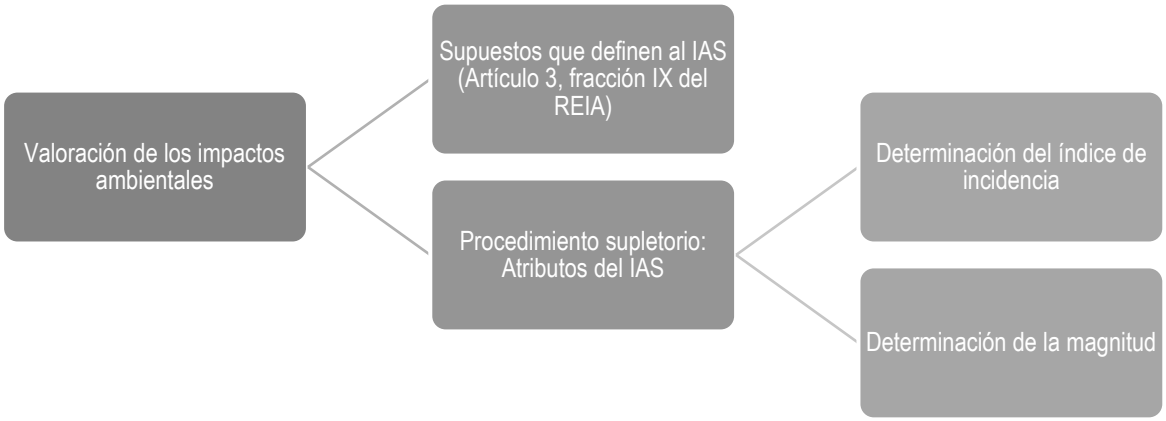
ID	Impacto
1	Afección potencial de la calidad del aire, principalmente por actividades de preparación del sitio, obras y traslado de materiales.
2	Alteración potencial, negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto.
3	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.
4	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.
5	Afectación en la estabilidad y uso de los embalses superficiales (jagüeyes) cercanos al proyecto.
6	Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de los escurrimientos pluviales y la pérdida de cobertura vegetal.
7	Alteración físico – química y biológica del suelo poa afectación de su estructura y características edafológicas.
8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.
9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.
10	Reducción en el disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.
11	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.
12	Alteración puntual del curso de las escorrentías.
13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial del suelo, por acción del viento y el agua
14	Posible reducción puntual de la infiltración
15	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto
16	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.
17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto
18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo
19	Afectación potencial de especies vulnerables, por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).
20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.
22	Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo
23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto
24	Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.
25	El proyecto puede transformar el hábitat y afectar la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de actividad y provocando estrés o abandono. También puede alterar el microclima e,

ID	Impacto
	hipotéticamente confundir a especies polarotácticas (ves e insectos acuáticos) por el efecto espejo de los paneles, lo que podría disminuir la riqueza y abundancia de fauna local.
26	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
27	Disminución potencial
28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.
29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.
30	Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.
31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno
32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33	Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34	Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultura.
35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultura del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.
37	Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado).
38	Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto.
39	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra
40	Variaciones potenciales en el comportamiento de la infraestructura eléctrica del SAR.
41	Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
42	Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario.
43	Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.

V.1.2 Valoración de impactos

El siguiente paso en la aplicación de la metodología para la evaluación de los impactos ambientales, es la valoración de los impactos detectados para determinar su significancia. Esta etapa del proceso se abordó en dos fases: en la primera, se identificó la significancia con bases cualitativas y tomando como referencia el alcance de la definición de impacto significativo que establece la fracción IX del artículo 3° del RLGEEPAMEIA. Mientras que la segunda se basó en la propuesta de Gómez Orea (*op. cit.*), modificada que permite aplicar las definiciones y disposiciones del marco jurídico que regula este procedimiento (LGEEPA y su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental) (Figura V.2).

Figura V.2: Procedimiento para valorar la significancia de los impactos ambientales



V.1.2.1 Determinación de significancia

Como se ha mencionado con anterioridad, el primer procedimiento en la valoración de los impactos se ajustó a los lineamientos de la normatividad, en particular a las disposiciones del reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental[9] y, en tal sentido, toda vez que la Ley (LGEEPA) dispone en la fracción XXI de su artículo 3° que la manifestación de impacto ambiental es 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 y, sobre la base de la definición que establece la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA/LGEEPA), el cual define que:

El impacto ambiental significativo o relevante es aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

En este sentido, asumiendo que el texto antes transcrito es de naturaleza conjuntiva y, los alcances de la hermenéutica de esta definición define a aquella que implica el que para que un impacto sea significativo éste debe satisfacer todos los supuestos que relaciona esa definición y, en consecuencia resulta de importancia sustantiva para la técnica que se desarrolla definir el significado con el cual se aplicaran los conceptos siguientes:

- Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales,
- Alteración de la salud,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos,
- Obstaculización de la continuidad de los procesos naturales.

En tal sentido, la acepción con la que se asumen los conceptos anteriores en la determinación del impacto significativo se describe a continuación (Tabla V.10).

Tabla V.10: **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 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.

Vista así, la definición del concepto impacto ambiental significativo, resulta de una aplicabilidad difícil de satisfacer para los efectos sobre los factores del ambiente que puede generar el proyecto en evaluación; en la práctica, este tipo de impactos,

acotados al cumplimiento de todos y cada uno de los supuestos referidos en la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental[ii], resulta casi imposible de que ocurran dado el alcance extremo de algunos de esos supuestos descritos en la tabla anterior; por ejemplo el que un impacto incida sobre la existencia y desarrollo de las personas, implicaría alcanzar un estatus de daño que el común de los proyectos no registra, lo mismo el cambiar la esencia de los ecosistemas y/o de los recursos naturales ubicados en el área de influencia del proyecto o, en un alcance aún más extremo y en la aplicación literal del texto del Reglamento, el que un impacto **obstaculice los procesos naturales** y con ello alcance nivel de significancia implicaría prácticamente un efecto perturbador de dimensiones poco comunes y que no se predice que puedan ocasionar las afectaciones potenciales del parque solar.

Para determinar si alguno de los impactos negativos que podría generar el proyecto y que han sido identificados en este capítulo, 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 V.11).

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 37 impactos negativos del proyecto

Tabla V.11: **Determinación de la significancia de los impactos**

[ii] Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000. Última Reforma DOF 31-10-2014.

ID	Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA							IAS
			ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA			
			Hombre	Naturaleza	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 potencial de la calidad del aire, principalmente por actividades de preparación del sitio, obras y traslado de materiales.	-	X	X	X	X	No	No	No	No
2	Alteración potencial, negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto.	-	X	X	X	X	No	No	No	No
3	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.	-	X	No	X	No	No	No	No	No
4	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.	[-,+]	X	No	No	No	No	No	No	No
5	Afectación en la estabilidad y uso de los embalses superficiales (jagüeyes) cercanos al proyecto.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
6	Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de los escurrimientos pluviales y la pérdida de cobertura vegetal.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
7	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
10	Reducción en el disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
11	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.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
12	Alteración puntual del curso de las escorrentías.	-	X	X	No	No	No	No	No	No
13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial del suelo, por acción del viento y el agua	-	X	X	No	No	No	No	No	No
14	Posible reducción puntual de la infiltración	-	X	No	No	No	No	No	No	No
15	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto	-	X	No	X	No	No	X	No	No
16	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.	-	X	No	X	No	No	X	No	No

ID	Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA							IAS
			ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA			
			Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto	-	X	No	X	No	No	X	No	No
18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-	X	No	X	No	No	X	No	No
19	Afectación potencial de especies vulnerables, por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).	-	X	No	X	No	No	X	No	No
20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos i alteración del hábitat.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
22	Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-	X	No	X	No	No	X	No	No
23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto	-	X	No	X	No	No	X	No	No
24	Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
25	El proyecto puede transformar el hábitat y afectar la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de actividad y provocando estrés o abandono. También puede alterar el microclima e, hipotéticamente confundir a especies polarotácticas (ves e insectos acuáticos) por el efecto espejo de los paneles, lo que podría disminuir la riqueza y abundancia de fauna local.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
26	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	-	X	No	X	No	No	X	No	No
27	Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación, para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat en los agroecosistemas	-	X	No	X	No	No	X	No	No
28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
30	Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.	-	X	No	X	No	No	X	No	No
31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno	-	X	X	X	No	No	X	No	No
32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.	-	X	X	X	No	No	X	No	No

ID	Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del RLGEEPAMEIA							IAS
			ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA			
			Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
33	Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.	-	X	X	X	No	No	X	No	No
34	Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultura.	-	X	X	X	No	No	X	No	No
35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.	-	X	X	X	No	No	X	No	No
36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultura del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.	-	X	X	X	No	No	X	No	No
37	Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado).	-	X	No	No	No	No	No	No	No
38	Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
39	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra	-	X	No	No	No	No	No	No	No
40	Variaciones potenciales en el comportamiento de la infraestructura eléctrica del SAR.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
41	Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
42	Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario.	-	X	No	No	No	No	No	No	No
43	Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.	-	X	No	No	No	No	No	No	No

Considerando los resultados obtenidos de la identificación de significancia se arribó a la conclusión de que ninguno de los impactos 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 impacto ambiental. Se destaca que la interpretación sistemática, armónica, gramatical e integral de las definiciones de cada uno de los supuestos que señala la fracción invocada, 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 29 impactos negativos del proyecto.

Derivado de lo anterior, fue preciso aplicar un procedimiento supletorio, dicha técnica establece que una vez identificados los impactos es necesario determinar, su valor de la incidencia.

V.1.2.2 Determinación de la incidencia

Ante la carencia de impactos significativos acotados a la definición del RLGEEPAMEIA, se desarrolló un ejercicio complementario de valoración el cual utilizó los 10 atributos de impacto propuestos por Gómez Orea (*op. cit.*) (Tabla V.10)

No se debe perder de vista que este procedimiento no sustituye lo que se establece en el RLGEEPAMEIA, por el contrario, lo complementa y tiene como objetivo valorar aquellos impactos que, sin llegar a ser significativos (según los alcances establecidos en la definición del RLGEEPAMEIA) son destacables por el efecto que pudieran llegar a ocasionar sobre algún factor del ambiente, en el contexto general de los impactos identificados. A los impactos que alcanzaron los puntos más altos en esta valoración se les denominó “impactos destacables”, lo que en un sentido amplio podría equivaler a sinónimo de significancia, pero acotado a estándares diferentes.

A los atributos se les asigna un valor que oscila entre 1 y 3, dependiendo de la severidad con que se manifiestan.

Tabla V.12: **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
	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

ATRIBUTO	CARÁCTER DEL ATRIBUTO	INTERPRETACIÓN	CÓDIGO/ VALOR
	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[iii] 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 V.11)

Tabla V.13**: Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados**

CATEGORÍA	INTERPRETACIÓN	INTERVALO D 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

Los resultados obtenidos con la aplicación de este modelo permitieron conocer la incidencia de cada impacto (la incidencia se refiere a la severidad y forma de alteración, la cual viene definida por los atributos que se detallan en la tabla V.11, que caracterizan dicha alteración) y con base en la incidencia la categoría de destacabilidad, misma que pudiera ser homologada a “significancia”, sin embargo dado que la definición reglamentaria tiene otro alcance y otro significado, en esta MIA-R se opta por no utilizar ese término; el ejercicio desarrollado con los 29 impactos preliminares permitió reconocer 34 impactos destacables, 3 impactos no significativos y 7 impactos despreciables (ANX.VIII.2).

[iii] 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.

V.1.3 Descripción y determinación de magnitud de los impactos destacables

El sub proceso de valoración de los impactos ambientales se sustenta en la cantidad y calidad del factor ambiental alterado, de la importancia o contribución de dicho factor a la calidad del ambiente respectivo, del 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 (ANX.VIII.V.1).

V.1.3.1 Indicadores de impacto

La magnitud de las alteraciones potenciales o impactos sobre un factor ambiental puede expresarse de diferentes maneras según la naturaleza, el estado y las características de cada factor y de la unidad de medida que se pretenda utilizar; un mecanismo adoptado para cuantificar la magnitud de un impacto es el empleo de indicadores de impacto[iv].

Es conveniente destacar que, dado que cada indicador de impacto ambiental tiene entre sus principales fundamentos a la calidad del ambiente en el cual se inserta el proyecto, resulta obvio que, en la medida en que el ambiente se encuentra alterado en relación a sus características naturales, el uso de esta herramienta pierde su utilidad y su empleo se restringe a los factores más conspicuos. En este sentido, las características del Sistema Ambiental Regional donde pretende instalarse el proyecto, según se puso en evidencia en el Capítulo IV, corresponden a ambientes totalmente alterados, con una alteración radical de la integridad funcional de sus ecosistemas al haber transformado en agrícola parte del polígono, lo que obliga a adoptar indicadores “acordes” a tales realidades.

Es un hecho reconocido por los especialistas (Gómez Orea, *Op. Cit*.) que hay impactos cuyas características y por su naturaleza hacen extremadamente difícil, identificar un indicador representativo, por lo que para ellos fue preferible valorarlos cualitativamente ya que su conjunto representa la “fracción no cuantificable del impacto”.

No se debe perder de vista que el resultado más importante de este proceso es el que evidencia que, aplicando como se debe aplicar, la definición del impacto ambiental significativo que ofrece la fracción IX del artículo 3 del RLGEEPAMEIA, en este proyecto no se identifica ningún impacto ambiental de esa naturaleza.

Para determinar el valor de la magnitud, la técnica empleada recomienda el uso de los criterios utilizados por la comunidad científica o los establecidos por la legislación para predecir los cambios desencadenados por cada acción del proyecto sobre el factor ambiental respectivo; en algunos casos se utilizan:

a. Modelos de difusión y dispersión atmosférica,
b. Modelos de vulnerabilidad a la contaminación,

[iv] Indicador de impacto ambiental: es la expresión a través de la cual se mide de forma cuantificada el impacto; es una medida que deriva de la diferencia entre el valor del indicador “con” y “sin” el proyecto.

c. Modelos de evaluación y comportamiento de suelo, agua y aire,
d. Métodos para el análisis de ruido y modelos de dispersión de ruido,
e. Métodos y modelos para inventariar y valorar el paisaje,
f. Métodos de investigación social,
g. Modelos de calidad de vida incluyendo indicadores económicos,
h. Predicción de efectos sobre la salud, e
i. Indicadores de impacto.

De todas estas propuestas u opciones para determinar la magnitud del impacto, el empleo de indicadores resulta la que mayor aplicabilidad puede tener en el ejercicio de determinación del valor de magnitud de cada uno de los impactos destacables identificados, esto se enfoca así para alinear la congruencia al alcance que le asigna la LGEEPA a una Manifestación de impacto ambiental en la fracción XXI de su artículo tercero, al establecer que en ese documento (la MIA) deberán darse a conocer los impactos significativos o relevantes, y, con este ejercicio se está incidiendo en un alcance.

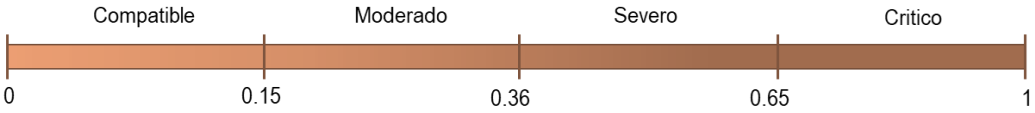
V.1.3.2 Estimación de la magnitud

Para este tipo de impactos la determinación de su magnitud puede alcanzarse con el empleo de indicadores de impacto ambiental. En estos casos, la magnitud del impacto se medirá por la diferencia entre el indicador en las situaciones “sin” y “con” proyecto.

En este punto es importante destacar que, dada la naturaleza del impacto y del factor y/o subfactor del ambiente sobre el que incide, algunos indicadores serán cuantitativos, cuando el indicador que defina al impacto de la manera más objetiva puede ser diseñado a partir de registros levantados en campo, mientras que, otros, serán valorados con indicadores cualitativos ya que su naturaleza no permite valorarlos cuantitativamente, se trata así de los impactos que representan la “fracción no cuantificable del impacto”.

La técnica empleada establece que en esta etapa es necesario transformar la magnitud del impacto medido en unidades heterogéneas a unidades homogéneas, adimensionales de valor ambiental, operación que se hace traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1, (Figura V.3) donde 1 corresponde al impacto máximo posible de alcanzar.

Figura V.3: **Escala de calificación del impacto**



A continuación, se presenta la descripción de los impactos ambientales agrupados por el factor ambiental en el que inciden y la magnitud de aquellos impactos destacables con indicadores cuantitativos identificados en la presente MIA-R.

Tabla V.14: Cédula 1 de impactos ambientales potenciales (1/)
(Factor ambiental aire)

3. Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

4. Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

Factor en el que incide	Aire	**Subfactor en el que incide**	Luminosidad Microclima	**Etapas**			
				PS	**C**	**OyM**	**A**
				x	x		x
Síntesis descriptiva	**Impacto 3**: Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria. 1. **Naturaleza:** ○ **Física** y **visual**, ya que altera las condiciones naturales de luz del entorno. ○ **Indirecta**, pues no afecta directamente los ecosistemas como una descarga de contaminantes, pero sí modifica condiciones clave para la fauna y la percepción del paisaje. 2. **Duración:** ○ **Corta a mediana**, limitada principalmente a la fase de construcción (semanas o meses). ○ Puede repetirse de forma intermitente durante el mantenimiento si se requiere trabajo nocturno. 3. **Frecuencia:** ○ **Discontinua** pero puede ser **frecuente** si las actividades nocturnas son necesarias. 4. **Reversibilidad:** ○ **Alta**, ya que al cesar la fuente de iluminación artificial, el entorno puede recuperar sus condiciones naturales, aunque algunas especies sensibles podrían necesitar tiempo. 5. **Escala espacial:** ○ **Local**, pero puede tener implicaciones en zonas adyacentes, especialmente en ecosistemas abiertos o en corredores biológicos. 6. **Afectaciones ecológicas potenciales:** ○ **Fauna nocturna**: aves, murciélagos, insectos (como polinizadores) pueden alterar sus patrones de actividad, alimentación o reproducción. ○ **Desorientación de especies migratorias**. ○ **Modificación de la estructura trófica** si se alteran los comportamientos de depredadores nocturnos. 7. **Afectaciones humanas potenciales:** ○ Molestias visuales para comunidades cercanas. ○ Alteración de la percepción del paisaje natural. Indicador a utilizar: índice de luminancia medido en *lux* RI índice de luminancia de desarrolla durante las etapas en las cuales se registra el uso de luminarias, faor o fanales, principalmente para las actividades de construcción en el área de establecimiento del proyecto. Se determina mediante el siguiente modelo: $$Il_{(lux)} \frac{l_1 - l_{an}}{Id_{E1}}$$						

3. Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

4. Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

En el cual:

$I_{(lux)}$ = luminancia medida en luxes
L_1 =Luminosidad en el entorno 1,
Lan = luminosidad ambiental antes de la presencia de luminarias, lámparas o fanales,
Ld_{E1} = luminosidad determinada en el entorno 1

La medida de luminosidad ***lux*** **(lx)** se interpreta como la cantidad de luz visible que incide sobre una superficie, es decir, la iluminancia. Es una medida fotométrica, que tiene en cuenta cómo el ojo humano percibe la luz. Genéricamente se utiliza un luxómetro digital para levantar sus registros en campo.

Definición técnica de lux:

1 lux = 1 lumen por metro cuadrado (lm/m²)

- Lumen (lm)**:** unidad que mide el flujo luminoso total emitido por una fuente de luz.
- Lux**:** indica cuánta de esa luz realmente "cae" o ilumina una superficie.

Ambientalmente el impacto se interpretará de la siguiente forma:

- Luminosidad baja (<1 lx): corresponde a los niveles naturales en ambientes nocturnos. Muchas especies están adaptadas a estas condiciones.
- Luminosidad moderados (1–10 lx): puede alterar la actividad de algunas especies nocturnas (insectos, murciélagos, anfibios).
- Luminosidad alta (>10 lx): suele considerarse intrusivos para la fauna y para la calidad del cielo nocturno (contaminación lumínica significativa).

Ejemplos prácticos de niveles de lux

Entorno o situación	Iluminancia típica
Noche sin luna (zona rural)	0.001 – 0.01 lx
Noche con luna llena	0.1 – 0.3 lx
Calle urbana bien iluminada	10 – 30 lx
Interior de una casa con luz tenue	50 – 100 lx
Oficina o aula bien iluminada	300 – 500 lx
Día nublado al aire libre	1,000 – 5,000 lx
Mediodía soleado (luz solar directa)	50,000 – 100,000 lx

Tipo de impacto (a/):

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leve
Por su reversibilidad	Irreversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	No

3. Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

4. Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

Impacto 4**: Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.**

Los paneles solares pueden afectar el microclima del suelo bajo ellos debido a cambios en la radiación solar, temperatura, humedad y circulación del aire. los principales efectos son :

1. **Reducción de la radiación solar directa (Barron_Gafford *et al*. 2016)**[10] **y (Armonstrong et al. 2014)**[11]

- Los paneles bloquean parcialmente la luz solar, lo que disminuye la insolación directa sobre el suelo.
- Esto reduce la temperatura del suelo durante el día, pero puede aumentar ligeramente la temperatura nocturna al actuar como una barrera térmica.

2. **Modificación de la temperatura**

- **Menor oscilación térmica**: El suelo bajo los paneles suele ser más fresco en el día y más cálido en la noche, en comparación con áreas expuestas.
- Este efecto depende del ángulo de inclinación, la altura del montaje y la densidad de los paneles.

3. **Aumento de la humedad relativa del suelo**

- La sombra reduce la evaporación del agua en el suelo, por lo que puede conservarse más humedad**.**
- Esto puede ser positivo para algunas especies vegetales y microorganismos.

4. **Reducción de la velocidad del viento**

- Los paneles actúan como una barrera parcial, disminuyendo la velocidad del viento en su parte inferior.
- Esto también contribuye a menor evaporación y a cambios en la dispersión de calor y humedad.

5. **Posibles cambios en la composición vegetal y edáfica**

- La sombra parcial puede favorecer especies vegetales tolerantes a menor luz y cambiar la competencia entre plantas.
- La actividad microbiana del suelo puede modificarse por los cambios en humedad y temperatura.

6. **Aumento de la escorrentía en suelos con pendiente**

- El escurrimiento superficial puede aumentar si la vegetación bajo los paneles no se establece adecuadamente, especialmente en terrenos inclinados.

Las formas de medir el impacto de los paneles fotovoltaicos sobre el microclima del área que queda debajo y alrededor de ellos, se centra en determinar el cambio en la temperatura del suelo, la humedad y el flujo de aire, lo que puede tener implicaciones ecológicas o agrícolas importantes.

Convencionalmente se desarrolla el siguiente procedimiento:

1. Registro de la t**emperatura del aire y del suelo**

- **Instrumentos:** Termómetros digitales, sensores tipo **termopar** o **RTD**, dataloggers (como HOBO).
- **Ubicación:** A diferentes alturas (p. ej., 10 cm del suelo y 1.5 m del suelo) y en zonas con y sin sombra.
- **Propósito:** Detectar si el área bajo paneles es más fresca durante el día o más cálida en la noche.

3. Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

4. Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

2. Registro de la h**umedad relativa del aire y humedad del suelo**

- **Instrumentos:** Higrómetros, sensores de humedad del suelo (por resistividad, capacitancia o TDR).
- **Propósito:** Evaluar si la sombra de los paneles reduce la evaporación y retiene humedad.

3. **Radiación solar incidente**

- Instrumentos**:** Sensor de radiación global.
- Medición: Comparar radiación bajo los paneles vs. áreas expuestas.
- Propósito**:** Determinar el grado de reducción de la luz disponible para plantas o fauna.

4. **Velocidad del viento / flujo de aire**

- Instrumentos: Anemómetros.
- Propósito**:** Evaluar cómo los paneles afectan la circulación del aire a nivel del suelo, lo que influye en la evapotranspiración.

5. **Temperatura superficial del suelo o de la estructura**

- Instrumentos**:** Cámaras termográficas o termómetros infrarrojos.
- Propósito**:** Determinar el **efecto isla térmica** local inducido por la estructura y el material del panel.

Para tener datos confiables, se seguirá el proceso que se describe a continuación:

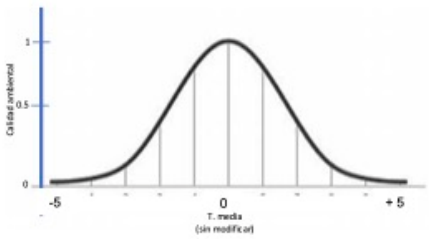
- Estaciones meteorológicas automáticas o sensores instalados en:
  - Bajo los paneles (zona sombreada).
  - Entre hileras (transición).
  - Sitio de control (sin paneles, misma vegetación y tipo de suelo).
- Registro continuo por días o semanas, idealmente con datos por hora.

Impactos potencialmente detectables:

- Reducción de temperatura máxima diurna **debajo de los paneles.**
- Mayor retención de humedad **en el suelo.**
- Alteración de patrones de crecimiento vegetal **bajo sombra parcial.**
- Modificación en el hábitat de fauna edáfica o pequeños vertebrados.

Magnitud del impacto

La modificación de la temperatura en los microambientes puede ser un fenómeno ligado al efecto de calentamiento en la sombra de los paneles generando “islas de calor”; el comportamiento predecible se representa en la curva de transformación que se muestra a la derecha.



Se consideran situaciones extremas las variación de hasta 5ºC sobre o bajo la lectura de temperatura media registrada antes de que se ponga el sol. Las lecturas deben ser tomadas todos los días a la misma hora y deberán complementarse con el registro, inicial de germinación y posteriormente del desarrollo de plantas.

Ficha técnica del impacto:

3. Alteración en la cantidad, distribución o calidad de la luz natural disponible en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

4. Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

Componentes o acciones causantes: Instalación y operación de módulos fotovoltaicos sobre terreno natural o agrícola.

3. Elementos ambientales afectados:

- Temperatura del suelo
- Humedad del suelo
- Radiación solar incidente
- Circulación del aire a nivel del suelo
- Composición vegetal y microbiota edáfica

4. Descripción del impacto: La presencia de paneles solares altera el balance energético local al generar sombra parcial, bloquear la radiación solar directa, modificar los flujos de viento y afectar la evaporación del suelo. Esto produce una disminución de la temperatura superficial durante el día, menor evaporación, mayor retención de humedad y posibles cambios en la dinámica biológica del suelo y vegetación baja.

5. Dirección del impacto: Mixto

- Positivo: Conservación de humedad, menor estrés térmico.
- Negativo: Alteración de hábitats y composición vegetal natural.

6. Intensidad: Moderada (depende de densidad de paneles, altura y diseño del sistema).

7. Extensión: Local (zona directamente bajo y entre filas de paneles).

8. Duración: Mientras opere el sistema (largo plazo, reversible al desmantelar los paneles).

9. Reversibilidad: Reversible a largo plazo, dependiendo del grado de modificación del suelo y recuperación natural.

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Mixto
Por su origen	Indirecto
Por su duración:	Permanente
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Irreversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

(1/): el número de impacto corresponde al número asignado en la tabla general de impactos ambientales.

Tabla V.15: Cédula 2 de impactos ambientales potenciales (1/)
Factor ambiental (Suelo)

7. Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

8. Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.

9. Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.

10. Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

11. 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

Factor en el que incide	Suelo	**Subfactor en el que incide**	Calidad Compactación Uso de suelo Suelo orgánico Cobertura	**Etapas**	**PS**	**C**	**OyM**	**A**
					x	x		x

Síntesis descriptiva

Impacto 7**: Alteración físico – química y biológica del suelo por la afectación de su estructura y características edafológicas.**

Impacto 8. **Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.**

Impacto 9: **Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.**

Impacto 10. **Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.**

La naturaleza de estos cuatro impactos y su íntima vinculación, obliga a considerarlos en conjunto en esta fase del procedimiento de evaluación del impacto ambiental, analizando y valuando ese conjunto de impactos como un solo proceso de degradación integrada, no de forma aislada.

La instalación de infraestructura fotovoltaica en terrenos agrícolas provoca una alteración significativa de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Esta transformación incluye la pérdida de la capa superficial rica en materia orgánica, el compactamiento derivado del tránsito de maquinaria, la interrupción de los ciclos biogeoquímicos edáficos y la reducción de áreas previamente destinadas a la producción agropecuaria. En conjunto, estos procesos comprometen la fertilidad, estructura, porosidad y biodiversidad del suelo, limitando su funcionalidad ecosistémica y agrícola a largo plazo.

En adición a lo antes expuesto, la acumulación de efectos con otros proyectos establecidos y o en desarrollo en el SAR obliga a considerar a este grupo como un solo impacto acumulativo, haciendo efectiva la orientación de visualizarlos como un proceso integrado de degradación.

Lo mismo se destaca en cuanto a la sinergia, la cual deriva de la interacción entre los cuatro impactos mencionados, y ese efecto puede amplificar considerablemente la degradación del suelo en comparación con la ocurrencia aislada de cada uno.

Interacción entre los impactos

Remoción de capa superficial (impacto 4) R**educe la fertilidad del suelo**, dejando expuestos horizontes más pobres y vulnerables.

7. Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

8. Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.

9. Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.

10. Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

11. 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

---

Compactación del suelo por maquinaria (impacto 2) Disminuye la infiltración y la porosidad, lo cual agrava la pérdida de estructura y dificulta la recuperación de la biota edáfica.

Alteración físico-química y biológica del suelo (impacto 1) Se ve intensificada por la remoción de materia orgánica y por la compactación, que limitan el desarrollo de microorganismos, lombrices y raíces**.**

Pérdida de áreas agrícolas (impacto 3) Reduce la superficie disponible para cultivo, pero también implica abandono de zonas afectadas, donde la degradación puede avanzar sin control.

Consecuencias del efecto sinérgico

- **Mayor vulnerabilidad a la erosión** (por la pérdida de estructura y cobertura).
- **Disminución severa de la capacidad productiva** del suelo a largo plazo.
- **Alteración de servicios ecosistémicos** clave (filtración, secuestro de carbono, hábitat microbiano).
- **Recuperación lenta o casi inviable sin restauración activa.**

Ficha Técnica Integrada del Impacto sobre el Suelo en Proyectos Fotovoltaicos

1. Nombre del impacto: degradación integral del suelo agrícola por remoción, compactación, alteración edáfica y pérdida de uso productivo durante la construcción de infraestructura fotovoltaica.

2. Componentes y acciones causantes:

- Remoción de la capa superficial del suelo.
- Tránsito y operación de maquinaria pesada.
- Cambio de uso de suelo agrícola a infraestructura energética.
- Compactación y pérdida de estructura edáfica.

3. Elementos ambientales afectados:

- Suelo (estructura, porosidad, fertilidad, biota).
- Capacidad productiva agrícola.
- Calidad físico-química del perfil edáfico.
- Servicios ecosistémicos del suelo.

4. Descripción del impacto: La ejecución del proyecto implica la remoción de la capa fértil del suelo, disminuyendo su contenido de materia orgánica y afectando su capacidad de retención de agua y nutrientes. El tránsito constante de maquinaria induce la compactación del suelo, reduciendo su porosidad y la actividad biológica. A esto se suma la pérdida de

7. Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

8. Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.

9. Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.

10. Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

11. 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

áreas agrícolas por ocupación permanente del terreno, afectando la disponibilidad de suelos para producción agropecuaria y alterando su funcionamiento natural.

5. Dirección del impacto: Negativo.

6. Intensidad: Alta (por pérdida directa de funciones y servicios del suelo).

7. Extensión: Local a regional (según el tamaño del parque y conectividad agrícola).

8. Duración: Largo plazo (persistente mientras dure el proyecto; efectos pueden permanecer tras su retiro).

9. Reversibilidad: Parcialmente reversible, dependiendo del grado de compactación, pérdida de capa orgánica y estrategias de restauración aplicadas.

La eventualidad de surgimiento de cada tipo de impacto podrá valorarse con la aplicación de los siguientes indicadores:

Componente	Indicadores / Variables	Métodos de medición
Calidad general	Índice de calidad del suelo (SQI)	Análisis integrados (MO, pH, nutrientes, textura)
Compactación	Densidad aparente (g/cm³), penetración	Cilindros de volumen fijo, penetrómetro de campo
Uso del suelo	Clasificación y cobertura	Imágenes satelitales, SIG, trabajo de campo
Materia orgánica	% de MO	Walkley-Black, pérdida por ignición (LOI)
Propiedades químicas (1/)	pH, CE, N, P, K, metales pesados	Análisis de laboratorio
Cobertura del suelo	% de cobertura vegetal o mulch	Transectos, cuadrantes, fotografía aérea o satelital
1/: Este parámetro solo aplicará si en las determinaciones preliminares (línea base II) se determina necesario.		

Interpretación de resultados:

- Se comparan valores actuales con:
  - Valores de línea base (previos al proyecto),
  - Sitios no impactados (referencia natural),
  - Normas o rangos óptimos según uso (agrícola, conservación, etc.).
- Derivado de los resultados que se recopilen y, de ser necesario se podrán aplicar índices de degradación o calidad, y análisis estadísticos (ANOVA, PCA, etc.) para evaluar la significancia del cambio.

7. Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

8. Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.

9. Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.

10. Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

11. 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

---

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativos
Por su origen	Directos
Por su duración:	Permanentes
Por su alcance espacial:	SAR (*)
Por su intensidad y magnitud	Moderados
Por su reversibilidad	Mixto (Parcialmente reversible)
Dimensión o atributos	
Acumulativo	SI
Sinérgico	Si
Residual	Si (Parcial)
(*) La acumulación es consecuencia de la adición del efecto similar de otros proyectos que se ubican en el SAR	

Tabla V.16: Cédula 3 de impactos ambientales potenciales
(Factor ambiental: Procesos del medio inerte)

12. **Alteración puntual del curso de las escorrentías.**
13. **Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y el agua.**
14. **Posible reducción puntual de la infiltración.**

Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	**Subfactor en el que incide**	Escorrentías, Erosión Infiltración	**Etapas**	**PS**	**C**	**OYM**	**A**
					X	X	X	X

Síntesis descriptiva

El establecimiento del proyecto puede generar impactos destacables sobre los procesos del medio abiótico, en especial sobre la **escorrentía superficial**, la **erosión del suelo** y la **infiltración del agua**. A continuación se describe cómo puede afectarlos:

Impacto: Alteración puntual del curso de las escorrentías.
Los efectos que pueden indicar el desarrollo de los impactos pueden ser: aumento de la escorrentía: La instalación de paneles solares y caminos internos puede alterar la cobertura natural del suelo, reduciendo la vegetación que normalmente retarda el escurrimiento del agua de lluvia y, la c**analización del agua**: los paneles, al estar inclinados, pueden concentrar el flujo de agua en las zonas donde cae el goteo, generando microcanales que modifican los patrones naturales de escurrimiento.

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Irreversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	Si

Im**pacto:** Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial del suelo, por acción del viento y del agua.
El incremento de la erosión hídrica puede derivar de la mayor escorrentía ocasionada por la modificación del patrón natural de drenaje, la cual puede arrastrar partículas del suelo, especialmente en terrenos con pendientes, suelos sueltos o sin cobertura vegetal adecuada. La erosión puede acotarse a la parte baja de los bordes de los paneles donde el agua gotea constantemente, formando surcos y zanjas.

La maquinaria usada para la construcción y mantenimiento puede compactar el suelo o dejarlo expuesto, favoreciendo la erosión eólica e hídrica.

En un ambiente como el que caracteriza al AeP, la erosión (eólica e hídrica) puede alcanzar un carácter de impacto sinérgico cuando ambos procesos interactúan entre sí y con otros factores de manera que el efecto conjunto es mayor que la suma de sus efectos individuales. Esto ocurre particularmente en ambientes perturbados, áridos o con suelos frágiles. La erosión eólica arrastra materia orgánica y partículas finas, reduciendo la cohesión del suelo en tanto que la lluvia en este escenario, incrementa la vulnerabilidad del suelo degradado.

12. **Alteración puntual del curso de las escorrentías.**
13. **Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y el agua.**
14. **Posible reducción puntual de la infiltración.**

Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	Subfactor en el que incide	Escorrentías, Erosión Infiltración	Etapas	PS	C	OYM	A
					X	X	X	X

La erosión es un fenómeno natural causado por la acción del agua o del viento y la combinación de varios factores tales como las pendientes pronunciadas, el clima las características del suelo, su uso, el tipo y estado de la cubierta vegetal, provocando la pérdida de las partículas del suelo (sus componentes minerales y orgánicos). Este proceso se acelera cuando el ecosistema es perturbado por las actividades humanas tales el cambio de uso de suelo[12]

Considerando que las obras del proyecto implican, actividades como el desmonte, despalme, excavación, corte, circulación de vehículos y maquinaria durante las etapas de preparación y construcción, el suelo durante algún tiempo estará más expuesto a proceso erosivo.

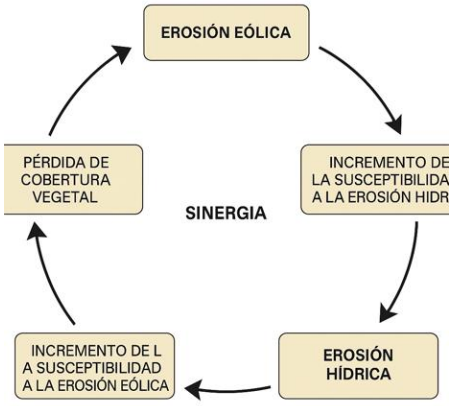
Si bien los procesos erosivos no son representativos, las acciones del proyecto podrían acelerar su degradación por las actividades del viento y agua.

El efecto será evidente desde la etapa de preparación del sitio, dado que las actividades del proyecto implican la remoción de vegetación desde la raíz y las raíces desempeñan una función ecológica importante porque su estructura forma una especie de malla que protege la tierra, evitando que se desprenda ante los elementos que la golpean; adicionalmente, al adherirse a las partículas del suelo, lo mantienen unido.

Es importante no perder de vista que actualmente una parte del AeP es utilizada para uso agrícola que es una de las practicas qué más intensifican la erosión.

También puede coadyuvar a la posibilidad del surgimiento de este efecto, los trabajos de remoción de la vegetación agrícola (figura A) (aunque en un lapso temporal, dada la revegetación que se espera surja en los espacios libres de infraestructura).

Figura A: proceso eventual de la sinergia del impacto



Magnitud:

- Indicador: Cantidad de material desplazado (ton/ha/año).
- Descripción: para determinar la magnitud del impacto es necesario conocer la cantidad de suelo que se pierda (ton/ha/año) durante la construcción, el valor crítico del impacto determinado en la MIA-R que en este caso en una constante igual a 0.66 y el valor de referencia de la erosión muy alta, en este caso establecido por la SEDUE que se igual a 200 ton/ha/año.
- Expresión:

12. **Alteración puntual del curso de las escorrentías.**
13. **Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y el agua.**
14. **Posible reducción puntual de la infiltración.**

Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	**Subfactor en el que incide**	Escorrentías, Erosión Infiltración	**Etapas**	**PS**	**C**	**OYM**	**A**
					X	X	X	X

$$MI = \frac{PSc * VCi}{VREma}$$

En la cual:

MI	=	Magnitud del impacto
PSc	=	Perdida de suelo durante la construcción (ton/ha/año)
VCi	=	Valor crítico del impacto
VREma	=	Valor de referencia de erosión muy alta

Al sustituir los valores se tiene el valor potencial que podría alcanzar el impacto es de 0.041 que lo ubica como un impacto compatible.

$$MI = \frac{12.44 * 0.66}{200} = 0.041$$



Si bien, de acuerdo con el cálculo de erosión potencial sabemos que cuando el suelo se encuentre desnudo podría presentarse una erosión de 12.44 ton/ha/año; este gran total no puede ser imputable absolutamente a las actividades del proyecto ya que actualmente en el AeP la erosión es de 4.67 ton/ha/año y con las actividades del proyecto la erosión actual tendrá un incremento de 7.77 ton/ha/año.

Es importante no perder de visa que, si bien durante la etapa de preparación y construcción del proyecto el suelo quedará expuesto a la actividad erosiva del viento y del agua, esto será por tiempo reducido ya que el suelo quedará sellado por las construcciones (subestaciones eléctricas y caminos internos que serán recubiertos con algún material que impida la exposición del suelo a procesos erosivo), en el caso del área de paneles (60.1% de la superficie total del proyecto) se favorecerá la revegetación natural.

El indicador del valor de la eventualidad del surgimiento del impacto antes descrito se proyecta en el ANX.IV.1, en el cual se hace el pronóstico del comportamiento de este proceso; los valores resumen se transcriben a continuación:

	Tasa de erosión		
	Hídrica	**Eólica**	**Total**
Escenario	**Ton/ha/año**		
Línea base	1,157.39	3.84	1,161.23
Remoción vegetación	1,670.59	7.32	1,677.91
Incremento	513.20	3.48	516.68

12. **Alteración puntual del curso de las escorrentías.**
13. **Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y el agua.**
14. **Posible reducción puntual de la infiltración.**

Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	**Subfactor en el que incide**	Escorrentías, Erosión Infiltración	**Etapas**	**PS**	**C**	**OYM**	**A**
					X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal
Por su alcance espacial:	Regional
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	Si
Residual	No

Im**pacto:** Posible reducción potencial de la infiltración

El uso de maquinaria pesada compacta el suelo, disminuyendo su porosidad y capacidad de absorción.

La compactación del suelo por el establecimiento de caminos puede afectar la recarga del acuífero, aunque el grado de impacto depende de varios factores.

Reducción de la infiltración**:** la compactación disminuye la porosidad y la permeabilidad del suelo, dificultando que el agua de lluvia penetre y llegue a los estratos más profundos donde ocurre la recarga del acuífero. De la misma forma es de prever que el aumento del agua pluvial que fluye por la escorrentía superficial, **e**n lugar de infiltrarse, el agua tiende a escurrir sobre la superficie compactada, lo que reduce la cantidad de agua disponible para recargar el acuífero.

Sin embargo es de esperar que lo antes anticipado no constituya un efecto "global", ya que ello depende del contexto: es de esperarse que el efecto sea únicamente a **escala local (parcela);** el efecto puede tener mayor cobertura, sobre todo si las áreas compactadas intersectan zonas de infiltración clave, como depresiones, cauces temporales o zonas con suelos. permeables.
En general, **no se considera un impacto global severo** si las áreas compactadas representan una pequeña fracción de la superficie total del acuífero.
Por lo antes expuesto, se puede considerar que la compactación de suelos no afecta la recarga del acuífero, especialmente porque la compactación no se registrará en zonas clave para la infiltración; la infiltración ocurre y se extiende sobre áreas amplias.

12. **Alteración puntual del curso de las escorrentías.**
13. **Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y el agua.**
14. **Posible reducción puntual de la infiltración.**

Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	**Subfactor en el que incide**	Escorrentías, Erosión Infiltración	**Etapas**	**PS**	**C**	**OYM**	**A**
					X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leve
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	Si
Residual	No

Tabla V.17: Cédula 4 de impactos ambientales potenciales
Factor ambiental: Fauna

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Síntesis descriptiva

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 (integran).**

En un sitio ambientalmente perturbado con vegetación dominada por cultivos agrícolas de temporal, como lo es el área de establecimiento del proyecto, su desarrollo puede tener efectos mixtos sobre los indicadores de tamaño poblacional de la fauna (número de individuos por especie), dependiendo de los siguientes rubros ecológicos y de manejo.

1. Pérdida de fauna adaptada a la matriz agrícola

- Algunas especies silvestres se han adaptado a los ciclos y condiciones de los cultivos de temporal (por ejemplo, aves granívoras, roedores, reptiles termófilos).
- La sustitución del sistema agrícola por un parque fotovoltaico puede reducir los recursos disponibles (alimentos, refugio), lo que podría disminuir el tamaño de sus poblaciones.

2. Efecto de barrera o aislamiento

- Cercado perimetral o caminos del parque pueden restringir el movimiento de fauna pequeña o de bajo poder de desplazamiento (anfibios, roedores, reptiles), afectando su conectividad y viabilidad poblacional.

3. Alteración de la dinámica del suelo y microhábitats

- Cambios en la temperatura, humedad y cobertura del suelo pueden hacer que el hábitat sea menos favorable para ciertas especies que habitan en o cerca del suelo.

Posibles efectos neutros o positivos

1. Reducción de perturbaciones agrícolas frecuentes

- Al cesar actividades como el arado, la quema, y la aplicación de agroquímicos, el parque puede crear condiciones más estables que favorezcan el retorno o incremento de especies generalistas o tolerantes, como algunos insectívoros, micromamíferos o reptiles.

2. Nuevos refugios

- La sombra bajo los paneles puede crear microambientes que son aprovechados por especies pequeñas (como lagartijas o roedores), lo que puede incrementar su abundancia local, al menos de forma temporal.

3. Efecto “refugio” para fauna desplazada

- En un paisaje agrícola intensamente perturbado, un parque con menor frecuencia de disturbio humano puede funcionar como una zona de refugio relativa, aumentando el tamaño de algunas poblaciones que antes eran bajas.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Irreversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	No

Impacto: **Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.**

En un sitio ambientalmente perturbado con vegetación de cultivos agrícolas de temporal**,** como lo es el AeP, el establecimiento de un parque fotovoltaico puede acelerar procesos de modificación y fragmentación del hábitat para la fauna, especialmente para especies medianas y grandes, aunque los efectos dependen del uso previo del espacio y del diseño del parque.

Aunque el área ya está perturbada por el crecimiento sostenido de la frontera agrícola, estos espacios aún puede funcionar como hábitat secundario o áreas de desplazamiento para especies medianas y grandes, como: algunos mamíferos como liebres y ratones), reptiles grandes (como serpientes) y de algunas aves terrestres o que se posan en tierra.

El cambio a un parque fotovoltaico implica la sustitución del mosaico agrícola (que ofrece alimento o paso temporal a individuos de la fauna caracterizados por tratarse de especies comunes, de amplia distribución en el país y, en algunos casos por ser especies indicadoras de ambientes degradados) por una estructura fija, más homogénea y menos transitable que reduce las áreas abiertas o con cobertura herbácea temporal, necesarias para alimentación o desplazamiento. Esto puede traducirse en una reducción efectiva del hábitat utilizable por individuos de la fauna íntimamente asociados a los cultivos agrícolas, aún y cuando esos agro ecosistemas son resultado de una transformación de los hábitats ortogonales que pudieron haber sostenido una población faunística de mayor calidad ambiental.

En espacios menos perturbados que el que pretende utilizar el proyecto, las especies grandes y medianas cumplen funciones ecológicas clave (dispersión de semillas, control de poblaciones, reciclaje de nutrientes). Su desplazamiento o exclusión reduce la funcionalidad del ecosistema, sin embargo estas funciones han sido asumidas por los individuos ahora asociados a la vegetación de cultivo y a las herbáceas ruderales y arvenses que pueblan el área. Se puede anticipar que podrá registrarse el incremento de especies oportunistas o generalistas (p. ej., roedores o zorrillos o insectos como saltamontes, moscas, escarabajos coprófagos o granívoros), que se adaptan mejor al nuevo entorno.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

La infraestructura establecida en los límites del AeP (caminos rurales, carreteras, poblaciones, etc.), incrementan la incidencia de los efectos antes descritos.

Ambiente afectado: Biológico – Fauna terrestre de tamaño mediano y grande

Componentes o acciones causales:

- Cambio de uso de suelo agrícola a infraestructura energética.
- Remoción de vegetación o estructuras utilizadas como refugio o corredores.
- Aumento de perturbación humana (ruido, presencia, mantenimiento).

Magnitud del impacto: Moderada (puede ser mayor si el agroecosistema representa un corredor o refugio clave)

Extensión: Alcanza el SAR (por efecto acumulativo de otros proyectos)

Duración: Largo plazo (mientras exista la infraestructura)

Reversibilidad: Parcialmente reversible si se remueve la infraestructura y se restaura el hábitat

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal
Por su alcance espacial:	SAR(*)
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Irreversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	No
Residual	Si
(*) La acumulación es consecuencia de la adición del efecto similar de otros proyectos que se ubican en el SAR.	

Impacto: **Endemismo y especies en riesgo**

El establecimiento de un parque fotovoltaico en un sitio ambientalmente perturbado con vegetación de cultivos agrícolas de temporal puede tener efectos variables, potencialmente negativos sobre las poblaciones de especies endémicas o con estatus de riesgo, aún si estas especies ya habitan el entorno transformado. Los principales mecanismos de afectación pueden ser:

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Reducción o pérdida del hábitat remanente**:** aunque el sitio sea agrícola, algunas especies con estatus de riesgo, principalmente de pequeños vertebrados, persisten en mosaicos agrícolas, bordes de parcelas, cercas vivas o remanentes vegetales. El cambio de uso del suelo a un parque fotovoltaico implica la sustitución de estos remanentes por estructuras inertes y la reducción de espacios funcionales para refugio, alimentación o dispersión, lo cual da como resultado la disminución directa del hábitat disponible, aún si este ya estaba degradado.

El aislamiento y la fragmentación poblacional es un efecto que puede registrarse ya que las especies endémicas o en estatus de riesgo suelen tener*: d*istribuciones restringidas*,* baja capacidad de dispersión*, o* requerimientos de hábitat específicos, en tanto que la nueva infraestructura del parque fotovoltaico puede interrumpir rutas de desplazamiento, establecer barreras físicas (cercas, caminos) y aumentar el efecto borde, haciendo los fragmentos remanentes menos aptos. El *r*esultado puede concretarse en el *a*islamiento de subpoblaciones y pérdida de conectividad.

También puede esperarse el desarrollo de efectos positivos, como la atracción por fuentes de calor como lo constituyen algunos componentes del sistema eléctrico de la infraestructura que favorece la concentración de roedores y, esto atrae también a depredadores como serpientes y aves rapaces.

Las actividades relacionadas con la preparación del sitio, la construcción y el abandono ocasionaran afectaciones a la fauna que ven desde en primer lugar y en el mejor de los casos el desplazamiento de los individuos de fauna que hacen uso del predio de estudio, asimismo si no se toman las medidas necesarias la fauna podría morir atropellada por vehículos y maquinaria, enterradas con el movimiento de tierras, etc.; en estas etapas los grupos más vulnerables son los reptiles, los anfibios y los mamíferos menores. En la etapa de operación y mantenimiento el grupo más afectado será el de las aves debido a la electrocución y colisión por la presencia de las líneas de transmisión de la CFE que discurren en el área noreste del AeP. Estas afectaciones podrían incidir sobre especies endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019).

Si bien la construcción del proyecto traerá consigo afectaciones a las especies de fauna endémica o con categoría de riesgo es importante no perder de vista que de acuerdo con la prospección en campo, en el AeP se detectó la presencia de 44 especies de los grupos de anfibios, aves, reptiles y mamíferos. Del total de especies registradas en el AeP: *Phrynosoma orbiculare* se encuentra en la categoría de amenazada (A) y tres especies se encuentran en la categoría de preocupación menor (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019). Por lo que se refiere a la distribución, un anfibio y tres reptiles son catalogados como endémicos, dos especies de aves como semiendémicas (SE) y *Junco phaeonotus* como cuasiendémicas (CE); el resto de las especies cuentan con rangos de distribución amplios que van más allá de los límites estatales e incluso nacionales.

En el caso de algunas especies este impacto será temporal, ya que dependiendo del tamaño de los individuos algunos podrán regresar al sitio del proyecto, pero en otros casos debido al vallado perimetral su reincidencia en el área del proyecto será difícil.

El efecto será evidente en cuanto se inicien con las actividades de preparación y construcción, toda vez que al detectar la presencia de personas y maquinaria laborando en el área las especies de fauna endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) podrían ser afectadas por cualquiera de las actividades previstas.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Para salvaguardar la integridad de los individuos de fauna en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) y endémicas que habitan el área de estudio se deberán tomar las medidas necesarias.

Magnitud:

- Indicador: Número de especies endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles de afectación

- Descripción la magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se localizan en el sitio del proyecto, comparado con el número de especies potenciales endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se reportaron en el SAR

- Expresión

$$I_{EyNOM} = \frac{Sp_{epaep}}{SP_{epsar}}$$

Donde:

I_{EyNOM} = Valor de afectación potencial a individuos de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019)

SP_{epAeP} = Número de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) en presente en el AeP.

S_{Pesar} = Número de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potenciales en el SAR.

Las especies de fauna son móviles por lo tanto no se puede determinar *a priori* cuales son las especies que harán uso del sitio del proyecto al momento de iniciar las actividades, sin embargo, de acuerdo con los datos reportados en el capítulo IV se determinó que tanto la riqueza como la abundancia del área de estudio son bajas, probablemente debido a que el área de estudio corresponde a un ecosistema perturbado donde se desarrollan ecosistemas de vegetación secundaria, plantaciones de agave y áreas agrícolas.

Para calcular la magnitud de este impacto se consideran a todas las especies endémicas o con categoría de riesgo potenciales del SAR debido a que por su capacidad desplazamiento la fauna potencial podría hacer uso del área de estudio en cualquier momento, aunque es importante no perder de vista que el AeP es un sitio perturbado que no posee los recursos necesarios y suficientes (alimento, espacio, parejas, otros) para soportar grandes poblaciones de fauna; de igual forma el efecto acumulativo también es originado por impactos similares que están ocurriendo en proyectos establecidos en el SAR (carreteras, caminos vecinales)

Los principales efectos reseñados tienen un origen íntimamente vinculado al diseño del parque, por lo que este aspecto determinará el diseño ejecutivo del proyecto, en el cual habrá de integrase la variable ambiental derivada de los términos y condicionantes del resolutivo de autorización en materia de impacto ambiental.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	SAR (*)
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	No
Residual	No
(*) La acumulación es consecuencia de la adición del efecto similar de otros proyectos que se ubican en el SAR	

Impacto: **Afectación potencial de especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).**

Según algunas hipótesis, algunos componentes de la infraestructura de los parques fotovoltaicos (paneles) pueden ocasionar efectos directos o indirectos sobre cierto tipo de especies cuya vulnerabilidad es acentuada ante tales elementos; así, según estos supuestos los paneles solares pueden afectar a especies vulnerables como aves e insectos de varias maneras, tanto directas como indirectas. Se anticipa en esas proyecciones que aunque estos efectos dependen del diseño del parque, su ubicación y manejo, en general deben considerar los siguientes mecanismos de afectación**:**

Atracción por superficies polarizadas (efecto lago o espejo), se refiere a la **confusión visual** que tienen ciertas especies al interpretar superficies brillantes o reflectantes (como paneles solares o techos metálicos) como cuerpos de agua. Muchos insectos acuáticos y aves acuáticas detectan cuerpos de agua a través de la **reflexión de la luz polarizada**; al encontrar superficies artificiales con características similares (como paneles solares), se ven atraídos erróneamente. En el caso de algunas aves acuáticas y migratorias, ciertos individuos pueden confundir la superficie brillante de los paneles con cuerpos de agua (efecto espejo) lo cual, según las hipótesis planteadas al respecto, esto puede llevarlas a intentar posarse ("aterrizaje en falso"), provocando **lesiones, colisiones o agotamiento**. El único caso documentado de este efecto especialmente en zonas de paso migratorio o en especies como patos, garzas o aves playeras.

Diseños y tecnologías emergentes de los paneles solares tienen como objetivo reducir su efecto reflejante para optimizar el aprovechamiento de la energía solar, estas innovaciones en el diseño de paneles solares también representan avances significativos para reducir los impactos negativos sobre la fauna, especialmente insectos acuáticos y aves, al minimizar la confusión causada por la polarización de la luz reflejada. La implementación de estas tecnologías puede contribuir a una coexistencia más armoniosa entre las instalaciones solares y los ecosistemas locales.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

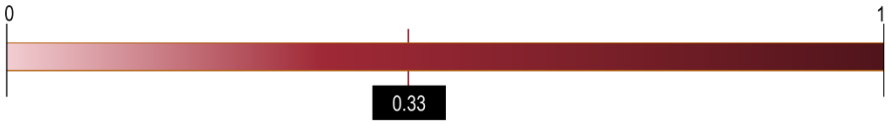
Otros efectos potenciales son las **c**olisiones con estructuras del parque fotovoltaico; al respecto **a**lgunas aves que vuelan a baja altura pueden chocar con paneles, cercas o cables si no los detectan visualmente. Esto puede llegar a afectar especialmente a especies nocturnas o con vuelo directo como las lechuzas**.**

El listado de fauna potencial presente en el SAR presentado y descrito en el capítulo IV de esta MIA-R indica que en el SAR potencialmente se distribuyen 162 especies de las cuales 54 especies que cumple con algunos de los siguientes criterios:

- Con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: Amenazada, Pr: Sujeta a protección especial, P: En peligro de extinción)
- Con laguna categoría de riesgo acuerdo con la clasificación del libro rojo de la UICN (NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro)
- Especie endémica de México

Con base en el número de especies potenciales en el SAR y el número de especies endémicas y con categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 potenciales del SAR se tiene que la magnitud del impacto podría de 0.213, lo cual, desde el enfoque único del alcance del impacto por el proyecto, lo ubica como un impacto moderado.

$$I_{EyNOM} = \frac{54}{162} = 0.33$$



Si bien, la estimación del alcance de este impacto para determinar su magnitud consideró el total de las especies endémicas o con categoría de riego potencialmente presentes en el SAR, sin embargo, ello no significa que todas las especies van a estar presente en el AeP, tal como fue descrito en el capítulo IV de esta MIA-R y en párrafos anteriores, durante el trabajo de campo, en el AeP se registró a presencia de tan solos once especies que cumplen con alguno de los siguientes criterios: especies endémica o con categoría de riego en la NOM-059-SEMARNAT 2010 o la lista roja de la UICN. Debido a su capacidad de movilidad se decidió considerar a todas las especies endémicas o con categoría de riego potencialmente presentes en el SAR.

Sin embargo es importante destacar el efecto **acumulativo** que deriva de la operación de sistemas de iluminación de otros proyectos que se ubican al interior del SAR, principalmente carreteras y caminos, en los cuales durante la noche, período en el cual las luces que proyectan los fanales de los vehículos en circulación resultan en un elemento de estímulo y atracción para insectos y aves, propiciando la colisión de numerosos individuos, principalmente de insectos nocturnos; Efecto similar lo tienen los sistemas de iluminación urbana de los poblados establecidos en el SAR, y que funcionan durante la noche. Por ello, este impacto alcanza el nivel de **acumulativo**.

16. 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 (integran).

17. Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto.

18. Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categorías de riesgo.

19. Afectación potencial a especies vulnerables (aves e insectos), por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

Factor en el que incide	Fauna	**Subfactor en el que incide**	• Tamaño de las poblaciones. • Hábitat. • Endemismo y especies en riesgo. • Grupos vulnerables (aves e insectos)	**ETAPA**			
				PS	**C**	**OYM**	**A**
				X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	SAR (*)
Por su intensidad y magnitud	Moderado
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	No
Residual	No
(*) La acumulación es consecuencia de la adición del efecto similar de otros proyectos que se ubican en el SAR	

d

Tabla V.18**: Cédula 5 de impactos ambientales potenciales**
Factor ambiental: Flora

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. Tamaño de las poblaciones. Endemismo y especies en riesgo. Cobertura. Patrones de dispersión de semillas.	X	X	X	X

Síntesis descriptiva

Impacto:

- Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
- Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
- Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.

Para la construcción del proyecto será necesario remover la vegetación actualmente presente en el sitio de estudio. De acuerdo con la prospección en campo se determinó que el AeP tiene remanentes (parches y setos) de ecosistemas de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y de bosque de táscate, y dominan ampliamente agroecosistemas y plantaciones de agave.

El trabajo de campo derivó en el registro de un total de 62 especies vegetales en el AeP registradas en los usos de suelo y vegetación identificados en el área de estudio. En el AeP se identificaron 4 estratos vegetativos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas-opuntias, este último representado por diez especies. Se enfatiza en que se registró la presencia del cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) se encuentra en la categoría de sujeta a protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies incluidas en la Lista roja de la UICN *Coryphantha pycnacantha* se encuentra en la categoría de en peligro (EN), *Opuntia ficus-indica* se encuentra en la categoría de datos insuficientes (DD) y 18 especies en estatus de preocupación menor (LC); finalmente, nueve cactáceas están registradas dentro del apéndice II del CITES.

Si bien la afectación a la flora es un impacto potencial previsto por las actividades proyecto, es importante no perder de vista que: con base en los índices de diversidad obtenidos para la vegetación presente en el AeP se puede asegurar que es un ecosistema perturbado, que las comunidades vegetales presentes corresponden a vegetación secundaria arbustiva, plantaciones de agave y áreas agrícolas; por lo que se registra la alteración del área por las actividades antrópicas que se desarrollan en el sitio y en las áreas adyacentes. Aunado a esto es importante citar que el uso de suelo que se va a remover en el sitio del proyecto tiene una distribución que va más allá de los límites del polígono del proyecto, por lo que se reafirma que la afectación a la vegetación dentro del SAR será baja, sin embargo la operación de otros proyectos establecidos en el SAR y que incluso rebasan sus límites (por ejemplo las carreteras), hace que el efecto **acumulativo** de la afectación sobre remanentes del bosque de táscate y del matorral, deba ser considerado como tal, esto es un impactos **acumulativo**.

De acuerdo a la valoración de cada uno de los atributos utilizados para determinar la incidencia, este impacto fue calificado como un impacto destacable.

La remoción de vegetación tiene efectos negativos tanto sobre la diversidad biológica como sobre el tamaño de las poblaciones; el alcance del impacto dependerá de la calidad de las poblaciones vegetales presentes en el estado de línea base**.** Estos efectos se pueden describir de la siguiente manera:

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. Tamaño de las poblaciones. Endemismo y especies en riesgo. Cobertura. Patrones de dispersión de semillas.	X	X	X	X

1. **Sobre la diversidad biológica:**

- **Reducción de hábitat:** Al eliminarse la vegetación, se pierden hábitats para muchas especies, lo que puede llevar a la modificación de ciertas estructuras o microambientes vegetales.
- **Uniformidad del paisaje:** La pérdida de cobertura vegetal reduce la heterogeneidad estructural del hábitat, lo cual disminuye la cantidad de nichos ecológicos disponibles y, por ende, la diversidad de especies.
- **Fragmentación del hábitat:** Si la remoción es parcial y dispersa, puede provocar fragmentación, lo que aísla poblaciones y reduce la conectividad, afectando procesos ecológicos como la dispersión o la reproducción.

2. Sobre el tamaño de las poblaciones:

- **Disminución poblacional:** La pérdida de recursos alimenticios, sitios de refugio y áreas de reproducción conlleva una reducción directa del tamaño de las poblaciones afectadas.
- **Aumento de la vulnerabilidad:** Las poblaciones pequeñas se vuelven más susceptibles a eventos estocásticos (climáticos, demográficos o genéticos), lo que incrementa el riesgo de extinción local.
- **Cambios en las interacciones ecológicas:** Al modificarse la comunidad (por ejemplo, disminuyendo depredadores o competidores), algunas especies pueden experimentar explosiones poblacionales temporales o colapsos poblacionales, dependiendo del contexto ecológico.

Dado que la remoción de vegetación para establecer el parque fotovoltaico se realiza sobre vegetación agrícola, los impactos sobre la diversidad y el tamaño de las poblaciones pueden ser considerablemente menores que si se tratara de vegetación natural o seminatural. Los principales rubros destacar son:

1. Menor impacto relativo en biodiversidad:

- **La vegetación agrícola suele tener baja diversidad**, ya que está dominada por especies cultivadas y frecuentemente manejada con insumos químicos, lo que reduce la riqueza y abundancia de flora y fauna silvestres.
- Al remover este tipo de cobertura, **se pierde poca biodiversidad adicional**, en comparación con la remoción de vegetación natural.

2. Persistencia de algunas funciones ecológicas:

- Aunque la vegetación agrícola pueda ser soslayada, **alberga fauna generalista**, como aves, roedores, insectos polinizadores o reptiles, que usan los cultivos y bordes como hábitat temporal o fuente de alimento.
- Por lo tanto, la remoción puede afectar a estas especies, especialmente si no hay hábitats alternativos cercanos.

Además, eventualmente la ocurrencia conjunta potencial de los impactos que se analizan en este rubro: reducción de la diversidad vegetal**,** disminución de poblaciones de flora**,** alteración del hábitat y reducción de la cubierta vegetal forestal**—** puede generar un **efecto sinérgico** en el contexto de la implantación del parque fotovoltaico, toda vez que estos impactos no actúan de forma aislada, sino que se potencian entre sí, produciendo un efecto combinado mayor que la suma de los impactos individuales, el cual se describe a continuación:

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. **Tamaño de las poblaciones.** **Endemismo y especies en riesgo.** **Cobertura.** **Patrones de dispersión de semillas.**	X	X	X	X

- La remoción de vegetación no solo elimina individuos, sino que simplifica la estructura del ecosistema, reduciendo los nichos disponibles para otras especies.

- Al disminuir la diversidad de especies, también se reduce la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones futuras (como plagas o cambios climáticos).

- La pérdida de cubierta vegetal contribuye a la alteración del microclima, del suelo y de los procesos de regeneración natural.

- Esta situación puede dificultar la recolonización espontánea de especies nativas y favorecer la invasión de especies oportunistas o exóticas.

Todo, lo anterior puede resumirse en el eventual desarrollo de un entorno más degradado ecológicamente, con menor capacidad de recuperación natural, menor funcionalidad ecosistémica y mayor probabilidad de pérdida de servicios ambientales a largo plazo; este escenario solo podría alcanzarse, si no se desarrollaran actuaciones de prevención, mitigación y o compensación.

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	SAR (*)
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	No
Residual	No
(*) La acumulación es consecuencia de la adición del efecto similar de otros proyectos que se ubican en el SAR	

Impacto:

- **Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.**

En los registros levantados en las dos temporadas de muestreo, de 58 especies vegetales registradas, solo se identificaron tres especies: el cedro blanco (*Cupressus lusitánica*) una especie vegetal natural de los bosques húmedos montanos, con estatus de riesgo (Pr), por lo que se considera como introducida ya que, el AeP. Las otras dos especies con estatus de riesgo son una herbácea, la hierba del sapo (*Eryngium proteiflorium*) y una cactácea (*Stenocactus copotonogonus*). El resto de la vegetación corresponde en su mayoría a especies comunes, ampliamente distribuidas y adaptadas a ambientes perturbados o manejados, lo que indica una baja especialización ecológica y una alta tolerancia a la alteración del hábitat.

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. Tamaño de las poblaciones. Endemismo y especies en riesgo. Cobertura. Patrones de dispersión de semillas.	X	X	X	X

Dado que el terreno en cuestión ha sido utilizado previamente con fines agrícolas, presenta un grado considerable de modificación antropogénica. En este contexto, la remoción de la vegetación existente no representa una pérdida significativa de biodiversidad ni compromete la viabilidad de poblaciones silvestres sensibles, ya que el área no constituye un hábitat crítico ni un refugio prioritario para la conservación.

Las actividades de desmonte ocasionaran que en el AeP se remueva a los individuos de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en caso de encontrarse alguna especie de este tipo que no se hubiera registrado durante las actividades de muestreo de vegetación, así como la remoción de los ejemplares de *Cupressus lusitánica* que se encuentra en la categoría de sujeta a protección especial (Pr) en el documento normativo previamente indicado. Asimismo, se registró la presencia de 15 especies que son catalogadas como endémicas; en la UICN *Coryphantha pycnacantha* se cataloga como especie en peligro (EN) y nueve de las cactáceas se enlistan en el Apéndice II de la CITES.

Este impacto será permanente, ya que por las características del proyecto solo se permitirá la revegetación natural debajo de los paneles solares con especies principalmente herbáceas.

El efecto será evidente en cuanto se inicie con las actividades de desmonte, toda vez que dicha actividad está encaminada a remover la vegetación presente incluyendo a las especies de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se deberán tomar las medidas necesarias para salvaguardar a los individuos de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Magnitud:

- Indicador: Número de especies endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles de afectación

- Descripción La magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se localizan en el sitio del proyecto, comparado con el número de especies potenciales endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se reportaron en el SAR

- Expresión

$$I_{EyNOM} = \frac{Sp_{epaep}}{SP_{epsar}}$$

En el cual:

I_{EyNOM} = Valor de afectación potencial a individuos de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019)

SP_{epAeP} = Número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) en presente en el AeP.

S_{Pesar} = Número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potenciales en el SAR.

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. **Tamaño de las poblaciones.** **Endemismo y especies en riesgo.** **Cobertura.** **Patrones de dispersión de semillas.**	X	X	X	X

En el AeP se registró la presencia solo de tres especies con estatus de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, además se registró la presencia de 15 especies endémicas.

Con base en los datos bibliográficos recabado, se determinó que la flora potencial en el SAR está integrada por 231 especies de las cuales ocho de ellas tienen régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 78 son endémicas, seis se encuentran en la UICN (categorías VU, EN y NT) y 27 se encuentran en el Apéndice II de la CITES.

De acuerdo con el número de especies endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que podrán ser afectados en comparación con las especies potenciales del SAR se estimó la magnitud potencial del impacto en un valor de 0.207, en una escala de 0. A 1.0.

$$I_{EyNOM} = \frac{17}{82} = 0.207$$



Por lo tanto, se concluye que el establecimiento del parque fotovoltaico tendrá un impacto ambiental poco destacable en términos de pérdida de diversidad biológica, especialmente al no afectar significativamente especies endémicas, raras o altamente vulnerables. Este nivel de impacto puede reducirse aún más si se implementan medidas de manejo ambiental, como la reubicación de individuos en riesgo o la integración de vegetación nativa en zonas de amortiguamiento del proyecto.

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	Locales
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	No

Impacto: **Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.**

El establecimiento del parque fotovoltaico puede alterar el patrón natural de acumulación y dispersión de las semillas, sustancialmente de las herbáceas, al modificar temporalmente la cobertura del suelo, remover especies vegetales clave y crear barreras físicas que limitan el movimiento de agentes dispersores como el viento, el agua y la fauna. Esta alteración puede reducir la conectividad entre parches de vegetación y afectar la regeneración natural de especies locales, especialmente aquellas que dependen de animales para su dispersión. La

20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
21. Reducción de las poblaciones de la flora presentes debido a la remoción de individuos y la alteración del hábitat.
22. Incidencia negativa de individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.
24. Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.

Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Riqueza y abundancia. Tamaño de las poblaciones. Endemismo y especies en riesgo. Cobertura. Patrones de dispersión de semillas.	X	X	X	X

fragmentación del hábitat también puede disminuir la llegada de semillas desde áreas externas, reduciendo el reclutamiento de plantas en la zona intervenida.

Ficha técnica del impacto:

Magnitud del impacto: Moderada (puede ser mayor en zonas con vegetación secundaria en recuperación o en procesos de restauración natural)

Extensión: Local – En el área intervenida y zonas de influencia inmediata

Duración: Largo plazo (mientras existan condiciones limitantes para la dispersión)

Reversibilidad: Parcialmente reversible mediante restauración ecológica y manejo de conectividad

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	No

Tabla V.19**: Cédula 6 de impactos ambientales potenciales**
Factor ambiental: procesos del medio biótico

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).
26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.
27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.
28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.
29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.
30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide	Comportamiento fauna.	ETAPAS			
			Movilidad de especies.	PS	C	OYM	A
			Área y recursos de alimentación.	X	X	X	X
			Fragmentación de áreas con vegetación natural.				
			Rutas migratorias.				
			Microambientes.				

Síntesis descriptiva

Impactos:

- Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).
- Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.

Impacto: **Modificación del hábitat y efectos en la fauna**: En el ecosistema agrícola que cubre la mayor parte del AeP, la instalación del parque fotovoltaico puede modificar el hábitat de la fauna local, reduciendo su movilidad y generando estrés y desplazamiento, especialmente en especies que utilizan el entorno agrícola como área de paso o alimentación. Además, las superficies reflectantes de os paneles, eventualmente pueden alterar el comportamiento de especies polarotácticas, como aves acuáticas e insectos, que, según las hipótesis de quienes plantean esto, pueden confundir los paneles con cuerpos de agua, lo que puede afectar sus patrones de actividad y reproducción.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Biológico – Fauna terrestre y acuática asociada a ambientes agrícolas

Componentes y acciones causales:

- Instalación de estructuras fotovoltaicas con alta reflectancia.
- Remoción de cobertura vegetal usada como refugio o zona de tránsito.
- Aumento del tráfico y ruido durante las fases de construcción y operación.

Magnitud del impacto: baja a moderada (mayor en especies sensibles a señales visuales o con alta dependencia del hábitat perturbado)

Extensión: Local (principalmente en el área del parque y sus bordes)

Duración: Mediano a largo plazo (durante la vida útil del proyecto)

Reversibilidad**:** Parcialmente reversible, mediante adecuaciones al diseño del parque y manejo del entorno

Probabilidad de ocurrencia: Alta

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).
26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.
27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.
28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.
29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.
30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna. **Movilidad de especies.** **Área y recursos de alimentación.** **Fragmentación de áreas con vegetación natural.** **Rutas migratorias.** **Microambientes.**	X	X	X	X

Tipo de impacto:

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	Si

Impacto**: alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna**

En estas áreas, previamente perturbadas por la actividad agrícola, la instalación de un parque fotovoltaico puede alterar los patrones naturales de desplazamiento de la fauna, ya sea por la creación de barreras físicas que interrumpen sus rutas habituales o por el cambio en la disponibilidad de recursos vitales, lo que puede inducir a las especies a buscar nuevas áreas para alimentarse, refugiarse o reproducirse

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Biológico – Fauna terrestre

Componentes y acciones causales:

- Construcción e instalación de infraestructura del parque (paneles, cercado, caminos).
- Cambio en la estructura del hábitat.
- Reducción o redistribución de recursos disponibles.

Magnitud del impacto:
Baja a moderada (dependiendo del grado de conectividad del paisaje circundante y la movilidad de las especies)

Extensión: Local (principalmente en el área ocupada por el parque y su zona inmediata de influencia)

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).
26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.
27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.
28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.
29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.
30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna.				
			Movilidad de especies.				
			Área y recursos de alimentación.	X	X	X	X
			Fragmentación de áreas con vegetación natural.				
			Rutas migratorias.				
			Microambientes.				

Duración: Mediano a largo plazo (puede persistir durante toda la operación del parque si no se mitiga)

Reversibilidad: Parcialmente reversible, mediante medidas de conectividad ecológica (corredores, pasos de fauna)

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Parcialmente reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local**.

La implantación de un parque fotovoltaico en un ecosistema agrícola puede reducir la disponibilidad de áreas utilizadas por la fauna local como fuente de alimento, particularmente cultivos, pastos o vegetación espontánea en márgenes y bordes. Esta pérdida puede afectar a especies generalistas que dependen de estos espacios para forrajeo, tales como aves, pequeños mamíferos, reptiles e insectos.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Biológico – Fauna terrestre

Componentes y acciones causales:

- Remoción de cobertura vegetal agrícola o ruderal.
- Instalación de infraestructura que reduce el área disponible para alimentación.
- Cambios en la estructura del microhábitat y reducción de diversidad florística.

Magnitud del impacto: Baja a moderada (según la intensidad del uso de los terrenos por parte de la fauna y la disponibilidad de hábitats alternativos)

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).

26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.

27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.

28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.

29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.

30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna. **Movilidad de especies.** **Área y recursos de alimentación.** **Fragmentación de áreas con vegetación natural.** **Rutas migratorias.** **Microambientes.**	X	X	X	X

Extensión: Local (principalmente dentro del área ocupada por el parque y sus zonas de influencia inmediata)

Duración: Mediano a largo plazo

Reversibilidad: Parcialmente reversible si se implementan medidas de manejo del sitio

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Indirecto
Por su duración:	Temporal.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Parcialmente reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.**

Impacto: **Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.**

La instalación del parque fotovoltaico en los terrenos seleccionados, dominados por un agroecosistema puede generar barreras físicas y funcionales que interrumpan el desplazamiento natural de especies de fauna de lento movimiento, como reptiles, roedores y ciertos insectos. También puede limitar la dispersión de semillas o propágulos de algunas plantas. Esto reduce la conectividad entre fragmentos de hábitat, lo que a su vez puede dificultar el acceso a recursos vitales y aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones aisladas.

Además**,** la combinación de los impactos aislamiento de poblaciones de flora y fauna (especialmente de fauna con movilidad reducida) y afectación de rutas de desplazamiento por fragmentación del agroecosistema y barreras físicas**,** puede generar un **efecto sinérgico** claro sobre los procesos del medio biótico. Estos dos impactos interactúan entre sí de manera que:

- La fragmentación del agroecosistema y las barreras físicas (como cercas, caminos internos o filas de paneles) restringen el movimiento de especies que necesitan desplazarse para buscar alimento, refugio o pareja.

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).

26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.

27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.

28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.

29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.

30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna. **Movilidad de especies.** **Área y recursos de alimentación.** **Fragmentación de áreas con vegetación natural.** **Rutas migratorias.** **Microambientes.**	X	X	X	X

- Al mismo tiempo, el aislamiento de individuos o grupos poblacionales limita la recolonización de áreas perturbadas, lo que reduce la viabilidad de las poblaciones a largo plazo**.**

- En flora, la fragmentación y el aislamiento interrumpen la dispersión de semillas y propágulos**,** acentuando la pérdida de diversidad y regeneración natural.

Estos efectos, en conjunto, se potencian mutuamente y pueden resultar en una disminución de la diversidad biológica local, reducción del tamaño poblacional efectivo y pérdida funcional del ecosistema, dando como resultado del efecto sinérgico: la menor resiliencia ecológica del agroecosistema, una mayor pérdida local para especies sensibles o con baja movilidad. Y la disminución en los procesos ecológicos como dispersión, polinización y migración.

También es importante destacar que, si bien a la escala del proyecto su alcance puede llegar a los límites de su área de influencia (AiP), consideran los efectos equivalentes que han ocasionado proyectos establecidos en el SAR el alcance de estos efectos conjuntos alcanza la dimensión de un impacto acumulativo en el SAR.

Ficha técnica de los impactos.

Ambiente afectado: Biológico – Flora y fauna terrestre; procesos ecológicos funcionales

Componentes o acciones causales:

- Construcción de infraestructura que interrumpe la continuidad del paisaje.
- Eliminación o degradación de corredores biológicos naturales.
- Barreras físicas que impiden o dificultan el tránsito de fauna.
- Fragmentación de poblaciones y microhábitats en un agroecosistema ya modificado.
- Operación de otro tipo de proyectos en el SAR.

Magnitud del impacto: Alta (particularmente para especies sensibles a la fragmentación o con baja movilidad)

Extensión: Local, con posibles implicaciones regionales si se comprometen corredores ecológicos importantes

Duración: Largo plazo (mientras persistan las barreras y el aislamiento ecológico)

Reversibilidad:
Difícilmente reversible sin intervención activa (restauración, conectividad, monitoreo)

Probabilidad de ocurrencia:
Alta

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).
26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.
27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.
28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.
29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.
30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna.				
			Movilidad de especies.				
			Área y recursos de alimentación.	X	X	X	X
			Fragmentación de áreas con vegetación natural.				
			Rutas migratorias.				
			Microambientes.				

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Indirecto
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	SAR (*)
Por su intensidad y magnitud	Leves
Por su reversibilidad	Parcialmente reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	Si
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas**.

La instalación de paneles fotovoltaicos en un ecosistema agrícola puede generar alteraciones en las condiciones microclimáticas y ecológicas del área intervenida. Bajo y alrededor de la infraestructura, pueden presentarse cambios en la temperatura, humedad, radiación solar, infiltración de agua y circulación del aire. Estas modificaciones afectan la dinámica del suelo, la composición de la vegetación herbácea y la presencia de microfauna, lo cual puede modificar las interacciones ecológicas y los procesos de regeneración natural.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Físico y biológico – Suelo, microclima, vegetación baja y fauna menor

Componentes o acciones causales:

- Sombra permanente o intermitente generada por los paneles.
- Reducción de la radiación solar directa y del régimen hídrico en ciertas áreas.
- Alteración del flujo de aire y de la temperatura superficial.

Magnitud del impacto: Baja a moderada (según la extensión del parque y el grado de alteración del entorno original)

Extensión: Local (principalmente en el área directamente cubierta o sombreada por los paneles)

Duración: Largo plazo (mientras se mantenga la infraestructura)

Reversibilidad: Parcialmente reversible tras el desmantelamiento del proyecto

Probabilidad de ocurrencia: Alta

25. Modificación del hábitat de la fauna, reduciendo su movilidad y provocando estrés y desplazamiento, también puede alterar el comportamiento de especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos).

26. Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción de búsqueda de satisfactores vitales.

27. Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local.

28. Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna, en este último caso de individuos de movilidad reducida.

29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación del agroecosistema y del establecimiento de barreras físicas.

30. Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura (paneles) del proyecto, por alteraciones de sus condiciones climáticas y ecológicas.

Factor en el que incide	Procesos del medio biótico	Subfactor en el que incide		ETAPAS			
				PS	C	OYM	A
			Comportamiento fauna. **Movilidad de especies.** **Área y recursos de alimentación.** **Fragmentación de áreas con vegetación natural.** **Rutas migratorias.** **Microambientes.**	X	X	X	X

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Tabla V.20**: Cédula 7 de impactos ambientales potenciales**
Factor ambiental: Paisaje

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide	Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	ETAPA			
				PS	C	OYM	A
				X	X	X	X

Síntesis descriptiva

Impacto: **Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno**

En un agroecosistema, como puede definirse el AeP, donde el paisaje está conformado por patrones tradicionales de cultivo, parcelas, bordes vegetales, caminos rurales y elementos culturales asociados, la calidad paisajística depende tanto de la armonía visual como de la relación funcional entre el ser humano y el ambiente productivo.

Cuando se introduce un proyecto como un parque fotovoltaico, pueden ocurrir los siguientes efectos:

- **Pérdida de continuidad visual:** la presencia de estructuras tecnológicas repetitivas (paneles solares, cercas, caminos internos) contrasta con la morfología y textura del paisaje agrícola.
- **Fragmentación visual y ecológica:** se interrumpe la unidad del paisaje productivo, reduciendo su funcionalidad como espacio agrícola o hábitat.
- **Desconexión cultural:** se puede alterar el sentido de pertenencia de las comunidades al territorio, especialmente cuando el paisaje tiene valor simbólico o histórico.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Físico y biológico – Suelo, microclima, vegetación baja y fauna menor

Componentes o acciones causales:

- Sombra permanente o intermitente generada por los paneles.
- Reducción de la radiación solar directa y del régimen hídrico en ciertas áreas.
- Alteración del flujo de aire y de la temperatura superficial.

Magnitud del impacto: Baja a moderada (según la extensión del parque y el grado de alteración del entorno original)

Extensión: Local (principalmente en el área directamente cubierta o sombreada por los paneles)

Duración: Largo plazo (mientras se mantenga la infraestructura)

Reversibilidad: Parcialmente reversible tras el desmantelamiento del proyecto

Probabilidad de ocurrencia: Alta

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide	Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	ETAPA			
				PS	C	OYM	A
				X	X	X	X

Consecuencia: La alteración de la calidad paisajística en un agroecosistema puede llevar a la **pérdida de identidad del paisaje rural**, disminuir su valor escénico, y generar **rechazo social** si no se gestiona adecuadamente.

La instalación de un parque fotovoltaico genera una transformación física del paisaje, ocasionada por la colocación de estructuras tecnológicas extensivas (paneles, cercas, caminos) que modifican de forma notable la percepción visual del entorno. Esta transformación incide tanto en la calidad escénica, ,que inicialmente resulta en un elemento atractivo, por el desconocimiento regional de este tipo de infraestructuras pero, paralelamente afecta el valor simbólico, cultural o identitario que el paisaje pueda tener para la población local o visitantes, provocando una alteración en su apreciación estética y en la percepción del entorno natural o rural preexistente.

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.**

La implantación de un parque fotovoltaico puede afectar la integridad paisajística del territorio al provocar una transformación simultánea de sus componentes visuales, ecológicos y culturales. Esta alteración implica no solo la pérdida de continuidad visual y natural del paisaje, sino también la modificación de su estructura ecológica y del significado cultural asociado al uso tradicional del suelo, lo que puede alterar la relación histórica de las comunidades con su entorno.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Socioambiental – Paisaje e identidad territorial

Componentes o acciones causales:

- Sustitución de paisajes agrícolas o naturales por infraestructura tecnológica.
- Fragmentación de elementos visuales y ecológicos del paisaje.

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide		ETAPA			
				PS	C	OYM	A
			Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	X	X	X	X

- Cambios en el uso del suelo que pueden afectar prácticas culturales asociadas al territorio.

Magnitud del impacto: Moderada a alta (dependiendo del valor ecológico, escénico y simbólico del paisaje)

Extensión: Regional – Afecta tanto el sitio directo del proyecto como su zona de influencia visual y cultural

Duración: Largo plazo

Reversibilidad: Parcialmente reversible tras el desmantelamiento, pero difícil de restaurar la dimensión cultural y ecológica original

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.**

La implantación de un parque fotovoltaico puede generar una fragmentación significativa del paisaje, interrumpiendo la continuidad espacial y funcional del territorio. Esta fragmentación afecta la conectividad ecológica, dificultando el movimiento de especies, el flujo genético, la dispersión de semillas y la interacción entre hábitats. También puede afectar procesos hidrológicos y limitar el uso tradicional del espacio por comunidades humanas o fauna silvestre.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Biológico y socioambiental – Estructura del paisaje y conectividad ecológica

Componentes o s causales:

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide		ETAPA			
				PS	C	OYM	A
			Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	X	X	X	X

- Instalación de grandes superficies de infraestructura (paneles, cercas, caminos internos).
- Eliminación de cobertura vegetal continua.
- Exclusión de fauna por barreras físicas.
- Reducción o pérdida de corredores naturales.

Magnitud del impacto: Moderada a alta (dependiendo del tamaño del proyecto y la configuración del paisaje previo)

Extensión: Local a regional – Puede afectar la conectividad entre diferentes parches de hábitat

Duración: Largo plazo (durante la operación del parque)

Reversibilidad:
Parcialmente reversible, si se restauran corredores ecológicos o se reconfigura el uso del espacio tras el desmantelamiento

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.**

El establecimiento de un parque fotovoltaico en una zona de uso agrícola implica la sustitución de prácticas productivas tradicionales por infraestructura energética, lo que puede alterar la identidad rural del paisaje. Esta transformación no solo modifica la apariencia visual del territorio, sino que también puede afectar el vínculo cultural, económico y simbólico que las comunidades locales mantienen con el uso histórico del suelo, su entorno productivo y su forma de vida.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Socioambiental – Paisaje, identidad cultural y dinámica social

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide		ETAPA			
				PS	C	OYM	A
			Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	X	X	X	X

Factores causales:

- Cambio de uso de suelo agrícola a industrial o energético.
- Pérdida de elementos característicos del paisaje rural (cultivos, estructuras tradicionales).
- Modificación en los patrones de uso del territorio y de actividades económicas asociadas.

Magnitud del impacto: Moderada a alta (dependiendo del valor cultural del paisaje y del grado de sustitución del uso tradicional del suelo)

Extensión: Local a regional – Puede afectar tanto al sitio del proyecto como a las comunidades vinculadas al territorio

Duración: Largo plazo

Reversibilidad: Difícilmente reversible, especialmente en su dimensión cultural

Probabilidad de ocurrencia: Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
La instalación de un parque fotovoltaico altera el paisaje al introducir elementos artificiales (paneles, estructuras metálicas, cercas) con patrones geométricos y repetitivos que contrastan con la composición visual natural o agrícola del entorno. Este contraste puede romper la armonía del paisaje preexistente, afectando su percepción estética, especialmente en áreas abiertas o con alta visibilidad desde caminos o comunidades cercanas.

Ficha técnica del impacto:

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide		ETAPA			
				PS	C	OYM	A
			Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	X	X	X	X

Ambiente afectado:
Socioambiental – Paisaje y percepción visual

Componente y acciones causales:

- Instalación de filas regulares de paneles solares y estructuras auxiliares.
- Uniformización visual del terreno por la repetitividad de los elementos tecnológicos.
- Pérdida de elementos paisajísticos naturales o agrícolas que brindan diversidad visual.

Magnitud del impacto:
Moderada (puede ser mayor en zonas con alto valor escénico o turístico)

Extensión:
Local a regional – Según la visibilidad del proyecto desde distintos puntos del entorno

Duración:
Largo plazo (durante la operación del parque)

Reversibilidad:
Reversible tras el desmantelamiento del parque; parcialmente mitigable con diseño visual adaptado

Probabilidad de ocurrencia:
Alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Impacto: **Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia**

El establecimiento de un parque fotovoltaico puede generar una ruptura puntual en la conexión cultural que las comunidades locales mantienen con su paisaje, al introducir tecnologías modernas que contrastan con los valores históricos, simbólicos o tradicionales

31. Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
32. Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
33. Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
34. Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
35. Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
36. Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide		ETAPA			
				PS	C	OYM	A
			Calidad. Integridad. Conectividad. Identidad rural. Contraste visual. Conexión cultural.	X	X	X	X

del territorio. Esta desconexión puede afectar la percepción del entorno como parte de la identidad cultural colectiva, particularmente en zonas con fuerte arraigo rural o agrícola.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado:
Socioambiental – Dimensión cultural del paisaje

Factores causales:

- Sustitución de usos tradicionales del suelo (agrícolas o ganaderos) por infraestructura tecnológica.
- Incorporación de elementos visuales y funcionales ajenos al contexto cultural local.
- Alteración de la percepción del territorio como espacio identitario.

Magnitud del impacto: Baja a moderada (dependiendo del arraigo cultural de la comunidad con el paisaje intervenido)

Extensión: Puntual o local – Principalmente en el sitio de establecimiento y zonas de percepción directa

Duración: Mediano a largo plazo

Reversibilidad: Parcialmente reversible con estrategias de apropiación social del proyecto

Probabilidad de ocurrencia: Media a alta

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

Tabla V.21: **Cédula 8 de impactos ambientales potenciales**
Factor ambiental: Infraestructura existente

41. Afectación de las vialidades rurales por el incremento de tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

43. Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por las autoridades competentes de su resguardo.

Factor en el que incide	Infraestructura existente	Subfactor en el que incide	Estructura de vialidades rurales. Yacimientos arqueológicos	ETAPAS			
				PS	C	OyM	A
				x	x		x

Síntesis descriptiva

Impacto: **Afectación de las vialidades rurales por el incremento de tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.**

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción de un parque fotovoltaico, se incrementa significativamente el tránsito de maquinaria pesada, camiones y vehículos de carga sobre vialidades rurales no diseñadas para soportar ese tipo de uso. Esto puede provocar deterioro físico de caminos, generación de polvo, obstrucciones temporales, aumento del riesgo de accidentes y afectaciones a la movilidad de la población local y de actividades agrícolas.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado: Socioeconómico – Infraestructura rural y movilidad local

Componentes y acciones causales:

- Incremento en el tránsito de vehículos pesados y maquinaria.
- Uso intensivo de caminos rurales no pavimentados o de bajo mantenimiento.
- Movilización constante de materiales de construcción, equipo y personal.

Magnitud del impacto: Moderada (puede ser alta si las vialidades locales son frágiles o de uso comunitario intensivo)

Extensión: Local – Limitado a las rutas de acceso al sitio del proyecto

Duración: Corto a mediano plazo – Principalmente durante la fase de construcción

Reversibilidad: Reversible con acciones de mantenimiento y rehabilitación

Probabilidad de ocurrencia: Alta.

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente.
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Irreversible durante vida útil del proyecto
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

41. Afectación de las vialidades rurales por el incremento de tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

43. Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por las autoridades competentes de su resguardo.

Impacto: **Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por las autoridades competentes de su resguardo.**

Durante las actividades de preparación del sitio y construcción de un parque fotovoltaico, existe el riesgo de afectar yacimientos arqueológicos o bienes patrimoniales si no se atienden adecuadamente los lineamientos establecidos por la autoridad competente (INAH u organismo correspondiente). La intervención sin supervisión arqueológica puede provocar la destrucción parcial o total de vestigios culturales, pérdida de contexto histórico y daños irreversibles al patrimonio cultural.

Ficha técnica del impacto:

Ambiente afectado:
Cultural – Patrimonio arqueológico y bienes históricos

Componentes o acciones causales:

- Movimiento de tierras y excavaciones sin supervisión especializada.
- Desconocimiento o inobservancia de zonas con potencial arqueológico.
- Falta de coordinación con autoridades en materia de patrimonio cultural.

Magnitud del impacto: Alta (en caso de presencia de bienes arqueológicos no detectados o no protegidos)

Extensión: Puntual – Limitado a las áreas donde se ubiquen vestigios o materiales culturales

Duración: Permanente – El daño arqueológico es irreversible

Reversibilidad: Irreversible en caso de pérdida de información arqueológica

Probabilidad de ocurrencia:
Media a alta (dependiendo del contexto histórico del sitio y de la atención a lineamientos).

Tipo de impacto

Clasificación básica	
Por su naturaleza	Negativo
Por su origen	Directo
Por su duración:	Permanente
Por su alcance espacial:	Local
Por su intensidad y magnitud	Moderada
Por su reversibilidad	Reversible
Dimensión o atributos	
Acumulativo	No
Sinérgico	No
Residual	SI

V.1.4 Impactos residuales

La residualidad es una característica sobresaliente de los impactos ambientales; se trata de efectos irrecuperables en el ambiente ocasionados por una o más acciones del proyecto. En este caso, la alteración del medio o la pérdida de algunos de sus atributos es imposible de reparar de manera natural o por la acción humana mediante la aplicación de medidas de mitigación.

Conceptualmente se asume que toda obra o actividad que ocupa un espacio físico para su establecimiento puede derivar en impactos residuales, pero no solo eso, cuando el efecto no tiene una forma técnicamente razonable, económica, ambientalmente viable y socialmente aceptada para anularlo, estamos ante impactos de residualidad.

La identificación, evaluación y descripción de los impactos residuales, permite separar y dar el peso adecuado a los impactos que no son posibles de mitigar totalmente, que son inevitables y que forman parte del propio proyecto por lo que es necesario dedicar una sección especial del presente capítulo a su análisis. Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, es factible que un impacto que puede alterar el funcionamiento o la estructura de cierto componente o proceso ecosistémico dentro del SAR, reduzca su efecto o destacabilidad. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales.

Como se menciona con anterioridad, la identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente, en consecuencia, el resultado de esta sección, aporta la definición y el análisis del “costo ambiental” del proyecto, entendiendo por tal, la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR.

En muchos casos de residualidad cabe la aplicación de medidas de compensación, esto representa una estrategia de sustitución de un elemento ambiental perdido por otro de igual valor o de la misma función o como la sustitución de la acción productora del efecto negativo; en estos casos para asegurar la eficacia y la eficiencia de la medida compensatoria, es necesario que esta sea aplicada en el mismo ecosistema modificado por el efecto del impacto residual.

La alteración que supone un impacto residual puede ser atenuada, pero no necesariamente evitada en la totalidad de su efecto, en todo caso, estamos ante un impacto residual (Conesa, 2010)[13]. En este sentido, esta descripción está alineada a la definición que hace el Reglamento de la LGEEPA en materia de IA, el cual define a estos impactos como aquellos que persisten después de la aplicación de medidas de mitigación; al respecto, si bien la definición no es incorrecta, sí pudiera ser incompleta ya que hay ciertos casos en los cuales ni siquiera cabe la aplicación de medidas de mitigación, tal es el caso del área que ocupa la carpeta asfáltica de una carretera en relación al impacto sobre la remoción de vegetación que ocupaba ese mismo espacio o el cambio de régimen dinámico de un cauce en el cual se construye una represa al pasar de un medio lentico a un medio lotico, etc.

En esta MIA-R la identificación de ese tipo de impactos se llevó a cabo en función del atributo de **recuperabilidad** (o irrecuperabilidad) que se identifica en los impactos ambientales destacables, previamente identificados y evaluados, por lo que aquellos factores del ambiente que no podrán volver a su estado original, de ser el caso, aún con la

aplicación de medidas de mitigación, son considerados como afectados por impactos residuales, ellos representan el costo ambiental del proyecto.

De esta forma, la identificación de estos impactos deriva de un análisis lógico, basado en el conocimiento del proyecto, del ambiente y del estatus de las técnicas aplicables a la mitigación de los impactos correspondientes (Espinoza, 2001)[14] ; así, en el conjunto de los 43 impactos negativos identificados se reconocen 28 impactos como residuales (impactos no recuperables), mismo que incidirán sobre el factor suelo, fauna, flora, procesos del medio biótico y paisaje (tabla V.22).

Tabla V.22**: Impactos con carácter residual.**

Factor	Subfactor	ID	Impactos ambientales
Suelo	Calidad	4	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.
	Calidad	7	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.
	Compactación	8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.
	Uso de suelo	9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.
	Suelo orgánico	10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.
	Cobertura	11	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.
Procesos del medio inerte	Escorrentías	12	Alteración puntual del curso de las escorrentías
	Erosión	13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua.
	Infiltración	14	Posible reducción puntual de la infiltración
	Hábitat	17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP
Flora	Diversidad	20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de la vegetación.
	Tamaño de las poblaciones	21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat
	Endemismo y especies en riesgo	22	Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.
	Cobertura	23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el AeP
	Patrones de dispersión de semillas	24	Modificación negativa del patrón natural de dispersión de semillas.
Procesos del medio biótico	Comportamiento individuos de fauna	25	El proyecto puede transformar el hábitat y afectar la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de actividad y provocando estrés o abandono. También puede alterar el microclima e. hipotéticamente confundir a especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos) por el efecto espejo de los paneles, lo que podría disminuir la riqueza y abundancia de fauna local.
	Movilidad de especies	26	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	27	Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat en los agroecosistemas.

Factor	Subfactor	ID	Impactos ambientales
	Fragmentación de áreas con vegetación natural	28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivado del desarrollo de los componentes del proyecto.
	Rutas migratorias	29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.
	Microambientes	30	Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.
Paisaje	Calidad	31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.
	Integridad	32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
	Conectividad	33	Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
	Identidad rural	34	Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso del suelo agrícola y en la dinámica social y cultural.
	Contraste visual	35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
	Conexión cultural	36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.
Socioeconómico	Infraestructura	43	Incidencia negativa potencial sobre yacimientos arqueológicos por la eventual e improbable falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.

V.1.5 Impactos acumulativos; impactos sinérgicos.

El impacto ambiental acumulativo es aquel efecto que puede ocurrir sobre una parte de algún factor del ambiente, sobre el propio factor o incluso sobre todo el ambiente (incluyendo al factor social como parte del mismo) y que ocurre en el tiempo y en el espacio de manera incremental como resultado de la(s) acción(es) que lo(s) provoca(n), aumentado por el efecto similar ocurrido en el pasado, o que está ocurriendo actualmente o que podría llegar a ocurrir.

El impacto ambiental acumulativo visto desde la perspectiva ecosistémica se materializa en:

a. Efecto incremental en el tiempo: esto es cuando el resultado del desarrollo de un proyecto alcanza paulatina o aceleradamente valores incrementales por la integración de efectos propios del proyecto y que inciden en un mismo factor del ambiente.
b. Impactos de otros proyectos sobre el mismo espacio o sobre el mismo factor ambiental, y
c. Impactos que incrementan su valor como consecuencia de la combinación de efectos y de la naturaleza propia de la acción que lo(s) provoca. En si se trata de un fenómeno de sinergia que es, al fin y al cabo, una concreción de la acumulación.

Visto así, los impactos ambientales acumulativos son el resultado bruto o neto de la adición de efectos de una serie de proyectos o actividades, incluso no relacionadas entre sí, que dan lugar a valores incrementales en el espacio o en el tiempo (CEARC, 1988[15]). Los impactos acumulativos resultan de las interacciones entre acciones, entre acciones y factores del ambiente y entre los propios factores ambientales; la vía resultante de esas causas y efectos es frecuentemente el objetivo de la evaluación de los impactos acumulativos (Ramachandra, et al, 2006[16]). Las vías cómo pueden expresarse los impactos acumulativos son:

- Transporte fisicoquímico. Acontece cuando el constituyente físico o químico es transportado lejos del sitio donde se desarrolla la acción objeto de análisis y, en esa nueva localización, interactúa con otras acciones de otros proyectos.
- Pérdida gradual. Consiste en la pérdida gradual de tierra y hábitat.
- Inducción a la acumulación potencial. Cada nueva acción puede inducir futuros efectos de dimensiones mayores y persistentes, a manera de efecto de retroalimentación y esos efectos pueden ser razonablemente predecibles.
- Combinación en el espacio y en el tiempo. En estos casos, el impacto acumulativo en una región es el resultado de un proyecto en curso (o de un proyecto terminado), en combinación con otros proyectos o actividades que están funcionando bien o van a trabajar en un futuro próximo con efectos destacables. Los impactos acumulativos son los impactos ambientales incrementales de un agente causal, persistente en el tiempo; estos impactos pueden ocurrir cuando el sistema está siendo afectado o perturbado en varias ocasiones por el mismo agente local, con la frecuencia suficiente de forma tal que no hay tiempo para recuperarse entre cada uno de esos eventos (acumulación en el tiempo) o el sistema afectado está siendo perturbado por varios agentes o actividades similares, o por diferentes actividades que producen un efecto similar en un espacio geográfico, relativamente pequeño, para asimilar los efectos de los impactos combinados (acumulación en el espacio).

Lo que es una realidad es que, como en muchos campos de la EIA, la acumulación va a depender de la vulnerabilidad y/o fragilidad de los factores ambientales y de la naturaleza del proyecto que origina las acciones potencialmente perturbadoras; así, para el caso de la PFv Ocote Solar, se había anticipado al inicio de este capítulo que los factores ambientales más vulnerables son: la fauna, flora y, particularmente el cambio de uso de suelo; y el paisaje. En torno a estos elementos constitutivos del ambiente se prevé que se identifiquen efectos de alcance acumulativo, en cualquiera de sus fases de desarrollo.

Es importante destacar que el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, en la fracción VII de su artículo 3 define al impacto ambiental acumulativo como *el efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente*.

Bajo estas consideraciones la determinación de los impactos ambientales acumulativos inició con la identificación de los impactos ambientales del proyecto

que nos ocupa “PFv Ocote Solar” y, para cada uno de los 43 impactos se hizo la determinación del efecto compuesto que podrían tener con los correspondientes a las obras y actividades de otros proyectos que se encuentran en el SAR y que se prevé pudieran estar generando efectos sobre factores del ambiente que pudiesen adicionarse a los procesos de acumulación de los impactos que puede generar el proyecto.

Impactos sinérgicos: en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), la sinergia no es en sí misma un efecto de acumulación, pero puede formar parte del análisis del efecto acumulativo**.**

Diferencias clave: dentro del análisis de impactos acumulativos, es fundamental considerar no solo la suma lineal de los impactos generados por múltiples proyectos o actividades, sino también las posibles interacciones sinérgicas entre ellos. La sinergia se refiere a aquellos casos en los que la combinación de dos o más impactos produce un efecto ambiental de mayor magnitud, persistencia o gravedad que el que resultaría de la simple suma de sus efectos individuales. Estas interacciones pueden intensificar los procesos de degradación ambiental, generar afectaciones nuevas o agravar significativamente aquellas ya existentes. Por lo tanto, la identificación de sinergias es clave para una valoración realista del riesgo ambiental acumulado, particularmente cuando se trata de elementos sensibles como especies en categoría de riesgo, ecosistemas frágiles o recursos no renovables como el suelo y el agua.

- **Efecto acumulativo:** se refiere a la suma en el tiempo o en el espacio de impactos de un mismo tipo causados por uno o varios proyectos, que pueden llevar a una afectación mayor que la generada por un solo proyecto. Por ejemplo, la pérdida progresiva de hábitat por múltiples proyectos en una misma región.
- **Sinergia:** es una forma particular de interacción entre impactos, en la que la combinación de varios efectos produce un impacto mayor o diferente al esperado por la simple suma de cada uno por separado. En otras palabras, el todo es peor que la suma de las partes. Por ejemplo, la combinación de pérdida de cobertura vegetal más contaminación lumínica puede afectar desproporcionadamente a fauna nocturna, más que si se presentaran por separado.

La sinergia no es sinónimo de acumulación, pero puede intensificar los efectos acumulativos**.**

- En una EIA, el análisis de impactos acumulativos puede y debe considerar efectos sinérgicos cuando estos potencialmente agraven los impactos ambientales.

Por lo expuesto, con el objetivo identificar los impactos ambientales residuales, potencialmente acumulativos y sinérgicos en el SAR provocados por proyectos previamente autorizados a nivel federal dentro del sistema ambiental regional, se consultó el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), arrojando como resultado que al interior del SAR de estudio hay mueve proyectos previamente autorizados aunque solo se pudo consultar la

documentación de siete de ellos; en tanto que, para los proyectos que aparentemente no fueron evaluados en materia de EIA pero que ya están en operación desde hace varios años atrás, los efectos (o mejor dicho los daños al ambiente), fueron detectados durante las visitas realizadas para los trabajos prospectivos y de diagnóstico ambiental; la interacción de estos proyectos en el SAR podrían incidir principal y mayoritariamente en los factores ambientales suelo, fauna y procesos del medio inerte (erosión); de estas interacciones se identificó que de los 43 impactos generales identificados en las etapas iniciales de este estudio, 14 de ellos potencialmente se encuadran en la definición de impactos ambientales de carácter acumulativo (tabla V.35); esa posibilidad queda sujeta a determinar su valor de acumulación para ser considerados como tales.

Tabla V.23: Impactos ambientales acumulativos y sinérgicos potenciales en el SAR

Factor	ID	Impactos ambientales	CFv Ocote	Proyectos con EIA							Actividades sin EIA			Σ
				LTPIR	PP	MDH-3D	PFAS	PFSS	PSL	PFDS	CAR	AG	AH	
Suelo	7	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	10
	8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	×	×					×		×		×	5
	9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.		×	×		×	×		×	×		×	7
	10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	×	×	×						×		×	5
	11	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
Procesos del medio inerte	13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua	×	×	×	×	×	×	×	×	×		×	10
Fauna	17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP	×	×	×		×	×	×		×	×	×	9
	18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.	×	×					×	×	×		×	6
	19	Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz)	×	×	×		×	×		×	×	×	×	9
Flora	20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la emoción de vegetación.	×		×		×				×	×	×	6
	21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.	×		×						×	×	×	5
	23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	×	×	×						×	×	×	6
Procesos del medio biótico	28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	×			×				×	×	×	×	6

Factor	ID	Impactos ambientales	CFv Ocote	Proyectos con EIA							Actividades sin EIA			
				LTPIR	PP	MDH-3D	PFAS	PFSS	PSL	PFDS	CAR	AG	AH	Σ
	29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	×		×	×					×	×	×	6

LTPIR Línea de transmisión parque industrial reforma-km 110-38.22 km-230 kv/85 kv-2c/4c (13Hi2011R0021)

PP Proyecto Pachuca (13Hi2014M0011)

MDH-3D Exploración en la concesión denominada Pachuca SE (13Hi2017MD063)

PFAS Planta fotovoltaica Akuwa Solar (13Hi2019E0015)

PFSS Planta fotovoltaica Saturno Solar (13Hii2019E0019)

PSL Parque solar Luciérnaga (13Hi2020R0009)

PFDS Planta Fotovoltaica Delfín Solar (13Hi2020E0068)

CAR: Carreteras; **AG**: Agricultura; **AH**: Asentamientos Humanos.

Una vez determinado este conjunto de impactos potencialmente acumulativos y sinérgicos, son evaluados en términos de la aplicación del valor correspondiente a los criterios siguientes:

La fuente o causa de origen: este criterio se refiere a la importancia que tiene el número de acciones que potencialmente pueden incidir en el incremento del efecto de la acumulación y, el mismo deriva del número de los proyectos preexistentes o en operación identificados en el SAR.

De los procesos de cambio que podrían generar (en el espacio y en el tiempo), lo que ayuda a inferir si los cambios pronosticados ocurrirán solo en el espacio o se presentarán a lo largo del tiempo o, en un caso extremos, ocurrirán en el espacio y en el tiempo.

De los efectos que generan o podrían generar en los ecosistemas: los cuales pueden concretarse en su estructura, en su función o en ambas (estructura y función).

Para cada una de estas variables se le asignó un valor estandarizado. Los valores más altos (3) de estos tres criterios empleados indican que el impacto alcanza un valor determinante de la calidad ambiental del SAR, (tabla V.24).

Tabla V.24**: Valores de los criterios aplicados para determinar acumulación**

Criterio	Valor	Significado
Fuente	1	Una sola acción
	2	Varias acciones proyectos con EIA o varias acciones proyectos sin EIA
	3	Varias acciones proyectos con y sin EIA
Procesos	1	Cambios en el tiempo
	2	Cambios en el espacio
	3	Cambios en el tiempo y espacio
Efectos	1	En estructura del ecosistema
	2	En función del ecosistema

Criterio	Valor	Significado
	3	En estructura y función del ecosistema

Para estimar el valor se aplicó para este caso un modelo de índice de incidencia (Gómez, O. D. et. al., 2012 *Op cit*.), adaptado a un índice de acumulación, el cual utilizó la siguiente ecuación diseñada específicamente para el objetivo antes mencionado:

$$Ac = \frac{Vc - Vac_{min}}{Vac_{max} - Vac_{\min}}$$

Los valores de acumulación así obtenidos, fueron valorados aplicando un el índice de incidencia y, el umbral de selección que definió como impactos acumulativos determinantes de la calidad ambiental a aquellos que tuvieron un valor igual o superior a 0.670 puntos (de un valor máximo potencial de 1.0 puntos), lo cual significará además que estos impactos deberán disponer de medidas concretas de prevención y/o mitigación, al menos para el correspondiente al proyecto que se aborda en esta MIA ya que la vigilancia del cumplimiento de la variable ambiental de todos los demás es materia de las autoridades correspondientes, tano del ámbito federal como estatal.

Los resultados obtenidos permitieron identificar en el conjunto de 14 impactos del SAR (dentro de los cuales se incluyen a los impactos del proyecto PFv Ocote Solar), 13 impactos acumulativos, 11 de ellos sinérgicos, potencialmente determinantes de la calidad ambiental del SAR (tabla V.25), que sobresalen por su incidencia, mismos que actúan particularmente sobre el suelo y sobre los procesos del medio inerte, el aire, la fauna y la flora.

Por lo que se refiere a la sinergia, para que un impacto pueda ser **caracterizado como sinérgico** en el contexto de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)**,** debe presentar una o más de las siguientes características elementales:

1. Interacción entre dos o más impactos: el **impacto sinérgico** no ocurre de manera aislada, sino como resultado de la combinación de dos o más impactos ambientales que pueden provenir de una misma actividad o de diferentes fuentes/proyectos.

2. Resultado mayor que la suma de sus partes: el efecto conjunto debe ser **mayor, más severo o más duradero** que la simple suma de los impactos individuales. Es decir, el resultado combinado **supera lo previsible** si los impactos se evaluaran por separado.

3. Alteración cualitativa del impacto: además de una mayor magnitud, la interacción puede producir **nuevos tipos de afectaciones** no presentes en los impactos individuales.

4. Sincronía espacial y/o temporal: los impactos que generan sinergia **coinciden en tiempo y espacio**, lo que permite su interacción. Si están demasiado alejados geográfica o temporalmente, es poco probable que interactúen de forma significativa.

5. **Intensificación de la vulnerabilidad del receptor:** El efecto sinérgico suele manifestarse más claramente cuando **el factor ambiental receptor del impacto (especie, ecosistema, recurso)** es **sensible o ya está degradado**, y por tanto reacciona más negativamente a impactos combinados.

6. Dificultad de reversión o recuperación: El efecto sinérgico puede ser **más difícil de mitigar, revertir o compensar**, debido a su complejidad o intensidad. Esto lo hace particularmente relevante desde el punto de vista preventivo en la toma de decisiones.

En resumen: un impacto sinérgico se reconoce cuando **dos o más factores interactúan de forma que generan un efecto ambiental más severo o distinto al que producirían de manera independiente**, especialmente cuando **coinciden en tiempo y espacio, afectan un mismo factor ambiental receptor y superan su capacidad de respuesta o resiliencia**.

Los impactos acumulativos son:

(1) 7. Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

(2) 8. Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.

(3) 9. Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto:

(4) 10. Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

(5) 11. 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.

(6) **13. Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua** (erosión).

(7) 11. 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.

(8) **13. Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua** (erosión):

El carácter determinante del efecto acumulativo conjunto de estos seis impactos acumulativos sobre la **calidad ambiental del suelo** se incrementa con la evidencia de sinergia entre ellos, considerando no solo el establecimiento del parque fotovoltaico y, sustancialmente de la presencia de otros diez proyectos similares establecidos o por establecerse en el SAR, se estima que acumulación y la sinergia se fundamentan en la **intensificación y persistencia** de múltiples impactos que, al actuar de forma conjunta en un mismo territorio, superan la capacidad de recuperación natural del ecosistema edáfico.

Tabla V.25**: Sinergia y estimación de valores estandarizados de acumulación**

Factor	ID	Impactos ambientales	VacMáx	VacMín	Fuente	Proceso	Efecto	Índice de acumulación (Iac)	Sinergia	Índice de acumulación estandarizado (Iacs)	Iac (1/) Si	Iac (1/) No
Suelo	7	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	9	3	3	3	2	8	Sinergia entre impactos 7, 8, 9, 10, 11 y 13	0.833	1	0
	8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	9	3	3	2	2	7		0.667	1	0
	9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.	9	3	3	3	2	8		0.833	1	0
	10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	9	3	3	2	3	8		0.833	1	0
	11	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.	9	3	2	3	3	8		0.833	1	0
Procesos del medio inerte	13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua	9	3	3	3	3	9		1.000	1	0
Fauna	17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP	9	3	2	1	1	4		0.167	0	1
	18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.	9	3	3	3	3	9		1.000	1	0
	19	Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del habitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz)	9	3	3	3	3	9		1.000	1	0
Flora	20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la emoción de vegetación.	9	3	3	3	1	7	Sinergia entre impactos 20, 21 y 23	0.667	1	0
	21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.	9	3	3	3	1	7		0.667	1	0
	23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	9	3	3	3	3	9		1.000	1	0
Procesos del medio biótico	28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	9	3	3	3	3	9	Sinergia entre impact	1.000	1	0
	29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	9	3	3	3	3	9		1.000	1	0
										Totales	13	1

Actotaciones:	
(1/)	El digito 1 indica que se trata de un impacto acumulativo determinante de la calidad ambiental que amerita la aplicación de medidas de prevención o de mitigación, al menos para el impacto que puede generar el proyecto.
	El digito 0 indica que el impacto no alcanza un nivel determinante en la calidad ambiental
	Impactos sinérgicos

El carácter determinante del efecto acumulativo conjunto de estos ocho impactos acumulativos sobre la **calidad ambiental del suelo** se incrementa con la evidencia de sinergia entre ellos, considerando no solo el establecimiento del parque fotovoltaico y, sustancialmente de la presencia de otros diez proyectos similares establecidos o por establecerse en el SAR, se estima que acumulación y la sinergia se fundamentan en la **intensificación y persistencia** de múltiples impactos que, al actuar de forma conjunta en un mismo territorio, superan la capacidad de recuperación natural del ecosistema edáfico.

Los efectos acumulativos y sinérgicos incluyen:

- **Alteración físico-química y biológica del suelo**, derivada de la afectación de su estructura y características edafológicas, comprometiendo procesos

ecológicos esenciales como la filtración de agua, el reciclaje de nutrientes y la actividad microbiana.

- **Compactación del suelo** por tránsito constante de maquinaria y personal, lo cual reduce su porosidad, dificulta el intercambio gaseoso y limita el desarrollo radicular y la infiltración de agua, acentuando la degradación estructural.
- **Pérdida permanente de áreas agrícolas**, lo que implica una transformación irreversible del uso del suelo, reduciendo la disponibilidad de superficies productivas y afectando la soberanía alimentaria y la economía local.
- **Reducción del suelo orgánico y remoción de la capa superficial fértil**, que elimina los horizontes más productivos del suelo, dificultando su regeneración y funcionalidad ecológica en el corto y mediano plazo.
- **Remoción de la cobertura vegetal**, que expone el suelo a procesos erosivos, altera los ciclos biogeoquímicos del ecosistema y reduce la capacidad de regulación térmica e hídrica del sustrato.
- **Incremento en los procesos de erosión hídrica y eólica**, consecuencia directa de la alteración estructural y la pérdida de vegetación, que conlleva a una disminución progresiva del espesor del suelo y su fertilidad natural.

En conjunto, estos impactos **se acumulan espacial y temporalmente**, generando una presión ambiental constante y creciente sobre el recurso edáfico. Dicha presión compromete no solo la calidad ambiental del suelo, sino también su capacidad para sostener servicios ecosistémicos esenciales, como la productividad agrícola, la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono y el soporte a la biodiversidad. Por tal razón y, para atender desde un enfoque preventivo el surgimiento ambiental de este impacto en el AeP y/o en su AiP, en el capítulo VI de esta MIA se propondrá la elaboración y realización de un Programa de manejo y preservación del suelo

El carácter del efecto acumulativo conjunto es crítico y determinante de la calidad ambiental del suelo en el SAR, ya que implica una degradación significativa, y persistente, específicamente por el efecto, al parecer no controlado o con controles deficientes, de los otros proyectos que operan en la zona (carreteras y vialidades rurales, proyecto minero y líneas de transmisión), lo cual afecta de manera estructural la integridad ecológica del territorio y limita su resiliencia ambiental y socioeconómica.

4. 18.Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.

La incidencia negativa sobre especies de fauna silvestre endémica o con categoría de riesgo, generada por el establecimiento de un parque fotovoltaico, adquiere un carácter acumulativo determinante al sumarse a impactos similares derivados de al menos diez proyectos adicionales en la misma región. Este efecto acumulativo representa una afectación crítica y sostenida sobre la viabilidad de poblaciones silvestres, comprometiendo su permanencia a escala regional.

Los mecanismos que sustentan este carácter determinante incluyen:

- **Fragmentación progresiva del hábitat**: La instalación repetida de infraestructura en áreas previamente continuas reduce y aísla los hábitats disponibles, impidiendo el desplazamiento, la reproducción y el acceso a recursos vitales para especies con distribución restringida.
- **Pérdida de cobertura vegetal clave para especies sensibles**: Muchas especies endémicas o amenazadas dependen de microhábitats específicos. La remoción o alteración repetida del entorno natural disminuye significativamente la calidad y cantidad del hábitat esencial para su supervivencia.
- **Presión sinérgica sobre poblaciones pequeñas o vulnerables**: Los impactos acumulativos reducen los tamaños poblacionales y la diversidad genética, aumentando el riesgo de extinción local, especialmente en especies con baja tasa reproductiva, alta especialización ecológica o distribución limitada.
- **Interferencia continua y repetitiva en el comportamiento de la fauna**: El tráfico de maquinaria, presencia humana constante, ruido, iluminación artificial y otras perturbaciones asociadas a múltiples proyectos incrementan los niveles de estrés, desplazamiento y mortalidad directa o indirecta.
- **Agravamiento del riesgo de extinción regional**: Al coincidir espacial y temporalmente estos proyectos dentro del rango de distribución de especies amenazadas, se reduce de forma crítica su hábitat disponible y su resiliencia frente a otras presiones (como cambio climático, caza, enfermedades).

Conclusión: El efecto acumulativo sobre la fauna endémica o en categoría de riesgo presenta un carácter determinante para la calidad ambiental, particularmente por la afectación existente a individuos de lento desplazamiento que cruzan las carreteras y que sufren atropellamientos o por aves que colisionan con postes y líneas aéreas de los proyectos actualmente en operación (por ejemplo en las carreteras no existe un solo paso de fauna), ni tampoco se observan estructuras preventivas de colisiones en las líneas de alta tensión), lo cual compromete la integridad ecológica del ecosistema y la viabilidad de conservación de especies prioritarias a escala Del SAR. Dada la vulnerabilidad biológica de estas especies y la continuidad de los impactos en el tiempo y espacio, se considera que este efecto tiene una alta significancia ambiental, con posibles consecuencias irreversibles, para reducir en la escala correspondiente la eventualidad de incremento de este impacto, el proyecto propondrá un conjunto de medidas de prevención, mitigación y compensación, las cuales se destacan en el capítulo VI de esta MIA-R.

5. 19. Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).

La afectación potencial a especies de fauna vulnerable derivada de la transformación del hábitat natural y la incorporación de estímulos artificiales perjudiciales, que alteren los patrones naturales de luminosidad (diurna y nocturna) en el AeP y en el SAR, representa un efecto acumulativo con carácter determinante sobre la calidad ambiental, al sumarse a impactos similares generados por al menos diez proyectos en la misma región.

Este efecto se considera determinante por las siguientes razones:

- **Perturbación crónica del hábitat a escala regional**: La transformación repetida y simultánea del hábitat natural por múltiples desarrollos fotovoltaicos reduce progresivamente la disponibilidad de refugios, corredores biológicos y sitios críticos para alimentación, reproducción y desplazamiento de especies vulnerables.
- **Aumento en la exposición a estímulos artificiales dañinos (contaminación lumínica)**: La emisión de luz artificial, especialmente en zonas previamente oscuras, interfiere en los ciclos circadianos y patrones de comportamiento de fauna nocturna (anfibios, murciélagos, aves migratorias e insectos), alterando sus ritmos de actividad, reproducción y alimentación.
- **Impacto incremental sobre especies de alta sensibilidad**: Las especies vulnerables, por sus requerimientos ecológicos específicos, presentan una menor tolerancia a cambios ambientales abruptos y acumulativos. La exposición constante a transformaciones del entorno y estímulos artificiales disminuye su capacidad de adaptación y resiliencia.
- **Reducción de la funcionalidad ecológica de los ecosistemas**: La combinación de pérdida de hábitat y perturbaciones sensoriales genera un deterioro del equilibrio ecológico, afectando no solo a las especies directamente impactadas, sino también a las interacciones tróficas y a los procesos ecológicos que sustentan la biodiversidad local.
- **Fragmentación y aislamiento de poblaciones**: La repetición de estos impactos en distintos sitios geográficos rompe la conectividad del paisaje, lo que puede llevar al aislamiento genético de poblaciones, pérdida de variabilidad y disminución en la viabilidad poblacional a largo plazo.

Conclusión: el carácter del efecto acumulativo es determinante sobre la calidad ambiental, ya que la suma de impactos derivados de la transformación del hábitat y la contaminación lumínica compromete gravemente la integridad ecológica del territorio y la supervivencia de especies vulnerables. Este tipo de impacto, persistente, conlleva riesgos significativos de alteraciones ecológicas si no se establecen medidas efectivas de mitigación y manejo adaptativo, al respecto y en lo que le compete, dentro de las propuestas de medidas de prevención y mitigación que sean aplicables y que aseguren que, con su cumplimiento y aplicación la parte proporcional del impacto que le pudiera corresponder, lo cual se detalla en el capítulo VI de esta MIA-R.

6. 20. Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.

7. 21. Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.

8. 23. Reducción de la cubierta vegetal forestal en el AeP: el carácter de impacto.

El carácter **acumulativo y sinérgico** de los impactos relacionados con la remoción de vegetación y afectación a la flora, de los tres impactos anteriores considerando además la interacción con otros diez proyectos similares en la misma región, se explica a continuación:

Los impactos asociados a la remoción de vegetación y alteración del hábitat, específicamente la reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales, la disminución de poblaciones de flora por remoción directa e indirecta, y la reducción de la cubierta vegetal forestal dentro del Área del Proyecto (AeP), adquieren un **carácter acumulativo y sinérgico** determinante al sumarse a los efectos similares generados por al menos diez proyectos adicionales en la región.

Carácter acumulativo: estos impactos presentan un carácter acumulativo debido a que:

- Se repiten y expanden geográficamente con cada nuevo proyecto, reduciendo progresivamente la superficie total de vegetación natural disponible, particularmente aquella con cobertura forestal.
- Contribuyen a una pérdida sostenida y creciente de diversidad vegetal, afectando la representatividad ecológica y funcionalidad de los ecosistemas locales.
- Provocan una modificación persistente del paisaje y del mosaico vegetal, fragmentando hábitats y dificultando la regeneración natural de especies, especialmente de aquellas con requerimientos ecológicos específicos.

Carácter sinérgico: los impactos también presentan un carácter sinérgico, ya que:

- La combinación de remoción directa de individuos con la alteración del microhábitat (suelo, sombra, humedad) genera un impacto más severo sobre las especies vegetales que si ocurrieran por separado.
- La pérdida de diversidad y reducción de cobertura vegetal actúan juntas para aumentar la vulnerabilidad del ecosistema frente a procesos de erosión, invasión de especies exóticas y cambio climático.
- El efecto conjunto produce una **alteración del equilibrio ecológico**, afectando indirectamente otras comunidades biológicas (como polinizadores o fauna dependiente de la vegetación).
- Se genera una pérdida de funciones ecosistémicas clave, como la regulación hídrica, la captura de carbono y la protección del suelo, con una magnitud mayor a la esperada por la suma de impactos individuales.

De acuerdo con los datos reportados por el INEGI en el SAR la vegetación forestal está presente en aproximadamente el 16% de la superficie total. La reducción de la cobertura puede ser provocada por casi cualquier actividad (por ejemplo, el crecimiento urbano o de la frontera agrícola, o bien por la intensidad de actividades humanas como el pastoreo, etc.).

Los datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación editada por el INEGI, desde el año 1985 se reporta una superficie forestal del SAR de 1,878.73 ha que equivale al 16%; las diferencias entre esta primer serie y la serie VII radican en la superficie ocupada por comunidades de vegetación en estado primario, siendo del 5.11% en la primera y del 2% para la última, información que sirve de indicador del detrimento de este factor a lo largo del tiempo, tal como se observa en la tabla V.26.

Tabla V.26: Usos de suelo y vegetación (Series I, VI y VII de las cartas del INEGI)

			SERIE I		SERIE VI		SERIE VII	
Id	**Uso de suelo y vegetación**	**Clave**	**SUP (ha)**	**%**	**SUP (ha)**	**%**	**SUP (ha)**	**%**
1	Agricultura de temporal anual	TA	9,945.05	83.01%	3,725.71	31.10%	3,793.13	31.7%
2	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP			4,930.16	41.15%	4,904.44	40.9%
3	Agricultura de temporal permanente	TP			910.02	7.60%	885.2145	7.4%
4	Asentamientos humanos	AH			160.81	1.34%	157.9339	1.3%
5	Bosque de encino	BQ	77.80	0.65%	0.44	0.00%	0.4397	0.0%
	Bosque de encino-pino	BQP	11.45	0.10%	0.0020	0.00%		
6	Matorral crasicaule	MC	522.85	4.36%	208.22	1.74%	233.7965	2.0%
7	Pastizal inducido	PI	156.49	1.31%	386.12	3.22%	317.8352	2.7%
8	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	689.19	5.75%	786.89	6.57%	787.4864	6.6%
9	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	VSa/BJ	388.90	3.25%	727.47	6.07%	728.0172	6.1%
10	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	188.54	1.57%	144.42	1.21%	171.9731	1.4%
Total			**11,980.27**	**100%**	**11,980.27**	**100%**	**11,980.27**	**100**
	Superficie forestal		1,878.73	16%	1,867.44	16%	1,921.71	16%
	Superficie no forestal		10,101.54	84%	10,112.83	84%	10,058.56	84%

9. 28. Aislamiento potencial de poblaciones de la fauna de especies con poca movilidad derivado del desarrollo de los componentes del proyecto.

10. 29. Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.

V.1.6 Descripción del carácter acumulativo y sinérgico del impacto sobre la conectividad ecológica y la fauna de baja movilidad

Los impactos derivados del aislamiento potencial de poblaciones de fauna con baja capacidad de desplazamiento, así como la afectación de rutas de movimiento por fragmentación de agroecosistemas y establecimiento de barreras físicas, presentan un **carácter acumulativo y sinérgico** determinante en el contexto del SAR, al sumarse a efectos similares generados por al menos diez proyectos existentes en la zona.

Carácter acumulativo: el efecto de múltiples desarrollos (incluyendo parques fotovoltaicos, infraestructura vial y cercado perimetral) en la región conlleva una **disminución progresiva y sostenida de la conectividad ecológica**,

fragmentando hábitats que previamente permitían conservaban rutas de desplazamiento de la fauna entre la vegetación agrícola.

- Esto se traduce en un **incremento acumulado** del aislamiento poblacional**,** particularmente de especies con baja capacidad de movimiento (reptiles, roedores, anfibios, algunos invertebrados), cuyas poblaciones quedan confinadas a parches cada vez más reducidos y desconectados.

Carácter sinérgico: la combinación del aislamiento físico con la alteración del entorno (ruido, presencia humana, pérdida de cobertura vegetal) **potencia la pérdida de funcionalidad de los corredores biológicos**, más allá de lo que cada impacto produciría por separado.

- La interacción entre estructuras físicas (vallas, caminos internos, plataformas) y la pérdida de heterogeneidad del hábitat genera un efecto sinérgico que modifica rutas frecuentes de movimiento, alimentación o reproducción, afectando directamente a especies de hábitos territoriales o migratorios.

- La sinergia también se manifiesta cuando el cierre de rutas de paso coincide con la degradación de hábitats alternativos, lo que incrementa la presión sobre espacios limitados y obliga a la fauna a desplazamientos más riesgosos (cruce de zonas abiertas, vialidades o instalaciones activas).

La eventualidad de surgimiento potencial de impactos acumulativos y sinérgicos, parece ser resultado, principalmente del deterioro general de la calidad ambiental del SAR, en donde los recursos naturales originales han sido removidos gradual y sistemáticamente para dar paso al desarrollo de áreas destinadas a la agricultura de temporal, principalmente de gramíneas, lo cual constituye una realidad irreversible; lo mismo se registra con las vías de comunicación y la infraestructura eléctrica establecida em esta área.

A pesar de esa situación el surgimiento de nuevos proyectos, como el parque fotovoltaico que se promueve con esta MIA-R, en un marco de sostenibilidad, planeación territorial y necesidad energética, refuerzan su viabilidad ambiental, misma que se amplía con el conjunto de estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación que se describen en su capítulo VI.

Justificación del establecimiento del parque fotovoltaico, pese a los efectos acumulativos y sinérgicos identificados

Si bien el análisis ambiental evidencia la existencia de impactos con carácter acumulativo y sinérgico sobre la vegetación, el suelo y la biodiversidad —derivados de la remoción de la cobertura vegetal, la reducción de la diversidad florística y la modificación del hábitat—, es importante considerar que el establecimiento del parque fotovoltaico se enmarca dentro de una estrategia nacional e internacional de transición energética orientada a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a diversificar la matriz energética con fuentes renovables.

La generación de energía solar representa una alternativa ambientalmente preferente frente a otras tecnologías más contaminantes y de mayor impacto permanente, como la termoeléctrica basada en combustibles fósiles. Además, el proyecto propuesto se desarrolla en una zona donde la modificación irreversible del territorio y la disponibilidad de áreas en las cuales el cambio de uso de suelo de agrícola de temporal al de desarrollo de un proyecto de energías renovables ofrece perspectivas de restauración gradual de su cobertura vegetal, principalmente de herbáceas, lo que favorecerá la restitución de la conectividad entre ecosistemas aledaños y la recepción de especies migrantes (reptiles y pequeños mamíferos), lo cual deberá reforzarse con la planeación y realización de la estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación cuyo resultado evite, reduzca o compense el surgimiento de las impactos identificados en este apartado.

Se reitera que el diseño del proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental que permitirán reducir, contener y, en algunos casos, revertir los impactos previstos. Entre ellas se incluyen acciones como la revegetación con especies nativas, el diseño de franjas de amortiguamiento ecológico, la restauración del hábitat en predios adyacentes, y programas de conservación de flora en riesgo. La implementación efectiva de estas medidas será clave para evitar que los efectos sinérgicos y acumulativos se conviertan en irreversibles.

Finalmente, el parque fotovoltaico aportará beneficios socioeconómicos relevantes a nivel local y regional, como la generación de empleo temporal**, el** fortalecimiento de infraestructura y la captación de inversión sostenible, contribuyendo al desarrollo con menor huella ambiental.

Por tanto, se considera que, a pesar de los impactos ambientales identificados, el proyecto puede ser ambientalmente viable si se sujeta al cumplimiento riguroso de medidas de prevención, mitigación, compensación y monitoreo ambiental, bajo una lógica de desarrollo responsable, adaptativo y alineado con los compromisos climáticos del país.

Conclusiones

La metodología empleada para la predicción de impactos ambientales ocasionados por la construcción del proyecto Ocote Solar, permitió identificar la posible ocurrencia de 43 impactos. Para predecir los posibles impactos que ocasionará el proyecto fue necesario conocer las características, actividades y obras que lo componen, asimismo fue necesario conocer el ambiente donde se implementará el proyecto y determinar las interacciones entre proyecto y ambiente.

Después de reconocer los impactos negativos que eventualmente puede generar el proyecto, se determinó cuáles de ellos podría ser reconocidos como impactos ambientales significativo, llegando a la conclusión de que el proyecto en estudio **NO GENERARÁ IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS** de acuerdo con lo que establece la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA).,

En este sentido, asumiendo los alcances de esta definición como aquella que implica el que para que un impacto sea significativo éste debe satisfacer todos los supuestos que relaciona esa definición. Del análisis realizado a los impactos negativos previstos a ser generados por la implementación del proyecto, ninguno de ellos alcanza el carácter de significativo.

Toda vez que la Ley (LGEEPA) dispone en la fracción XXI de su artículo 3° que la manifestación de impacto ambiental es 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, en una aplicación estricta de la norma jurídica, con el resultado alcanzado, debería de haberse concluido la integración de la MIA-R, informándole a la autoridad que no hay impacto ambiental significativo que reportar. Sin embargo, el promotor del proyecto tiene como objetivo impulsar un proyecto sustentable y, ante tal enfoque se abocó a identificar la destacabilidad de los impactos que decide atender por su incidencia y magnitud que les hace destacar por encima del resto de tales efectos, para lo cual se llevó el desarrollo de la técnica de Gómez Orea (*op. cit*.), con la cual es factible alcanzar este objetivo.

De acuerdo con la técnica desarrollada se determinó que, de los impactos negativos, que con base en la calificación de sus atributos (inmediatez, acumulación, sinergia, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, continuidad y periodicidad), 14 de ellos son impactos destacables, 10 son no significativos y 5 son impactos despreciables.

Siguiendo lo que establece la fracción V del artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA, se identificaron los impactos ambientales residuales y acumulativos del SAR. Para el reconocimiento de los impactos ambientales acumulativos se basó en el reconocimiento de la recuperabilidad de los mismos, concluyendo que la construcción del proyecto podrá ocasionar 28 impactos residuales (tabla V. 27).

Para el reconocimiento de los impactos acumulativos fue necesario conocer las características bióticas y abióticas del SAR, la ocurrencia de proyectos autorizado en materia de impacto ambiental en el SAR (para el reconocimiento de estos proyectos se utilizó la plataforma SIGEIA) y una parte fundamental fueron las visitas realizadas al predio de estudio y el SAR. Con base en el análisis de la información recabada se identificaron 13 impactos acumulativos y 11 impactos residuales en el SAR (tabla V.27).

Tabla 27: **Impactos residuales, acumulativos y sinérgicos**
(Parte 1 de 2)

Factor	ID	Impactos ambientales	Residual	Acumulativo	Sinergicos
	4	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo	1	0	0
Suelo	7	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	1	1	1
	8	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	1	1	1
	9	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.	1	1	1
	10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	1	1	1
	11	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.	1	1	1
Procesos del medio inerte	12	Alteración puntual del curso de escorrentías	1	0	0
	13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua	1	0	1
	14	Posible reducción puntual de la infiltración	1	0	0
Fauna	17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP	1	1	0
	18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.	0	1	0
	19	Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz)	0	1	0
Flora	20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la emoción de vegetación.	1	1	1
	21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.	1	1	1
	22	Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endémica o con estatus de riesgo.	1		1
	23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	1	1	0
	24	Modificación negativa del patron natural de mdispersión de semillas.	1	0	0

Tabla 27: **Impactos residuales, acumulativos y sinérgicos**
(Parte 2 de 2)

Factor	ID	Impactos ambientales	Residual	Acumulativo	Sinergicos
Procesos del medio biótico	25	Transformación del hábitat y afectación de la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de mivilidad y provocando estrés o abandono	1	0	0
	26	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras. O por la inducción a la búsqueda de saisfactores vitales.	1	0	0
	27	Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat en los agroecosistemas.	1	0	0
	28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	1	1	1
	29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	1	1	1
	30	Modificación de los microambientes en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.	1	0	0
Paisaje	31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno	1	0	0
	32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.	1	0	0
	33	Incidencia negativa en la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.	1	0	0
	34	Alteración de la identidad rural del paisaje por el cambio de uso de suelo agrícola y la dinámica social y cultural.	1	0	0
	35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno	1	0	0
	36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.	1	0	0
Infraestructura	43	Incidencia negativa potencial sobre yacimientos arqueológicos por la eventual e improbable falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.	1	0	0
Actotaciones:			28	13	11
(1/)	Los dígitos 0 y 1 solo se utilizan ara bfacilitar la contabilidad				

En resumen, la identificación de hasta 43 impactos ambientales que eventualmente podría ocasionar el proyecto, alerta sobre su complejidad y el alcance potencial de sus posibles efectos sobre el entorno. Dentro de este conjunto, destaca el hecho de que 28 impactos se clasifiquen como residuales, lo que indica que, aun después de aplicar medidas de mitigación, permanecerán en el ambiente con diferentes grados de persistencia. Esto implica una necesidad crítica de atención en la planificación,

ejecución y seguimiento del proyecto, ya que estos impactos pueden generar consecuencias a largo plazo.

Asimismo, **13 impactos han sido identificados como acumulativos**, lo que significa que sus efectos se suman a los de otras acciones pasadas, presentes o futuras en el área de influencia, aumentando así su relevancia ecológica y social. Estos impactos requieren un análisis integral que considere el contexto regional y los escenarios de desarrollo, para evitar sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas.

Particularmente significativo es que **11 impactos se consideren sinérgicos**, es decir, que su interacción con otros factores ambientales o con otros impactos del mismo proyecto da lugar a efectos más intensos o distintos de los que se generarían por separado. De estos, **siete son simultáneamente residuales, acumulativos y sinérgicos**, lo cual los convierte en los más relevantes desde una perspectiva ambiental. Esta triple condición indica que dichos impactos no solo persistirán en el tiempo y se sumarán a otros existentes, sino que también se amplificarán o transformarán por efecto de su interacción, lo que podría comprometer gravemente la integridad de los ecosistemas o el bienestar de las comunidades locales.

La trascendencia de estos hallazgos radica en que obligan a llevar un seguimiento acusioso del desarrollo del proyecto, sus tecnologías y a implementar estrategias de prevención, mitigación y compensación robustas, y sobre todo, la necesidad de establecer un sistema de monitoreo y gestión ambiental adaptativo a través de un Plan de Vigilancia Ambiental (PVA), que permita identificar y corregir desviaciones en tiempo real. La adecuada valoración de estos impactos, especialmente de aquellos con características residuales, acumulativas y sinérgicas, es indispensable para garantizar la sostenibilidad ambiental del proyecto y el cumplimiento de la normatividad aplicable.

Es importante no perder de vista que el proyecto se insertará en un SAR que ha sido perturbado por actividades antropogénicas (agricultura, ganadería y asentamientos humanos) que se desarrollan desde hace más de 50 años. De acuerdo con el trabajo realizado en campo en el AeP y en el SAR se registró la presencia de una especie de flora y cuatro especies de fauna en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, asimismo ninguno de los impactos ambientales identificados podrá ocasiona la extinción de alguna especie de flora o fauna ni propiciar que alguna de las especies de flora o de fauna registradas en el AeP y en el SAR pudiera ser llevada a alguno de los estatus de riesgo como resultado del establecimiento del proyecto.

V.2 Literatura citada

1 **SEMARNAT**. 2022. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional.

2 **Sanz C., J.L. 1991**. Concepto de impacto ambiental y su evaluación. En: Evaluación y corrección de impactos ambientales. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España. 302 p

3 **Canter L. W. 1998**. Manual de evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Madrid: McGraw-Hill. 841 p.

4 **Conesa F., V. 1993**. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante & Mundi-prensa. 276 p.

5 **Diario Oficial de la Federación. 28 de enero de 1988. Ultima reforma 18 de enero de 2021**. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

6 **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.

7 **Leopold, L.B. 1971**. A procedure for evaluating environmental impact, Circular 645, US Geological Survey, Washington, D.C.

8 **Gómez Orea, D. y Gómez Villarino M. T. 2013**. Tercera edición. Evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 745 p.

9 **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.

10 **Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Allen, N. A., Cronin, A. D., Brooks, A. E., & Pavao-Zuckerman, M. A.** (2016). The photovoltaic heat island effect: Larger solar power plants increase local temperatures. *Scientific Reports, 6*, Article 35070. Descargado de https://doi.org/10.1038/srep35070 el 12.05.2025.

11 **Armstrong A., Ostle, N. J., & Whitaker, J.** (2014). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters, 9*(3), 034016. Descargado de https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034016 el 12.05.2025.

12 **Almorox, J., López Bermúdez, F. y Rafaelli, S. 2010**. La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación. EDITUM. Universidad de Murcica. España. 384 pp

13 **Conesa F.V. 2010**. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 4ª edición. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.

14 **Espinoza, G. 2001**. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo. Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago de Chile.

15 **CEARC. 1988.** The assessment of cumulative effects. A research prospecus. Canadian Environment Reserach Council. Hull, Quebec, Canada

16 **Ramachandra, T.V., MD. Subash Ch., K.V. Gururaja and Sreekantha. 2006**. Cumulative environmental impact assessment. Nova Science Publishers, Inc. New York, 371 pp.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:
KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:
OCOTE SOLAR

CAPÍTULO VI
ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

JUNIO DE 2025

Página intencionalmente sin texto

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional” (Guía/DGIRA), publicada por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[i].

[i] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

Página intencionalmente sin texto

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO VI . ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 6

VI.1 Objetivo 7

VI.2 Impactos ambientales identificados 7
VI.2.1 Agrupación de impactos por su relación espacio - temporal y funcional 11

VI.3 Identificación de MPMyC y diseño y planteamiento de estrategias 20
VI.3.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación (MPMyC) 20
VI.3.2 Estrategias integradores: 28

VI.4 Plan de vigilancia ambiental (PVA) 66

VI.5 Conclusión 68

VI.6 Literatura citada 69

Índice de Tablas

Tabla VI. 1 Impactos ambientales descritos en el capítulo V 7
Tabla VI. 2 Impactos destacables por su carácter de residualidad y/o acumulación y/o sinergia ... 10
Tabla VI. 3 impactos residuales, acumulativos y sinergicos (simultáneos) 14
Tabla VI. 4 impactos ambientales no concurrentes/independientes 15
Tabla VI. 5 Impactos ambientales puntuales, independientes 17
Tabla VI. 6 Definición de medidas de prevención, mitigación y/o compensación 21
Tabla VI. 7 Cronograma, responsables de ejecución e indicadores de la estrategia EGAAL 32
Tabla VI. 8 Cronograma y responsables de ejecución 35
Tabla VI. 9 Estrategia CICRE, cronograma, responsable de ejecución e indicadores de evaluación 39
Tabla VI. 10 Estrategia SIMHyCE, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 43
Tabla VI. 11 Estrategia PIMC-FS, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 46
Tabla VI. 12 Estrategia ECICRyMF, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 49
Tabla VI. 13 Estrategia IECB, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 52
Tabla VI. 14 Estrategia EIVCEP, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 55
Tabla VI. 15 Estrategia EIVCEP, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 59
Tabla VI. 16 Estrategia RRIC, cronograma de ejecución, responsables e indicadores 63
Tabla VI. 17 Relación de los programas planteados, sus indicadores de éxito y resultados esperados 65

Capítulo VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Posterior a la identificación de los impactos ambientales que potencialmente podrían ser originados por el establecimiento y desarrollo de un proyecto en específico, es necesario planificar y diseñar un conjunto de acciones o medidas que estén orientadas a la prevención, anulación, reversibilidad y mitigación de los impactos ambientales significativos que se han identificado ya con anterioridad; es decir, elaborar el planteamiento de estrategias de prevención y mitigación de impactos.

El conjunto de medidas de mitigación: protectoras, correctoras o compensatorias tendrán como objetivo principal: evitar, disminuir, modificar, curar o compensar el efecto del proyecto en el ambiente.

Así mismo, el planteamiento consiste en proponer alternativas que pueden actuar sobre el diseño del proyecto, variación en la ubicación de algún componente o tipos de materiales a utilizar, entre otros.

Las medidas tienen el propósito de aprovechar de forma óptima las oportunidades que brinda el ambiente, para que el proyecto sea sustentable y tenga éxito de acuerdo al principio de integración ambiental que tiene como base la elaboración de esta MIA-R.

En este sentido, la finalidad de este ejercicio es el proponer acciones que se integrarán en estrategias dirigidas a que los impactos que potencialmente pudiera ocasionar el establecimiento del proyecto y su operación no lleguen a concretarse o, al menos que alcancen niveles aceptables que eviten generar un efecto negativo al ambiente; para el caso de los impactos de carácter residual, identificar y proponer medidas de compensación el efecto que se vaya a ocasionar mediante la generación de efectos positivos que sean equivalentes a los impactos de carácter negativo y residual.

Con la finalidad de alcanzar una concepción ambientalmente sustentable del proyecto, la identificación de las medidas específicas, se aborda mediante una valoración integral de distintas propuestas desde un enfoque de viabilidad ambiental, de factibilidad técnica y de factibilidad económico – financiera, el diseño de estas medidas se realizó abordando distintos elementos: ya sea atendiendo al agente causante del impacto para mejorar su comportamiento con el ambiente y en caso contrario atendiendo al medio receptor para aumentar su homeostasia y su resiliencia o para atenuar los efectos resultantes.

Considerando las recomendaciones de la guía (DGIRA, 2022)[1] que pone a disposición la SEMARNAT, en este apartado de la MIA-R, las propuestas de acciones o medidas de prevención, mitigación y/o compensación (MPMyC) que conformarán las diversas estrategias se enfocarán en reducir la relevancia i ubcudencia de los impactos adversos que el proyecto pudiera ocasionar en el

ambiente, haciendo énfasis en los acumulativos, sinérgicos o residuales; por lo que, para lograr lo anterior se propone un plan de manejo o plan de vigilancia ambiental (PVA) (ANX VIII.VI.1) en el cual se especifiquen las estrategias y se programen todas las medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales derivados del proyecto o del conjunto de proyectos en cada fase y etapa de su desarrollo, incluyendo la de abandono.

Siguiendo el mismo orden de ideas, un factor sustantivo es la consideración de acciones de monitoreo para garantizar el cumplimiento de las medidas que se definan y se propongan, la efectividad ambiental de las mismas, el seguimiento a la prevención, mitigación o compensación.

VI.1 Objetivo

Proyectar el conjunto de medidas y acciones, mediante el diseño de estrategias dirigidas a prevenir, anular, atenuar o compensar los impactos destacables que podría generar el proyecto en el ambiente, de modo que se asegure que los estándares de calidad ambiental se conservarán cercanos o iguales a los que se determinaron en el ambiente sin el proyecto (en el T_0 o línea base).

VI.2 Impactos ambientales identificados

Como resultado de la evaluación de los impactos ambientales realizada en el capítulo V de esta MIA-R, se obtuvo un listado de 43 impactos, (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En el presente capítulo se retoma dicha relación para llevar a cabo el proceso de selección de medidas o acciones y la elaboración de las estrategias que atiendan en su totalidad a los impactos de carácter negativo y así asegurar la sostenibilidad del proyecto.

Tabla VI. 1 Impactos ambientales descritos en el capítulo V

Código	Impacto
IA 01	Afección potencial de la calidad del aire, principalmente por actividades de preparación del sitio, obras y traslado de materiales.
IA 02	Alteración potencial, negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto.
IA 03	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.
IA 04	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.
IA 05	Afectación en la estabilidad y uso de los embalses superficiales (jagüeyes) cercanos al proyecto.
IA 06	Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de los escurrimientos pluviales y la pérdida de cobertura vegetal.
IA 07	Alteración físico – química y biológica del suelo poa afectación de su estructura y características edafológicas.
IA 08	Alteración del apelmazamiento natural del suelo como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.
IA 09	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.
IA 10	Reducción en el disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.
IA 11	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.

Código	Impacto
IA 12	Alteración puntual del curso de las escorrentías.
IA 13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial del suelo, por acción del viento y el agua
IA 14	Posible reducción puntual de la infiltración
IA 15	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto
IA 16	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.
IA 17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el área de establecimiento del proyecto
IA 18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo
IA 19	Afectación potencial de especies vulnerables, por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz).
IA 20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
IA 21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.
IA 22	Incidencia negativa a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo
IA 23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto
IA 24	Modificación negativa del patrón natural de dispersión de las semillas.
IA 25	El proyecto puede transformar el hábitat y afectar la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de actividad y provocando estrés o abandono. También puede alterar el microclima e, hipotéticamente confundir a especies polarotácticas (aves e insectos acuáticos) por el efecto espejo de los paneles, lo que podría disminuir la riqueza y abundancia de fauna local.
IA 26	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
IA 27	Disminución potencial
IA 28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.
IA 29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.
IA 30	Modificación de los microambientes, en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.
IA 31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno
IA 32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.
IA 33	Incidencia negativa de la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.
IA 34	Alteración de la identidad rural del paisaje por la introducción de cambio en el uso de suelo agrícola y en la dinámica social y cultura.
IA 35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.
IA 36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultura del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.
IA 37	Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado).
IA 38	Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto.
IA 39	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra

Código	Impacto
IA 40	Variaciones potenciales en el comportamiento de la infraestructura eléctrica del SAR.
IA 41	Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
IA 42	Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario.
IA 43	Incidencia negativa potencial sobre los yacimientos arqueológicos por falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.

En el conjunto de estos 43 impactos, 30 de ellos tienen carácter destacable por poder alcanzar carácter de residualidad, acumulación o sinérgia, o, un mismo impacto tiene dos caracteres (residual y acumulativos) o, nueve de ellos alcanzan el carácter de impactos simultáneos por tener la posibildad de reunir los tres caracteres residual, acumulativo y sinergico (tabla VI.2).

En el arreglo organizado para iniciar el abordaje de la identificación de las medidas y estrategias de prevención, mitigación y/o compensación, el carácter de simultaneidad es el de mayor consideración por lo siguiente:

Son impactos que:

- Pueden llegar a ocurrir al mismo tiempo (simultaneidad), durante una misma etapa del proyecto (p. ej. construcción).
- Se superponen espacialmente (actúan sobre el mismo sub factor, factor ambiental o espacio geogrñafico).
- Interactúan funcionalmente, dando lugar a efectos **sinérgicos**, **acumulativos** o **residuales.**

Se destaca que la consideración de los impactos simultáneos esta MIA es una etapa systantiva ya que, reconociendo a tales impactos se sustenta la garantia del identificar y concretar que as medidas de prevención, mitigación y compensación sean realistas, efectivas y suficientes, dado que por definición, estos impactos no actúan de forma aislada, sino concurren e interactúan en el espacio y en el tiempo y que, soslayar esta simultaneidad puede subestimar la magnitud de los efectos reales del proyecto.

Tabla VI. 2 Impactos destacables por su carácter de residualidad y/o acumulación y/o sinergia

Factor	Nº	ID	Impactos ambientales	Residual	Acumulativo	Sinergicos
Suelo	1	IA 04	Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo	1	0	0
	2	IA 07	Alteración fisico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	1	1	1
	3	IA 08	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	1	1	1
	4	IA 09	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.	1	1	1
	5	IA 10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	1	1	1
	6	IA 11	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	1	1	1
Procesos del medio inerte	7	IA 12	Alteración puntual del curso de escorrentías	1	0	0
	8	IA 13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua	1	0	1
	9	IA 14	Posible reducción puntual de la infiltración	1	0	0
Fauna	10	IA 17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP	1	1	0
	11	IA 18	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.	0	1	0
	12	IA 19	Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz)	0	1	0
Flora	13	IA 20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la emoción de vegetación.	1	1	1
	14	IA 21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.	1	1	1
	15	IA 22	Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endémica o con estatus de riesgo.	1		1
	16	IA 23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	1	1	0
	17	IA 24	Modificación negativa del patron natural de mdispersión de semillas.	1	0	0
Procesos del medio biótico	18	IA 25	Transformación del hábitat y afectación de la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de mivilidad y provocando estrés o abandono	1	0	0
	19	IA 26	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras. O por la inducción a la búsqueda de saisfactores vitales.	1	0	0
	20	IA 27	Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat en los agroecosistemas.	1	0	0
	21	IA 28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	1	1	1
	22	IA 29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	1	1	1
	23	IA 30	Modificación de los microambientes en el área de la infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.	1	0	0
Paisaje	24	IA 31	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno	1	0	0
	25	IA 32	Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.	1	0	0
	26	IA 33	Incidencia negativa en la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.	1	0	0
	27	IA 34	Alteración de la identidad rural del paisaje por el cambio de uso de suelo agrícola y la dinámica social y cultural.	1	0	0
	28	IA 35	Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificiales y repetitivos que modifican la composición visual del entorno	1	0	0
	29	IA 36	Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.	1	0	0
Infraestructura	30	IA 43	Incidencia negativa potencial sobre yacimientos arqueológicos por la eventual e improbable falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo.	1	0	0
Actotaciones:				28	13	11
(1/)		Los dígitos 0 y 1 solo se utilizan ara bfacilitar la contabilidad				

VI.2.1 Agrupación de impactos por su relación espacio - temporal y funcional

Con el propósito de establecer estrategias diferenciadas de valoración, gestión y compensación, los impactos ambientales identificados se han agrupado en tres categorías según su modo de manifestación en el territorio y su relación funcional; la integración correspondiente se desarrolla a continuación**:**

VI.2.1.1 Impactos Simultáneos

Los impactos simultáneos son aquellos que presentan concurrencia espacial, temporal y/o funcional**,** y cuya interacción puede generar efectos **residuales, acumulativos** y **sinérgico**s. Esta categoría incluye impactos que, aunque se originan por distintos componentes del proyecto, ocurren de forma coincidente y se potencian entre sí, afectando de forma conjunta los sistemas ambientales y sociales.

En el marco del análisis de impactos ambientales, aquellos que presentan simultáneamente características residuales, acumulativas y sinérgicas revisten una importancia ambiental crítica, debido a que:

1. Persisten en el tiempo (residuales): Se mantienen incluso después de haber aplicado medidas de mitigación convencionales, generando efectos que pueden ser de largo plazo o permanentes.
2. Se suman a otras presiones existentes (acumulativos): Su efecto se amplifica al combinarse con otros impactos de origen antrópico o natural presentes en el territorio, lo cual puede superar umbrales ecológicos y comprometer la resiliencia de los ecosistemas.
3. Interactúan funcionalmente (sinérgicos): Su combinación con otros impactos genera efectos nuevos o más intensos que los que causarían de forma aislada, afectando procesos ecológicos clave como la conectividad del paisaje, la regeneración natural o los patrones de movilidad de fauna.

La consideración de impactos simultáneos en esta MIA-R se consideró esencial para garantizar que las medidas de prevención, mitigación y compensación sean realistas, efectivas y suficientes, dado que muchos impactos no actúan de forma aislada, sino concurren e interactúan en el espacio y el tiempo. Ignorar esta simultaneidad puede subestimar la magnitud de los efectos reales del proyecto;

Debido a su complejidad y magnitud, para la prevención o minimización del efecto de los impactos de carácter simultáneo, se requiere de un enfoque específico y estratégico, distinto al aplicado a impactos puntuales o no interactivos. Las razones son las siguientes:

- Alta probabilidad de irreversibilidad: la combinación de persistencia, acumulación e interacción puede llevar a degradaciones difíciles o imposibles de revertir si no se interviene adecuadamente.
- Efectos no lineales y poco predecibles: la sinergia entre impactos puede desencadenar cambios diferentes a los anticipados, por lo cual las medidas de manejo deben ser proactivas y adaptativas.

- Implicaciones espaciales y territoriales mayores: estos impactos tienden a trascender los límites del proyecto, por lo que las medidas deben considerar un enfoque regional o de paisaje, incorporando actores externos y espacios conectados ecológicamente.
- Prevención dirigida a evitar sinergias: evitar coincidencias espaciales y temporales entre actividades que generan presiones similares.
- Mitigación con enfoque sistémico: no tratar los impactos de forma aislada, sino integrar medidas funcionales (e.g., restauración ecológica, manejo de corredores, control de accesos y flujos).
- Compensación a escala regional: implementar acciones que generen beneficios ecológicos equivalentes o superiores en otras áreas del paisaje (e.g., reforestación estructural, conservación voluntaria, regeneración de suelos, restauración de microhábitats y conectividad).

En este grupo de impactos están incluidos los de efecto **acumulativo** simultáneo con el carácter residual y/o con el carácter sinérgico, al respecto en el marco del análisis de los impactos ambientales y de la identificación de medidas y estrategias de prevención, mitigación y compensación, en el caso de aquellos impactos que presentan simultáneamente características residuales, sinérgicas y particularmente de **acumulación**, revisten una importancia ambiental crítica, debido a que:

1. Persisten en el tiempo (residuales): Se mantienen incluso después de haber aplicado medidas de mitigación convencionales, generando efectos que pueden ser de largo plazo o permanentes.
2. Se suman a otras presiones existentes (acumulativos): Su efecto se amplifica al combinarse con otros impactos de origen antrópico o natural presentes en el territorio, lo cual puede superar umbrales ecológicos y comprometer la resiliencia de los ecosistemas.
3. Interactúan funcionalmente (sinérgicos): Su combinación con otros impactos genera efectos nuevos o más intensos que los que causarían de forma aislada, afectando procesos ecológicos clave como la conectividad del paisaje, la regeneración natural o los patrones de movilidad de fauna.

Debido a su complejidad y magnitud, los impactos de carácter simultáneo requieren de un enfoque específico y estratégico, distinto al aplicado a impactos puntuales o no interactivos. Las razones son las siguientes:

a) Alta probabilidad de irreversibilidad: la combinación de persistencia, acumulación e interacción puede llevar a degradaciones difíciles o imposibles de revertir si no se interviene adecuadamente.

b) Efectos no lineales y poco predecibles: la sinergia entre impactos puede desencadenar cambios ecológicos mayores a los anticipados, por lo cual las medidas de manejo deben ser proactivas y adaptativas.

c) Implicaciones espaciales y territoriales mayores: Estos impactos tienden a trascender los límites del proyecto, por lo que las medidas deben considerar

un enfoque regional o de paisaje, incorporando actores externos y espacios conectados ecológicamente.

Por lo expuesto, para su abordaje el proceso seguido se ajustó a los siguientes rubros

d) Prevención dirigida a evitar sinergias: evitar coincidencias espaciales y temporales entre actividades que generan presiones similares.

e) Mitigación con enfoque sistémico: No tratar los impactos de forma aislada, sino integrar medidas funcionales (e.g., restauración ecológica, manejo de corredores, control de accesos y flujos).

f) Compensación a escala regional: Implementar acciones que generen beneficios ecológicos equivalentes o superiores en otras áreas del paisaje (e.g., reforestación estructural, conservación voluntaria, regeneración de suelos, restauración de microhábitats y conectividad).

La identificación temprana y el tratamiento específico de los impactos que son simultáneamente residuales, acumulativos y sinérgicos es fundamental para asegurar la viabilidad ambiental del proyecto, proteger la integridad ecológica del territorio y garantizar la compatibilidad del desarrollo con los principios de sustentabilidad; al respecto, se estima que el proyecto Ocote Solar puede generar 9 impactos de ocurrencia simultánea (tabla VI.3) con interacción hacia otros proyectos identificados en el SAR.

VI.2.1.2 Impactos no concurrentes/independientes.

Se entiende por impactos no concurrentes, residuales y acumulativos a aquellos efectos ambientales que, si bien no se presentan de forma simultánea ni interactúan directamente con otros impactos en el mismo momento o espacio, poseen una naturaleza persistente o progresiva, generando modificaciones ambientales que se mantienen en el tiempo o que se suman a otras presiones existentes o futuras en el territorio.

Características clave:

- No presentan coincidencia espacial o temporal inmediata con otros impactos relevantes del proyecto, es decir, no generan sinergias funcionales ni efectos compuestos inmediatos.
- Tienen una expresión residual, ya que persisten tras la aplicación de medidas de mitigación convencionales, aunque de forma localizada o en niveles menores de afectación.
- Contribuyen a procesos acumulativos, cuando sus efectos se superponen en el tiempo con otras actividades humanas pasadas, presentes o futuras, incluso si no están directamente asociadas al proyecto.

Estos impactos requieren medidas de manejo ambiental específicas que aborden su permanencia y su posible contribución a procesos de degradación acumulativa, sin necesidad de una estrategia de compensación conjunta como ocurre con los impactos concurrentes o sinérgicos.

Tabla VI. 3 impactos residuales, acumulativos y sinergicos (simultáneos)

Factor	ID	Impactos ambientales	Residual	Acumulativo	Sinergicos
	IA 07	Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.	1	1	1
	IA 08	Alteración del apelmazamiento natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y la actividad biológica en su interior.	1	1	1
	IA 09	Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto.	1	1	1
	IA 10	Reducción en la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.	1	1	1
	IA 11	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.	1	1	1
Flora	IA 20	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la emoción de vegetación.	1	1	1
	IA 21	Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.	1	1	1
	IA 28	Aislamiento potencial de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivados del desarrollo de los componentes del proyecto.	1	1	1
	IA 29	Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas.	1	1	1
Actotaciones:			9	9	9
(1/)	Los dígitos 0 y 1 solo se utilizan ara bfacilitar la contabilidad				

Las medidas de prevención, mitigación y/o compensación destinadas a impactos **no** concurrentes deben diseñarse considerando su manifestación individual, su persistencia en el tiempo o su acumulación progresiva, sin que exista interacción funcional directa con otros impactos identificados. Por lo tanto, estas medidas deben reunir las siguientes características:

1. **Especificidad técnica**: Deben estar dirigidas con precisión al componente ambiental afectado (suelo, agua, biodiversidad, paisaje, etc.), asegurando que su aplicación se enfoque exclusivamente en reducir, controlar o compensar el efecto puntual o acumulado identificado.

2. **Escalabilidad y temporalidad adecuada:** Deben contemplar una duración proporcional al tiempo de permanencia del impacto**,** especialmente en el caso de efectos acumulativos, que pueden manifestarse a mediano o largo plazo. Asimismo, deben ser escalables para ajustarse en intensidad o cobertura según el grado de evolución del impacto.
3. **Monitoreabilidad y verificación técnica**: Las medidas deben permitir su seguimiento mediante indicadores verificables, tanto en campo como a través de mecanismos administrativos o geoespaciales, lo que garantiza la rendición de cuentas y el cumplimiento de sus objetivos.
4. **Enfoque preventivo cuando sea posible**: Aunque se trate de impactos no concurrentes, se debe privilegiar la prevención temprana para evitar su acumulación o la generación de efectos residuales permanentes, aplicando medidas que actúen sobre las causas del impacto.
5. **Compatibilidad ecológica y territorial**: Las medidas deben integrarse con el entorno local, respetando la capacidad de carga, el uso del suelo y la vocación ecológica del área de intervención, sin generar nuevas presiones sobre otros componentes ambientales.

Tabla VI. 4 impactos ambientales no concurrentes/independientes

Factor	Nº	ID	Impactos ambientales no concurrentes/independientes	Residual	Acumulativo	Sinergicos
Procesos del medio inerte	8	IA 13	Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial, por acción del viento y del agua	1	0	1
Fauna	10	IA 17	Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP	1	1	0
Flora	15	IA 22	Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endémica o con estatus de riesgo.	1		1
	16	IA 23	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	1	1	0
Actotaciones:				28	13	11
(1/)		Los dígitos 0 y 1 solo se utilizan ara bfacilitar la contabilidad				

VI.2.1.3 Impactos puntuales independientes.

Los impactos ambientales puntuales e independientes constituyen una categoría específica dentro del análisis de impactos, caracterizada por su localización definida**,** corta duración **y** baja interacción con otros efectos del proyecto. Se trata de impactos que, aunque pueden ser significativos en el sitio donde ocurren, no presentan efectos acumulativos, sinérgicos ni residuales relevantes**,** y por tanto su manejo puede abordarse de forma directa, localizada y de corto plazo.

Características clave:

a) **Localización precisa y delimitada:**

Ocurren en sitios bien identificables (ej. un camino, una plataforma, una excavación).

b) **Duración limitada en el tiempo:**

Su manifestación es temporal, generalmente asociada a una etapa puntual del proyecto (ej. construcción).

c) **Reversibilidad alta o manejo directo:**

Pueden ser controlados o restaurados con acciones inmediatas, sin requerir compensación compleja.

d) **Baja o nula interacción funcional:**

No generan efectos en cadena ni se amplifican por interacción con otros impactos del proyecto o del entorno.

e) **Afectación localizada de componentes ambientales:**

Usualmente afectan un solo componente ambiental (suelo, aire, agua o vegetación secundaria), sin alterar procesos ecosistémicos más amplios

Implicaciones para la gestión ambiental: Los impactos puntuales e independientes no requieren medidas de compensación estructural o regional**, pero sí** medidas de prevención y control específicas.

Las medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales puntuales e independientes deben diseñarse bajo principios de eficiencia operativa, inmediatez de respuesta y reversibilidad**,** ya que estos impactos tienen baja persistencia, bajo nivel de interacción y efectos localizados**.** Las características clave que deben reunir estas medidas son:

a) Especificidad técnica y espacial: las medidas deben estar claramente focalizadas en el sitio y componente afectado**,** ya que estos impactos ocurren en lugares definidos (como caminos, áreas de descarga o zonas de tránsito.

b) **Aplicación inmediata y operativa:** deben ser **fácilmente implementables durante la operación del proyecto**, sin necesidad de grandes estructuras o acuerdos institucionales. Se espera que **entren en vigor antes o durante la ocurrencia del impacto**.

c) Temporalidad corta y monitoreo simple: Las medidas deben tener una duración limitada, coherente con la etapa del proyecto (e.g. construcción), y su seguimiento puede realizarse mediante inspecciones visuales o listas de verificación.

d) Bajo costo y alta eficiencia: Dado que los impactos son controlables, las medidas deben ser económicamente viables y de rápida ejecución, sin comprometer su efectividad.

e) Reversibilidad ambiental garantizada: En caso de impacto leve, la medida debe permitir la recuperación del área afectada sin necesidad de restauración ecológica profunda**.**

f) No generar impactos secundarios: Las medidas deben evitar trasladar el problema a otros componentes o zonas.

Su tratamiento se orienta a la minimización en origen y la restauración inmediata del sitio afectado**,** con monitoreo de cumplimiento operativo, más que con indicadores de largo plazo.

Tabla VI. 5 Impactos ambientales puntuales, independientes

IA 01	Afección potencial de la calidad del aire, principalmente por actividades de preparación del sitio, obras y traslado de materiales.
IA 02	Alteración potencial, negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto.
IA 03	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.
IA 05	Afectación en la estabilidad y uso de los embalses superficiales (jagüeyes) cercanos al proyecto.
IA 06	Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de los escurrimientos pluviales y la pérdida de cobertura vegetal.
IA 15	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto
IA 16	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.
IA 39	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierra
IA 40	Variaciones potenciales en el comportamiento de la infraestructura eléctrica del SAR.
IA 41	Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
IA 42	Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario.
IA 37	Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado).
IA 38	Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto.

VI.2.1.4 Los impactos acumulativos en el contexto de la intervención de terceros.

En el contexto de la evaluación de impacto ambiental (EIA**),** los **impactos acumulativos** representan uno de los mayores retos técnicos y de gobernanza, especialmente cuando se originan por la superposición de efectos del proyecto propuesto con los de otros proyectos pasados, presentes o futuros (fracción VII, artículo 7 del RLGEEPAMEIA, 2014)[2], , aun cuando estos sean responsabilidad de terceros e incluso que no hayan sido evaluados ambientalmente.

Un análisis técnico de lo que representa el efecto potencial de esta conceptualización de los **impactos acumulativos** plantea las siguientes consideraciones:

Según Canter y Ross (2010)[3], los impactos acumulativos son especialmente difíciles de prever cuando involucran proyectos múltiples que actúan de forma fragmentada sobre un mismo sistema ecológico, sin coordinación institucional. De manera análoga Como señala Therivel y Ross (2007)[4], la escala espacial y temporal es crítica: los impactos que parecen insignificantes a nivel local pueden generar degradaciones significativas cuando se consideran en conjunto con proyectos pasados o futuros; en el mismo sentido, de acuerdo con la CEQ (1997)[5], el análisis de efectos acumulativos debe considerar incluso aquellos proyectos fuera del control directo del proponente, siempre que tengan una contribución relevante al deterioro del entorno compartido, incluso, la Guía (SEMARNAT, 2022, *Op. Cit.*) que puso a disposición la Semarnat para elaborar las manifestaciones de Impacto Ambiental en su modalidad regional, recomienda que la identificación de impactos acumulativos debe incluir tanto fuentes puntuales como difusas, actuales o futuras,

e incluso aquellas que no han sido formalmente evaluadas pero ejercen presión comprobable sobre el territorio.

Bajo las consideraciones y pre supuestos anteriores se abordó en el capítulo V de esta MIA-R la identificación y evaluación de los **impactos ambientales acumulativos** con los cuales podrá contribuir el proyecto y a la forma y alcance que se asumen para identificar las medidas de prevención, mitigación y o compensación aplicables, es importante considerar que no solo en México, sino en la mayoría de los paises latinoamericanos, **los impactos acumulativos** no son debidamente abordados porque los proyectos se evalúan de forma fragmentada, sin mecanismos claros para articular responsabilidades entre actores, lo cual, en estricto sentido es una rresponsabilidad que rebasa la voluntad y las atribuciones de el promovente del proyecto (Espinosa y Arriaga, 2011)[6]; por lo expuesto, es importante reiterar en destacar los efectos anticipables de los impactos acumulativos con origen en terceros no relacionados jurídicamente con el proyecto; las sinergías negativas no previstas entre presiones ambientales diferentes, la périda del valor escénico y cultural del paisaje, los conflictos sociales y la pérdida de legitimidad institucional, las dificultades en la realidad para implementar medidas de mitigación, compensación o restauración que se enfoquen a prevenir, mitigar o compensar el efecto holístico de los impactos ambientales de manera efectivo, al final, el promovente del proyecto solo puede responsabiliuzarse, como se responsabiliza en el presente caso, por la parte de la acumulación que identifica para el proyecto que somete a la consdieración de la autoridad ambiental federal. Cada uno de estos alcances se analiza a continuación:

VI.2.1.4.1 Efectos anticipables de los impactos acumulativos con origen en terceros no relacionados.

Presión excesiva sobre los ecosistemas y pérdida progresiva de resiliencia: cuando el proyecto que se promueve se inserta en un territorio ya intervenido por otros proyectos (agrícolas, industriales, energéticos, turísticos, etc.), como es el caso del proyecto Ocote Solar, se incrementa el riesgo de superar la capacidad de acogida del entorno, incluso si cada proyecto individualmente parece ambientalmente viable. En este sentido, aún y cuando, a nivel del AeP se apliquen las estrategias de mitigación de los impactos ambientales acumulativos, como el promovente se compromete en esta MIA-R a aplicarlos, a nivel regional los **e**fectos esperables podrían ser: fragmentación del hábitat y pérdida de conectividad funcional; disminución sostenida de la biodiversidad (efecto umbral). Empobrecimiento genético de especies aisladas e incluso, alteración eventual de los ciclos hidrológicos locales y regionales, todo ello derivado, por una parte de, al menos, la carencia de conciencia ambiental de parte de los actores que administran los proyectos identificados a nivel regional y/o a la actuación insuficiente de las Unidades responsables de asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental.

Sinergias negativas no previstas entre presiones ambientales diferentes: Al no haber una planificación ambiental regional ni una evaluación previa de otros proyectos, se pueden generar **interacciones sinérgicas imprevistas**, como:

Contaminación combinada del suelo y agua (e.g., escurrimientos agrícolas + residuos industriales).

Efectos acumulativos sobre la fauna (e.g., múltiples fuentes de ruido, luz o fragmentación). **Sobreuso de recursos compartidos** como acuíferos o cobertura forestal.

Pérdida del valor escénico y cultural del paisaje: cuando múltiples transformaciones ocurren sin una visión paisajística integrada y una intervención consistente de la Unidad oficial reguladora, se pierde gradualmente la **identidad cultural y rural** del territorio, afectando, la Percepción del entorno por parte de comunidades locales, las prácticas tradicionales y sentido de pertenencia territorial y el potencial turístico o recreativo del paisaje.

Conflictos sociales y pérdida de legitimidad institucional: la sumatoria de impactos mal gestionados o no evaluados en la región o en el espacio geográfico del SAR, puede generar desconfianza pública hacia los proyectos futuros, incluso si estos aplican buenas prácticas ambientales, ello puede inducir a **efectos sociales teles como el r**echazo comunitario (conflicto socioambiental), el Deterioro de la gobernanza ambiental y la Judicialización de nuevos proyectos.

Dificultades para implementar medidas de compensación o restauración a escala regional, cuando los efectos acumulativos derivan de actores múltiples y descoordinados, cuando la definición de responsabilidades ambientales no está medianamente especificada y ello deriva en que se dificulta la selección de sitios adecuados para compensar impactos (por saturación territorial) y se complica o, de plano no es posible obtener resultados medibles en restauración, conectividad o conservación.

En esta MIA-R esta situación se aborda de la siguiente forma: se definió la ubicación de otros proyectos activos o planificados en la región (capítulo IV de esta MIA-R), aunque no hayan pasado por EIA, para estimar su contribución potencial al impacto acumulativo. Se identificaron **los impactos residuales del proyecto Ocote Solar que podrían amplificarse** con los efectos de terceros y, a en este capítulo VI se **proponen medidas de compensación regional**, no solo local, para evitar que el impacto neto se acumule sin control, señalando objetivamente el tramo de responsabilidad que asume como medida de cumplimiento ambiental el promovente del proyecto.

Por todo lo antes expuesto, la identificación temprana y el tratamiento específico de los impactos que son simultáneamente residuales, **acumulativos** y sinérgicos es fundamental para asegurar la viabilidad ambiental del proyecto Ocote Solar, proteger la integridad ecológica del territorio y garantizar la compatibilidad del desarrollo con los principios de sustentabilidad. Con base en lo anterior, del conjunto de impactos ambientales identificados como potencialmente derivados del establecimiento del proyecto, se identificaron 28 impactos con características de simultaneidad o de (residuales, acumulatiovos y sinérgicos).

En el contexto del proyecto Ocote Solar el cual pretende ubicarse en una am,bientalmente modificada, perturbada y con múltiples desarrollos de diferente oriegn en la región, los **impactos acumulativos** son una parte crítica de la evaluación ambiental. Como se mencionó en el capítulo V, estos impactos no provienen solo del proyecto en sí, sino de la suma de efectos que ocurren junto con otros proyectos pasados, presentes o razonablemente previsibles en el área.

VI.3 Identificación de MPMyC y diseño y planteamiento de estrategias.

VI.3.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación (MPMyC)

En el marco de la evaluación de impacto ambiental y, con sustento en lo expuesto en los apartados previos de este capítulo VI de la MI-R del proyecto, las medidas de **prevención, mitigación y compensación** representan el eje central de la gestión ambiental del proyecto. Estas medidas se conciben como acciones sistemáticas, planificadas y jerarquizadas que buscan **evitar, reducir, corregir o equilibrar** los efectos adversos derivados de las distintas etapas del desarrollo del proyecto sobre los factores ambientales.

La eficiencia ambiental de estas medidas, se magnifica si se integran a una una **estrategia ambiental articulada** permite organizar, jerarquizar y dar seguimiento coherente a las acciones propuestas frente a los impactos identificados. Esta integración evita la fragmentación de esfuerzos, facilita la asignación eficiente de recursos y fortalece la lógica de intervención ambiental bajo un enfoque sistémico. Además, permite vincular cada medida con sus objetivos específicos, sus indicadores de desempeño y sus plazos de ejecución, generando una ruta de actuación clara, adaptable y verificable. Al concebir las medidas como parte de una estrategia común, se asegura una **gestión ambiental proactiva, progresiva y técnicamente sustentada**, capaz de responder de manera eficaz a la complejidad de los impactos generados por el proyecto.

El detalle y la clasificación de las medidas que se proponen en este capítulo VI de la MIA-R se detallan en la tabla VI.6.

Tabla VI. 6 Definición de medidas de prevención, mitigación y/o compensación (impactos destacables por su carácter de residualidad, acumulación y sinergia)

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en: Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[6]	
X	**X**	**X**							
			Flora, Fauna y Suelo	• Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo (IA 04). • Modificación de los microambientes en el área de infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas (IA 30)	Evitar zonas con vegetación relicta o especies sensibles al microclima	**X**			Proporción relativa (%) ocupada con vegetación de bajo valor ecológico (línea base)
					Diseño con espaciamiento y altura óptimos entre hileras para mantener circulación de aire y luz parcial	**X**			Proporción relativa (%) de cobertura de paso de luz (>30%)
					Establecimiento de vegetación adaptada al sombreamiento bajo los paneles (gramíneas, herbáceas nativas)		**X**		Cobertura vegetal viva bajo módulos (proporción relativa %, respecto a la línea base),
					Manejo del suelo con técnicas de conservación de humedad (acolchado natural, materia orgánica)		**X**		Contenido de la humedad del suelo (% respecto a la línea base)
					Monitoreo de temperatura. Humedad y biodiversidad del microhábitat en parcelas controladas.		**X**		Variación micro climática ± 10% respecto a áreas no intervenidas cercanas.
					Restauración de áreas adyacentes con funciones ecológicas equivalentes (vegetación nativa, corredores)			**X**	Superficie restaurada fuera del polígono (ha).
					Instalación de microhábitats artificiales (troncos cúmulos de piedras, refugios) para favorecer resguardo de especies desplazadas.			**X**	N.º de refugios funcionales instalados por (ha).
					Conservación de zonas de amortiguamiento no intervenidas (bordes, cuerpos de agua, pastizales).			**X**	Superficie total conservada sin intervención (ha).
									INDICADORES GENERALES DE EVALUACIÓN:
									Proporción relativa (%) de cambio de humedad del suelo bajo paneles vs zonas de control
									Diversidad de flora espontánea vs línea base.
									Registro de especies de fauna de baja movilidad (insectos, mamíferos pequeños, reptiles) en parcelas bajo los paneles.
									Comparación de temperatura media del suelo (ºC) bajo vs fuera de los paneles.
X	**X**	**X**	Suelo	• Alteración físico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas (IA 07). • Alteración del apelmazamiento (compactación) natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y actividad biológica en su interior (IA 08)	Delimitación de zonas de exclusión para maquinaria y tránsito pesado.	**X**			Proporción relativa (%) del sitio con tránsito controlado delimitado.
					Identificación y protección de suelos frágiles (p. ej. Con bajo contenido de materia orgánica)	**X**			N.º de áreas sensibles protegidas vs total identificados.
					Uso de caminos temporales y placas para reducir compactación.	**X**			Longitud o área de caminos equipados con estructuras de mitigación.
					Labranza de descompresión o subsoleado en áreas afectadas.		**X**		Profundidad de recuperación de porosidad.
					Incorporación de materia orgánica (compost, estiércol maduro).		**X**		Proporción relativa (%) del incremento de carbono orgánico respecto a la línea base.
					Aplicación de bioestimulantes para reactivar la vida del suelo.		**X**		Riqueza de mesofauna edáfica (taxones funcionales detectados).
					Restauración edáfica en zonas degradadas fuera del polígono del proyecto			**X**	Superficie (ha) restauradas externamente con técnicas edafológicas.
					Implementación de parcelas de conservación de suelos con monitoreo comparativo.			**X**	Número de parcelas activas y monitoreadas al año.
					Aportación de mejoradores de suelo a productores locales como compensación ambiental regional.			**X**	Toneladas de abono o compost distribuidas.
									INDICADORES GENERALES DE EVALUACIÓN
									Diversidad de mesofauna (lombrices de tierra, microartópodos).
X	**X**	**X**	Suelo	• Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto (IA 09).	Delimitación de áreas de trabajo para evitar remoción innecesaria.	**X**			Proporción relativa (%) del área intervenida con remoción controlada.

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en: Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[6]	
				• Reducción de la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción (IA 10).					
				• 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 (IA 11). • Incremento en el proceso de suelo, por acción del viento y del agua (IA 13).	Retiro y almacenamiento controlado de suelo orgánico (por capas y con cubierta de protección en el área de almacenamiento)	**X**			Volumen de suelo orgánico recuperado y almacenado.
					Protección temporal del suelo retirado (cubiertas, vegetación temporal).	**X**			Proporción relativa del volumen protegido frente a erosión o compactación.
					Reincorporación del suelo orgánico en áreas intervenidas al finalizar las obras.		**X**		Volumen (ton) de materia orgánica añadidas por ha.
					Aplicación de técnicas de conservación (acolchado, cultivos de cobertura, curvas de nivel).		**X**		Proporción relativa del área intervenida con medidas anti erosión.
					Aporte de materia orgánica complementaria (composta, estiércol estabilizado).		**X**		Volumen (Ton) de materia orgánica añadidas por hectárea.
					Restauración edáfica en zonas degradadas fuera del polígono del proyecto.			**X**	Superficie restaurada con mejoradores de suelo.
					Aportación de suelo fértil o composta sobre áreas de conservación comunitaria o agroecológica.			**X**	Número de parcelas activas con seguimiento.
					Establecimiento de parcelas de conservación o regeneración de suelos con monitoreo compartido.			**X**	Número de parcelas activas con seguimiento.
X	X	**X**	Procesos del medio inerte	Alteración puntual del curso de escorrentías (IA 12). Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de las escorrentías pluviales y la pérdida de vegetación (IA 06)	Levantamiento topográfico y diseño hidrológico previo a las obras	**X**			Proporción relativa del área con estudios hidrológicos aplicados.
					Evitar bloqueo de canales naturales de escurrimiento.	**X**			.Número de cauces naturales conservados sin alteración.
					Diseño de plataformas, caminos y estructuras con pendientes y drenajes adecuados.	**X**			Superficie relativa (%) de infraestructura con drenaje lateral y pendiente controlada
					Instalación de cunetas, zanjas de infiltración, bordos y desviadores.		**X**		Longitud de estructuras de control instaladas (m).
					Uso de barreas vivas o muros de retención vegetados		**X**		Número de estructuras funcionales por ha.
					Revegetación inmediata de áreas expuestas a escorrentía concentrada.		**X**		Proporción relativa de cobertura vegetal restituida en zonas críticas.
					Restauración de microcuencas alteradas fuera del sitio del proyecto.			**X**	Superficie intervenida para recuperar escurrimientos naturales.
					Establecimiento de franjas de retención			**X**	Número de proyectos ejecutados con beneficio medible.
				Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP (IA 17).	Ajuste del trazo para evitar parches de vegetación clave y corredores faunísticos	**X**			Número de parches prioritarios evitados o protegidos.
					Instalación de pasos de fauna planificados desde el diseño	**X**			Número de pasos integrados en el diseño por cada 500 de barrera lineal.
					Zonificación ambiental con exclusión de áreas de alta sensibilidad	**X**			Superficie relativa (%) del polígono de zonas de exclusión establecidas.
					Mantenimiento y revegetación de franjas de amortiguamiento		**X**		Anchura media (m) y cobertura vegetal sin bordes.
					Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo.		**X**		Número de pasos de fauna instalados y frecuencia de uso documentada.
					Señalización, limitación de velocidad y control de tránsito interno.		**X**		Reducción de atropellamientos y registros de fauna accidentada.
					Establecimiento o fortalecimiento de corredores biológicos externos			**X**	Superficie (ha) funcionalmente conectadas.
					Instalación de refugios artificiales (¡perchas, cavidades, montículos			**X**	Número de refugios o estructuras funcionales por tipo de fauna objetivos
X	**X**		Fauna	Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo (IA 18). Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del	Identificación y marcaje previo de hábitats clave o sitios de presencia confirmada	**X**			Número de microhábitats protegidos o excluidos de intervención.
					Inclusión de expertos en fauna en la fase de preparación del sitio y construcción.	**X**			Presencia documentada de asesoría técnica especializada.
					Captura, reubicación y liberación de individuos bajo protocolos éticos y autorizados.		**X**		Número de individuos reubicados/mortalidad durante el proceso.
					Control de estímulos disruptivos: reducción de iluminación nocturna, ruido y tránsito vehicular.		**X**		Niveles de ruido y luz medidos en zonas y horarios sensibles.

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en: Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[6]	
				hábitat o la incorporación de estímulos perjudiciales (patrones de luz) (IA 19)	Restauración dirigida al microhábitat para refugio o alimentación (perchas, madrigueras, montículos de rocas).		**X**		Número de estructuras habilitadas/Cantidad relativa (%) de uso por fauna objetivo.
				Afectación a individuos de la fauna que utilizan el AeP (IA 15)	Creación o fortalecimiento de áreas de conservación fuera del AeP o núcleos de protección.			**X**	Superficie bajo conservación,
				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 respuestas de los individuos que las componen (IA 16(.	Apoyo a programas de cría, monitoreo o investigación en colaboración con instituciones			**X**	Convenios firmados/recursos asignados/informes generados.
X		**X**	Flora	Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación (IA 20).	Delimitación de la zona de exclusión donde haya especies prioritarias o relictas.	**X**			Proporción relativa (%) de la superficie con protección activa previo al desmonte.
					Levantamiento florístico previo y, de ser el caso, ajuste del trazo para evitar núcleos de biodiversidad.	**X**			Número de parches de alta biodiversidad evitados
				Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat (IA 21).	Capacitación a personal sobre identificación y protección de especies sensibles (especies clave).	**X**			Número de talleres y número de personal capacitado. Reducción de hitos registrados de afectación a especies clave.
					Rescate y reubicación de individuos de especies clave (protegidas, endémicas y con categoría de riesgo)		**X**		Número de individuos rescatados y reubicados/Valor relativo de sobrevivencia en el proceso y. después de la reubicación
				Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endémica o con estatus de riesgo (IA 22)	Revegetación activa con especies nativas adaptadas al sitio.		**X**		Superficie relativa (%) de cobertura nativa restituida.
					Manejo y control de especies invasoras u oportunistas		X		Frecuencia de monitoreo/Número de acciones de control ejecutadas.
				Reducción de la cubierta vegetal forestal en el AeP (IA 23)	Restauración ecológica en zonas equivalentes fuera del sitio			X	Superficie (ha) restauradas/diversidad florística recuperada.
					Conservación de parches vegetales de alto valor ecológico bajo esquemas voluntarios o convenios.			X	Superficie (ha) bajo conservación voluntaria o custodia.
				Modificación negativa del patrón natural de dispersión de semillas (IA 24).	Conservación "*in situ*" de parches vegetales intactos como núcleos de dispersión.	**X**			Número y superficie de parches funcionales protegidos.
					Evitar la compactación en áreas con alta producción natural de semillas.	**X**			Superficie relativa (%) del área sensible no intervenida y señalizada.
					Ajuste del trazo de caminos y áreas para establecimiento de infraestructura, para no incidir en zonas de acumulación de semillas (hondonadas, laderas bajas)	**X**			Número de espacios de acumulación (Superficie, en ha) evitados.
					Instalación de barreras vivas que favorezcan la retención de semillas.		**X**		Longitud (m) de barreras instaladas
					Siembra directa o dispersión manual de semillas nativas de zonas intervenidas.		**X**		Densidad de siembra/Valor relativo (%) de germinación.
					Restauración de áreas naturales de semilleros mediante recolección local y reintegración.		**X**		Estimación del número de especies y cantidad de semillas reintroducidas.
X	**X**	**X**	Procesos del medio biótico	Transformación del hábitat y afectación de la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de movilidad y provocando estrés o abandono (IA 25).	Ajustar el diseño de las obras para, de ser el caso, evitar zonas de paso faunístico identificadas (línea base).	**X**			Número de cruces crítico evitados en el diseño de las obras.
					Realización de estudios de líneas de tránsito y uso de cámaras trampa antes de iniciar las obras.	**X**			Número de sitios de tránsito documentados y cartografiados.
				Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras (IA 26).	Conservación de corredores naturales o vegetación lineal funcional.	**X**			Proporción relativa (%) del polígono con corredores ecológicos conservados.
					Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo en puntos estratégicos.		**X**		Número de pasos construidos/Tasa de uso documentada (foto trampeo).
				Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del hábitat de los agroecosistemas (IA 27).	Control de tráfico, reducción de velocidad y horarios restringidos de circulación.		**X**		Número de atropellamientos antes y después/presencia de señalización.
					Manejo de ruido y luz; atenuadores acústicos en vehículos (silenciadores) y luminarias direccionadas o de baja intensidad.		**X**		Registros de intensidad de sonido en puntos estratégicos de monitoreo/medida de luminosidad en zona perimetral.
				Aislamiento potencial de rutas de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivadas del desarrollo de los componentes del proyecto (IA 28).	Restauración o rehabilitación de corredores ecológicos externos que conecten hábitats fragmentados.			**X**	Superficie de área de conectividad restaurada/longitud continua (m o km).
					Establecimiento de zonas de amortiguamiento sin intervención para refugio de la fauna.			**X**	Superficie de áreas conservadas en bordes/monitoreo de uso por fauna (foto trampeó).
				Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la					**INDICADORES GENERALES DE EVALUACIÓN**

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en: Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[6]	
				fragmentación de los agroecosistemas y el establecimiento de barreras físicas (IA 29).					• Número y frecuencia de individuos cruzando pasos de fauna (foto trampeo). • Cambios en el comportamiento de especies clave. • Presencia/ausencia de especies indicadoras de sensibilidad al cambio de uso de suelo. • Tasa de atropellamiento por tramo vial dentro del proyecto. • Índice de conectividad funcional.
X	**X**		Paisaje	Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno (IA 31). Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio (IA 32) Incidencia negativa en la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura (IA 33). Alteración de la identidad rural del paisaje por el cambio de uso de suelo agrícola y la dinámica social y cultural (IA 34). Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificial y repetitivos que modifican la composición visual del entorno (IA 35). Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia (IA 36)	Localización de infraestructura en áreas ya modificadas (zonas agrícolas, bordes, áreas sin pendiente escénica)	**X**			Cantidad relativa (%) de superficie instalada sobre áreas previamente alteradas.
					Diseño paisajístico que considere baja altura, alineación topográfica y ritmos visuales armónicos.	**X**			Número de elementos visibles desde puntos sensibles o miradores.
					Pantallas vegetales, franjas de amortiguamiento o barreras visuales vivas.		**X**		Longitud (m) de bordes reforestados; cobertura vegetal (2 años).
					Recuperación o restauración de elementos identitarios del paisaje rual (muros, senderos, árboles patrimoniales)		**X**		Número de elementos restaurados o conservados.
					Programa de educación y revaloración del paisaje transformado (señalética interpretativa).		**X**		Número de actividades culturales realizadas/participantes.
					Conservación de paisajes representativos no intervenidos dentro o fuera del polígono.			**X**	Superficie (ha) de paisaje conservado/reconocimientos administrativos o comunitarios.
					Establecimiento de miradores, senderos ecológicos o culturales interpretativos como puntos de contemplación y conexión.			**X**	Número de espacios habilitados y señalizados.
									INDICADORES GENERALES DE EVALUACIÓN: Índice de contraste visual (según metodología de evaluación de impacto visual. Superficie con cobertura visual atenuada por vegetación (Proporción relativa respecto a línea base). Nivel de aceptación social del paisaje transformado (encuestas de percepción). Mantenimiento o mejora de conectividad visual/ecológica (mapas SIG pre vs post). Documentación de prácticas culturales vinculadas al paisaje (inventarios vivos).
X	**X**		Población. Condiciones de ocupación.	Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierras (IA 39).	Asegurar que todos los procesos de adquisición o uso del suelo estén respaldados por documentación legal, válida y transparente.	**X**			Proporción relativa (%) de predios con documentación completa y disponible.
					Realizar reuniones informativas y consultas previas con propietarios y vecinos, explicando claramente derechos y alcances del proyecto.	**X**			Número de reuniones/número de participantes informados.
					Capacitación al personal del proyecto en relaciones comunitarias y enfoque intercultural.	**X**			Número de trabajadores capacitados/evaluaciones de conocimiento.
					Establecimiento de mecanismos de atención de quejas o aclaraciones relacionadas con la propiedad de la tierra.		**X**		Número de quejas recibidas contra número de quejas resueltas satisfactoriamente.
					Designación de un enlace territorial comunitario del proyecto.		**X**		Enlace operativo designado/accesibilidad.
					Seguimiento jurídico-social a cada caso con respaldo técnico y respecto a usos y costumbres.		**X**		Número de predios con seguimiento personalizado.
				Incidencia negativa potencial sobre yacimientos arqueológicos por la eventual e improbable falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo (IA 43).	Solicitud, obtención y cumplimiento riguroso del permiso de prospección y dictamen técnico del INAH	**X**			Permiso vigente/Dictamen positivo emitido.
					Ejecución de una prospección arqueológica detallada antes de cualquier remoción de suelo.	**X**			Informe técnico entregado/superficie prospectada (ha).
					Capacitación obligatoria al personal de obra sobre hallazgos fortuitos y manejo de evidencias.	**X**			Número de trabajadores capacitados/frecuencia de capacitación.

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en: Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[6]	
					Presencia de arqueólogo responsable nen campo durante actividades en campo durante actividades de remoción de suelo.		**X**		Número de días de supervisión arqueológica/etapa de obra cubierta.
X	**X**		Infraestructura	Incidencia negativa potencial sobre yacimientos arqueológicos por la eventual e improbable falta de atención a los lineamientos impuestos por la autoridad competente de su resguardo (IA 43).	Activación del protocolo de hallazgos fortuitos (resguardo, notificación inmediata al INAH)		**X**		Tiempo de respuesta ante hallazgo/cumplimiento de procedimiento.
					Modificación inmediata del trazo o actividad en caso de hallazgo *in situ.*		**X**		Número de actividades reubicadas o reprogramadas por prevención.
					Apoyo a la documentación, resguardo o conservación del material recuperado por el INAH.			**X**	Número de piezas recuperadas, clasificadas y entregadas.
					Financiamiento o apoyo técnico a acciones de divulgación (señalética, materiales educativos, exposiciones)			**X**	Número de productos divulgativos realizados/público alcanzado.
					Establecimiento de convenios con el INAH para participación en acciones de conservación regional.			**X**	Número de convenios firmados/acciones colaborativas ejecutadas.

Impactos puntuales e independientes

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				**Pr[4]**	**Mi[5]**	**Co[&]**	
X	**X**	**X**	Aire	Afectación potencial de la calidad del aire, principalmente por actividades de preparación del sitio, obras y traslado de materiales (IA 01).	Planificación de rutas y horarios para maquinaria y vehículos	**X**			Rutas establecidas y señalizadas
					Delimitación de áreas de trabajo para evitar expansión innecesaria de polvo.	**X**			Superficie relativa (%) efectivamente confinada.
					Programación de actividades en condiciones meteorológicas favorables (sin viento fuerte)	**X**			Número de evento suspendidos por vientos superiores a 25 km/h
					Riego periódico con agua tratada o de lluvia en caminos y áreas de recarga		**X**		Número de aplicaciones diarias/Proporción relativa (%) de cobertura humedecida
					Cubrimiento de materiales sueltos en transporte y almacenamiento.		**X**		Proporción relativa (%) de viajes con carga cubierta.
					Mantenimiento preventivo de maquinaria para reducir emisiones.		**X**		Registro de inspección de motores (%) de maquinaria verificada.
					Plantación de barreras vegetales contra el polvo en zonas sensibles (límites, viviendas cercanas)			**X**	Longitud de barrera plantada (m)/Proporción relativa (%) de supervivencia,
X	**X**		Aire. Confort sonoro	Alteración potencial negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto (IA 02).	Delimitación de zonas de amortiguamiento acústico alrededor de fuentes e ruido.	**X**			Distancia de aislamiento (m)/% del perímetro protegido.
					Planeación de horarios de trabajo diurno.	**X**			Proporción relativa (%) de actividades ruidosas programadas de 07:00 a 19:00 hr.
					Selección de maquinaria con certificación de bajo nivel de emisión sonora.	**X**			Número de equipos de verificación acústica previa.
					Selección de maquinaria con certificación de bajo nivel de emisión sonora.		**X**		Longitud (M) de barreras instaladas/ reducción afectiva (dB).
					Mantenimiento preventivo de maquinaria para evitar ruidos excesivos.		**X**		Proporción relativa (%) de maquinaria inspeccionada por mes.
					Reducción de velocidad en caminos internos y accesos.		**X**		Número de puntos señalizados/cumplimiento de velocidad (km/h).
					Informes anticipados a comunidades sobre eventos ruidosos programados.			**X**	Número de notificaciones emitidas/cobertura poblacional alcanzada.
					Habilitación de zonas de resguardo acústico o descanso alejadas del ruido.			**X**	Número de espacios habilitados/frecuencia de uso.
					Monitoreo del ruido con medidores portátiles.			**X**	Número de campañas.
X	**X**	**X**	Aire. Confort lumínico	Alteración de la cantidad, distribución o calidad de la luminosidad en el entorno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria (IA 03).	Planeación y restricción de actividades nocturnas no esenciales.	**X**			Proporción relativa de actividades restringidas al horario diurno.
					Instalación de luminarias con apantallamiento y dirección controlada hacia abajo.	**X**			Proporción relativa de luminarias con flujo luminoso <90º.
					Selección de fuentes de luz con temperatura de color menor o igual a 3,000 k (luz cálida).	**X**			Proporción relativa de luminarias con temperatura de color certificada.
					Uso de temporizadores, sensores de movimiento o fotoceldas para reducir tiempo de encendido.		**X**		Proporción relativa de luminarias controladas automáticamente.

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[&]	
					Barreras vegetales o pantallas físicas en bordes sensibles (viviendas hábitats prioritarios).		X		Longitud (m) de bordes protegidos visualmente.
					Reducción del uso de faros de alta intensidad o usos de modos atenuados en maquinaria.		X		Número de vehículos con limitaciones de luz/número de operadores capacitados.
					Incorporación de buenas prácticas de iluminación en instalaciones permanentes (o. ej. Caminos o subestaciones)			X	Proporción relativa de luminarias con diseño “cielo oscuro” certificado.
X	X	X	Hidrología. Agua superficial	Afectación sobre la estabilidad y uso de los embalses superficiales /jagüeyes) cercanos al proyecto (IA 05).	Identificación y geo localización de jagüeyes dentro del AiP.	X			Número de embalses localizados y caracterizados.
					Exclusión de actividades del proyecto en sus zonas de recarga y escurrimiento.	X			Proporción relativa de área de recarga protegida.
					Trazado del proyecto que evite interceptar flujos hídricos hacia los jagüeyes.	X			Número de drenajes naturales mantenidos funcionales.
					Construcción de bordos, zanjas de infiltración o micro canales que mantengan flujo hacia los jagüeyes.		X		Longitud total de estructuras de conducción hídrica (m).
			Infraestructura Actividades y servicios,	Variaciones potenciales en el comportamiento de la infraestructura eléctrica del SAR (IA 40)	Diseño e implementación de un estudio de interconexión aprobado por la autoridad competente (CFE, CRE).	X			Estudio autorizado con dictamen técnico favorable.
					Instalación de equipo de control de calidad eléctrica: compensadores, filtros, protecciones y sincronizadores.	X			Proporción relativa de equipos críticos instalados antes de la conexión.
					Coordinación directa con CENACE y operador del proyecto para validar condiciones de operación.	X			Número de sesiones técnicas documentadas/cumplimiento de observaciones.
					Monitoreo continuo del comportamiento eléctrico durante la operación inicial.		X		Proporción relativa (%) de variables registradas/cumplimiento con normas de calidad.
					Ajuste finos de parámetros de operación (voltaje, frecuencia, fases) según respuesta real.		X		Tiempo de respuesta ante desviaciones/reportes de ajustes.
					Implementación de un sistema de protección y desconexión rápida (anti-isla).		X		Tiempo máximo de desconexión automática (segundos).
X	X	X		Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción (IA 41). Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario (IA 42)	Diagnóstico previo del estado de las vialidades a utilizar (Línea base).	X			Informe técnico inicial elaborado y validado.
					Selección de rutas de acceso con menor vulnerabilidad estructural y social.	X			Proporción relativa (%) del trayecto por caminos previamente acondicionados.
					Planeación logística para limitar la circulación en horas pico escolares.	X			Número de viajes programados fuera de horario crítico.
					Riego periódico para control de polvo en tramos sin pavimento.		X		Frecuencia de riego/proporción relativa (%) de cobertura efectiva.
					Reparación inmediata de daños menores ocasionados por tránsito hacia el proyecto.		X		Tiempo promedio de atención a deterioros.
					Señalización vial preventiva y reductores de velocidad en tramos habitados.		X		Número de señalizaciones instaladas/velocidad media (km/h).
					Rehabilitación o mejora estructural de caminos al término de la obra.			X	Longitud de camino rehabilitado (m/km).
X	X	X	Población. Condición de ocupación.	Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado) (IA 37).	Elaboración de un diagnóstico socio-laboral local para identificar capacidades y perfiles disponibles.	X			Diagnóstico completo con datos desagregados.
					Establecimiento de criterios preferentes para la contratación local desde la etapa de licitación.	X			Proporción relativa de posiciones laborales establecidas como reservados para mano de obra local.
					Inclusión de cláusulas de empleo responsable en contratos con contratistas.	X			Número de contratos con clausulas laborales específicas.
				Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto (IA 38)	Implementar una estrategia de comunicación social participativa desde etapas tempranas.	X			Número de reuniones, boletines y materiales divulgados.
					Garantizar espacios abiertos de diálogo (consultas, talleres, entrevistas con actores locales).	X			Frecuencia de reuniones/grado de representatividad.
					Mapeo de actores sociales y análisis de percepción y expectativas.	X			Documento actualizado/actores clave identificados.
					Establecimiento de un mecanismo transparente de atención a quejas y sugerencias.		X		Tiempo promedio de atención/proporción relativa de casos resueltos.
					Fortalecimiento del vínculo con líderes comunitarios, autoridades y organizaciones sociales.		X		Número de reuniones periódicas con actores clave.
			Población. Condición de ocupación	Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto (IA 38) [Continuación].	Ajustes visibles y comunicados de actividades del proyecto en respuesta a inquietudes reales.		X		Número de modificaciones realizadas en participación social
					Diseño y ejecución de un programa de Responsabilidad social Corporativa.			X	Número de iniciativas comunitarias ejecutadas/niveles de satisfacción.

Origen (Etapa del proyecto)			Incide en factor ambiental	Impacto ambiental	Medida	Clasificación			Indicador
Con[1]	O&M[2]	Ab[3]				Pr[4]	Mi[5]	Co[&]	
					Apoyo a proyectos comunitarios consensuados en áreas como educación, salud, cultura o medio ambiente.			X	Número de beneficiarios/proporción relativa del presupuesto invertido en comunidades.
					Generación de canales permanentes de participación social en la gestión ambiental y social del proyecto.			X	Comité comunitario activo / frecuencia de reuniones.
Acotaciones									
1:	(Con) = Etapa de construcción del proyecto.								
2:	(O&M) = Etapa de operación y mantenimiento del proyecto.								
3:	(Ab) = Etapa de abandono del proyecto								
4:	Pr = Medida de PREVENCIÓN.								
5:	Mi = Medida de MITIGACIÓN.								
6:	Co = Medida de COMPENSACIÖN.								

VI.3.2 Estrategias integradores:

Una estrategia ambiental articulada y coherente es un conjunto planificado de acciones estructuradas que integra las medidas de prevención, mitigación y compensación de forma jerarquizada, lógica y complementaria, orientadas a evitar, reducir o contrarrestar los impactos ambientales de un proyecto. Esta estrategia establece una relación clara entre cada medida y los impactos que atiende, define responsables, cronogramas, indicadores y mecanismos de evaluación, y permite su seguimiento sistemático. Al organizar las medidas bajo un mismo marco estratégico, se maximiza su eficiencia operativa y su eficacia ambiental**,** asegurando una gestión proactiva, transparente y adaptativa durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Bajo los alcances de las definiciones anteriores, a continuación se aborda la identificación y propuesta de medidas de prevención, mitigación y compensación y su integración a estrategias ambientales.

Medidas para mitigación, prevención y compensación, en lo sucesivo citadas como MPMyC.

- **Las medidas de prevención** tienen por objetivo **evitar la generación del impacto antes de que ocurra**, ya sea mediante el rediseño del proyecto, la elección adecuada de tecnología, la ubicación estratégica de sus componentes o la programación temporal de las actividades. Su prioridad es máxima, dado que impiden que el daño ambiental llegue a materializarse.
- **Las medidas de mitigación** se implementan cuando el impacto no puede ser completamente evitado, y buscan reducir su magnitud, extensión o duración**,** o bien facilitar su reversibilidad. Estas medidas son proporcionales al tipo de impacto y se enfocan a la restauración progresiva del entorno afectado.
- **Las medidas de compensación** son acciones que se aplican cuando el impacto es inevitable, residual o irreversible, y tienen como finalidad generar beneficios ambientales equivalentes que reestablezcan parcial o totalmente la funcionalidad ecológica, paisajística o social alterada, ya sea dentro o fuera del sitio del proyecto.

Estas medidas han sido diseñadas con base en el tipo, intensidad, extensión, duración y sinergias de los impactos peviamente identificados, y estan acompañadas de indicadores de evaluación, cronogramas de ejecución y mecanismos de monitoreo y ajuste adaptativo, asegurando su eficacia técnica, ambiental y social. Asimismo, deben guardar coherencia con el marco legal vigente y los principios de equidad ambiental, sostenibilidad y participación comunitaria.

En este apartado las medidas se agrupan tomando como referente integrado a el o los factores o subfacrores ambientales receptores de los efectos de los impactos ambientales analizados.

A) Factores receptores: aire.

Impactos potencialmente generadores de efectos:

IA 01: Afectación potencial de la calidad del aire, principalmente oir actividades de preparación del sitio y traslado de materiales.

- ✓ Planificación de rutas y horarios para maquinaria y vehículos.
- ✓ Delimitación de áreas de trabajo para evitar expansión innecesaria de polvo.
- ✓ Programación de actividades en condiciones meteorológiocas favorables (sin viuento fuerte).
- ✓ Riego periódico con agua tratada o de lluvia en caminos y áreas de recarga.
- ✓ Mantenimiento preventivo de maquinaria para reducir emisiones.
- ✓ Plantación de barreras vegetales contra el polvo en zonas sensibles (límites, viviendas cercanas).

IA 02: Alteración potencial, negativa del confort sonoro derivado de las perturbaciones de las modificaciones del ruido ambiental como consecuencia de las actividades del proyecto.

- ✓ Delimitación de zonas de amortiguamiewnto acústico alrededor de fuentes e ruido
- ✓ Planeación de horarios de trabajo diurno.
- ✓ Selección de maquinaria con certificación de bajo nivel de emisión sonora
- ✓ Selección de maquinaria con certificación de bajo nivel de emisión sonora.
- ✓ Mantenimiento preventivo de maquinaria para evitar ruidos excesivos
- ✓ Informes anticipados a comunidades sobre eventos ruidosos programados.
- ✓ Habilitación de zonas de resguardo acústico o descanso alejadas del ruido
- ✓ Monitoreo del ruido con medidores portátiles

IA 03: Alteración de la cantidad, distribución o calidad de la luz natural en el entrno inmediato derivada de las operaciones de luminarias y fanales de vehículos y maquinaria.

- ✓ Planeación y restricción de actividades nocturnas no esenciales
- ✓ Instalación de luminarias con apantallamiento y dirección controlada hacia abajo
- ✓ Selección de fuentes de luz con temperatura de color menor o igual a 3,000 k (luz cálida).
- ✓ Uso de temporizadores, sensores de movimiento o fotoceldas para reducir tiempo de encendido.

- ✓ Barreras vegetales o pantallas físicas en bordes sensibles (viviendas hábitats prioritarios).
- ✓ Reducción del uso de faros de alta intensidad o usos de modos atenuados en maquinaria.
- ✓ Incorporación de buenas prácticas de iluminación en instalaciones permanentes (o. ej. Caminos o subestaciones).

Estrategia ambiental integradora:

Estrategia de Gestión Ambiental del Entorno Atmosférico Local (EGAAL)

Objetivo general: Prevenir, minimizar y controlar de forma integrada los impactos puntuales sobre la calidad del aire, el confort sonoro y la alteración lumínica generados por las actividades del proyecto, asegurando condiciones ambientales adecuadas para el bienestar humano y la conservación del entorno inmediato.

Componentes y Características de la Estrategia EGAAL

Gestión de la Calidad del Aire

- **Planificación logística ambiental:** Rutas y horarios de tránsito optimizados para maquinaria y transporte de materiales, evitando congestiones y emisiones innecesarias.
- **Control de emisiones difusas:** Delimitación de zonas de trabajo y uso de riego con agua tratada o de lluvia para minimizar la suspensión de partículas.
- **Prevención tecnológica:** Mantenimiento preventivo de maquinaria para reducir emisiones de gases y partículas.
- **Mitigación natural:** Plantación de barreras vegetales contra el polvo en bordes del sitio, especialmente en zonas sensibles como viviendas.
- **Condicionalidad meteorológica:** Programación de actividades de alto impacto en condiciones sin viento fuerte.

Manejo del Confort Sonoro

- **Zonificación acústica:** Delimitación de áreas de amortiguamiento acústico en torno a fuentes de ruido.
- **Operación racional del ruido:** Actividades ruidosas restringidas a horarios diurnos establecidos.
- **Selección técnica:** Uso exclusivo de maquinaria con certificación de baja emisión sonora y mantenimiento periódico.
- **Comunicación activa:** Informes previos a comunidades sobre eventos ruidosos programados.

- **Áreas de resguardo:** Habilitación de espacios de descanso alejados del ruido operativo.
- **Monitoreo continuo:** Uso de medidores portátiles para verificar niveles de presión sonora en tiempo real.

Gestión de la Contaminación Lumínica

- **Regulación operativa:** Restricción de actividades nocturnas no esenciales para evitar emisiones lumínicas innecesarias.
- **Iluminación responsable:** Instalación de luminarias dirigidas hacia abajo, con apantallamiento y temperatura de color ≤ 3,000 K (luz cálida).
- **Automatización:** Incorporación de sensores de movimiento, temporizadores y fotoceldas para optimizar tiempos de encendido.
- **Pantallas naturales y físicas:** Uso de barreras vegetales o físicas para evitar dispersión de luz hacia hábitats o viviendas cercanas.
- **Controles en maquinaria:** Reducción del uso de faros de alta intensidad o utilización de modos atenuados.
- **Buenas prácticas permanentes:** Diseño responsable de iluminación en infraestructura fija como caminos y subestaciones.

Enfoque de implementación: la estrategia EGAAL se implementará de forma transversal en todas las etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación) y se integrará al plan de gestión ambiental mediante protocolos, supervisión técnica y monitoreo participativo con comunidades cuando aplique.

El cronograma de ejecución indica como algunas operaciones se inciarán con la preparación del sitio (Tabla VI.7), en tanto que otras, se desarrollarán a todo lo largo de la vida útil del proyecto.

Tabla VI. 7 Cronograma, responsables de ejecución e indicadores de la estrategia EGAAL

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Calidad del Aire	Planificación de rutas y horarios para maquinaria y vehículos	Preparación del sitio	Meses 1–2	Jefe de Obra / Responsable Logístico	Responsable Ambiental	Plan logístico aprobado y aplicado (1 documento); Proporción relativa (%) de cumplimiento en registros diarios de rutas (>90%)
Calidad del Aire	Delimitación de áreas de trabajo	Preparación y construcción	Meses 1–3	Supervisor de Campo	Encargado de Seguridad	Áreas claramente señalizadas (100%); Reporte fotográfico semanal
Calidad del Aire	Riego periódico con agua tratada o de lluvia	Construcción y operación	Meses 2–fin de obra	Responsable Ambiental	Operador logístico	Frecuencia de riego (≥2 veces/día); Bitácora diaria
Calidad del Aire	Mantenimiento preventivo de maquinaria	Toda la obra	Continuo	Jefe de Mantenimiento	Encargado de Maquinaria	% de maquinaria con mantenimiento al día (>95%); Registro mensual
Calidad del Aire	Plantación de barreras vegetales	Preparación del sitio	Meses 2–4 (mantenimiento bimestral)	Responsable de Reforestación	Jefe de Campo	Número de metros lineales con barrera vegetal establecida (100% de zonas críticas)
Calidad del Aire	Programación según condiciones meteorológicas	Toda la obra	Continuo	Responsable Ambiental	Encargado de Programación	Número de actividades reprogramadas por viento fuerte (meta: reducción >80%)
Confort Sonoro	Delimitación de zonas de amortiguamiento	Preparación del sitio	Meses 1–2	Responsable Ambiental	Supervisor de Campo	Presencia de señalización y aislamiento (100% zonas críticas)
Confort Sonoro	Horarios de trabajo diurno	Toda la obra	Continuo	Jefe de Obra	RRHH	Proporción relativa (%) de cumplimiento en horario (<10% incidencias fuera de horario)
Confort Sonoro	Uso de maquinaria certificada	Adquisición y uso	Meses 1–2 y revisión	Jefe de Adquisiciones	Jefe de Mantenimiento	% de maquinaria certificada (>90%)
Confort Sonoro	Mantenimiento para evitar ruidos excesivos	Toda la obra	Continuo	Jefe de Mantenimiento	Técnico Mecánico	Reportes mensuales de ruido por maquinaria (<2 quejas por mes)
Confort Sonoro	Información a comunidades sobre eventos ruidosos	Construcción	3 días antes de eventos	Responsable Social	Responsable Ambiental	Número de notificaciones emitidas y recibidas (100% eventos planeados)
Confort Sonoro	Zonas de descanso alejadas del ruido	Preparación del sitio	Meses 2–3	Supervisor de Campo	Bienestar Laboral	Número de zonas habilitadas (≥1 por frente de trabajo); Encuesta de satisfacción trimestral
Confort Sonoro	Monitoreo del ruido	Toda la obra	Mensual	Responsable Ambiental	Auxiliar Técnico	Niveles registrados dentro de norma (<65 dB en horario diurno); Informes mensuales disponibles
Contaminación Lumínica	Restricción de actividades nocturnas	Toda la obra	Continuo	Jefe de Obra	Responsable Ambiental	Proporción relativa (%) de reducción de actividades innecesarias nocturnas (>90%)
Contaminación Lumínica	Luminarias apantalladas y dirigidas hacia abajo	Preparación del sitio	Meses 2–4	Responsable de Electricidad	Responsable Ambiental	Proporción relativa (%) de luminarias instaladas conforme a especificación (100%)
Contaminación Lumínica	Luz cálida ≤3,000 K	Adquisición e instalación	Meses 1–3	Jefe de Compras	Técnico Electricista	Proporción relativa (%) de fuentes de luz con temperatura adecuada (100%)
Contaminación Lumínica	Sensores, temporizadores y fotoceldas	Instalación	Meses 3–5	Técnico Electricista	Responsable Ambiental	Proporción relativa (%) de luminarias automatizadas (>80%)
Contaminación Lumínica	Barreras vegetales o pantallas físicas	Preparación y construcción	Meses 2–4	Reforestación / Infraestructura	Obra civil	Proporción relativa (%) de zonas sensibles cubiertas con pantalla (100%)
Contaminación Lumínica	Atenuación de faros en maquinaria	Operación	Desde mes 2 – continuo	Jefe de Maquinaria	Operadores	Proporción relativa (%) de maquinaria con sistema atenuado activo (>90%)
Contaminación Lumínica	Iluminación responsable en instalaciones	Caminos y subestaciones	Meses 4–6	Infraestructura	Responsable Ambiental	Número de puntos con iluminación conforme (>95%); revisión anual

B) Factores receptores: flora, fauna, suelo

Impactos potencialmente generadores de los efectos:

IA 04: Modificación potencial del microclima debajo de los paneles fotovoltaicos con incidencia en la flora y la fauna local y en la humedad del suelo.

IA 30: Modificación de los microambientes en el área de infraestructura del proyecto por alteración de sus condiciones ecológicas.

Medidas de PMyC propuestas:

- ✓ Evitar zonas con vegetación relicta o especies sensibles al microclima.
- ✓ Diseño con espaciamiento y altura óptimos entre hileras para mantener circulación.
- ✓ Establecimiento de vegetación adaptada al sombreamiento bajo los paneles (gramíneas
- ✓ Manejo del suelo con técnicas de conservación de humedad (acolchado natural,
- ✓ Monitoreo de temperaturta. Humedad y biodiversidad del microhábitat en parcelas
- ✓ Restauración de áreas adyacentes con funciones ecológicas equivalentes (vegetación
- ✓ Instalación de microhábitats artificiales (troncos cumulos de piedras, refugios) para favorecer
- ✓ Conservación de zonas de amortiguamiento no intervenidas (bordes, cuerpos de agua.

Estrategia ambiental integradora:

Restauración funcional del microhábitat y conservación de la biodiversidad asociada al microclima.

Esta estrategia busca **minimizar los efectos del cambio microclimático generado por la instalación de infraestructura fotovoltaica**, manteniendo la funcionalidad ecológica a nivel de suelo, vegetación baja y fauna de baja movilidad.

Objetivo general:

Conservar y restaurar la estructura y funcionalidad ecológica del entorno modificado por la instalación de infraestructura, priorizando la regulación térmica, la humedad edáfica y la habitabilidad para flora y fauna sensible al microclima.

1. Línea de acción preventiva: Diseño y planificación ecolológicamente sensibles

- **Evitar zonas con vegetación relicta o especies sensibles al microclima.**
- **Diseñar el arreglo de módulos con altura y espaciamiento adecuados** para permitir paso parcial de luz y ventilación natural.
- **Ubicar infraestructura lejos de zonas de amortiguamiento natural** (bordes, cuerpos de agua).

Indicadores:

- ✓ Proporción relativa (%)del sitio instalado fuera de zonas ecológicamente sensibles;
- ✓ Proporción relativa (%) de cobertura con paso de luz ≥ 30%.

2. Línea de acción de mitigación: Adaptación ecológica del espacio modificado

- **Establecer vegetación adaptada al sombreamiento** (gramíneas nativas o herbáceas).
- **Aplicar técnicas de conservación de humedad**, como acolchado natural y mejora del suelo con materia orgánica.
- **Monitorear variables microclimáticas y de biodiversidad en parcelas controladas.**

Indicadores:

- ✓ Cobertura vegetal viva bajo módulos
- ✓ Proporción relativa (%),
- ✓ Contenido de humedad del suelo (%),
- ✓ Diversidad de fauna edáfica o de baja movilidad (número de especies).

3. Línea de acción compensatoria: Restauración de hábitats complementarios

- **Restaurar áreas adyacentes con vegetación nativa y conectividad funcional** (corredores o parches equivalentes).
- **Instalar microhábitats artificiales** (troncos, piedras, refugios) para especies desplazadas.
- **Conservar zonas de amortiguamiento naturales no intervenidas.**

Indicadores:

- ✓ Superficie (ha) restauradas con vegetación nativa funcional,
- ✓ Número de refugios funcionales por unidad de superficie (ha),
- ✓ Continuidad ecológica (conectividad entre parches).

Mecanismos de seguimiento:

- Establecer parcelas de monitoreo permanente.
- Informes semestrales con indicadores microclimáticos, florísticos y faunísticos.
- Ajuste adaptativo del manejo según resultados observados.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciaran prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.8).

Tabla VI. 8 Cronograma y responsables de ejecución

Medida / Actividad	Fase de Ejecución	Periodo Estimado	Responsables
Evitar zonas con vegetación relicta o especies sensibles al microclima. Delimitación de zonas sensibles y exclusión de vegetación relicta	Planeación / Pre-construcción	Mes 1 - 2	Coordinador ambiental / botánico
Diseño e instalación de módulos con espaciamiento y altura adecuadapara mantener la circulación del aire)	Construcción	Mes 2 - 4	Supervisor técnico de obra / equipo ambiental
Establecimiento de vegetación adaptada al sombreamiento bajo paneles (gramíneas	Post-construcción / Rehabilitación	Mes 5 - 8	Equipo de restauración ecológica
Manejo de suelo con técnicas de conservación de la humedad Aplicación de materia orgánica y técnicas de conservación de humedad	Post-construcción / Rehabilitación	Mes 5 - 8	Especialistas en suelos y restauración
Monitoreo de temperatura, humedad y biodiversidad en parcelas controladas	Operación (monitoreo semestral)	Mes 6 en adelante (cada 6 meses)	Equipo de monitoreo ambiental
Instalación de microhábitats artificiales (troncos, piedras, refugios)	Post-construcción / Rehabilitación	Mes 6 - 9	Equipo técnico y comunitario
Restauración de áreas adyacentes con vegetación nativa	Post-construcción / Rehabilitación	Mes 5 - 12	Brigada de restauración y vivero
Conservación de zonas de amortiguamiento no intervenidas	Construcción y operación (mantenimiento continuo)	Mes 2 en adelante (continuo)	Gestión ambiental del proyecto

C) Factor receptor: Suelo

Impactos que pueden incidir sobre el factor ambiental:

IA 07: Alteración fisico – química y biológica del suelo por afectación de su estructura y características edafológicas.

IA: 08: Alteración del apelmazamiento (compactación) natural del suelo por afectación de su estructura como consecuencia del tránsito de personas, maquinaria y equipo, afectando su porosidad y actividad biológica en su interior.

Medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas:

- ✓ Delimitación de zonas de exclusión para maquinaria y tránsito pesado
- ✓ Identificación y protección de suelos frágiles (p. ej. Con bajo contenido de materia orgánica)
- ✓ Uso de caminos temporales y placas para reducir compactación
- ✓ Labranza de descompresión o subsoleado en áreas afectadas.
- ✓ Incorporación de materia orgánica (compost, estiércol maduro).
- ✓ Aplicación de bioestimulantes para reactivar la vida del suelo.
- ✓ Restauración edáfica en zonas degradadas fuera del polígono del proyecto
- ✓ Implementación de parcelas de conservación de suelos con monitoreo comparativo.
- ✓ Implementación de parcelas de conservación de suelos con monitoreo comparativo.

IA 09: Pérdida de áreas agrícolas derivado de la implementación del proyecto
IA 10: Reducción de la disponibilidad de suelo orgánico como resultado de la remoción de la capa superficial durante los trabajos de preparación del sitio y construcción.

- ✓ Delimitación de áreas de trabajo para evitar remoción innecesaria

IA 11: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.
IA 13: Incremento en el proceso de pérdida de la capa superficial de suelo, por acción del viento y del agua.

Medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas

- ✓ Retiro y almacenamiento controlado de suelo orgánico (por capas y con cubierta de protección en el área de almacenamiento)
- ✓ Protección temporal del suelo retirado (cubiertas, vegetación temporal.
- ✓ Reincorporación del suelo orgánico en áreas intervenidas al finalizar las obras
- ✓ Aplicación de técnicas de conservación (acolchado, cultivos de cobertura, curvas de nivel).
- ✓ Aporte de materia orgánica complementaria (composta, estiércol estabilizado).
- ✓ Restauración edáfica en zonas degradadas fuera del polígono del proyecto.
- ✓ Aportación de suelo fértil o compostasobre áreas de conservación comunitaria o agroecológica.

- ✓ Aportación de suelo fértil o compostasobre áreas de conservación comunitaria o agroecológica.
- ✓ Establecimiento de parcelas de conservación o regeneración de suelos con monitoreo compartido.

Estrategia ambiental integradora:

Conservación Integral y Restauración Edáfica (CICRE)
Objetivo general: Prevenir, minimizar, compensar y revertir la alteración físico-química y biológica del suelo provocada por la compactación, pérdida de cobertura vegetal, remoción de la capa superficial, y pérdida de materia orgánica, a través de acciones integradas de manejo, protección y restauración, considerando la sinergia e interacción entre los impactos identificados.

Características de la Estrategia CICRE
1. Prevención y Manejo en Sitio

- **Zonificación del terreno**: Identificación y delimitación de suelos frágiles (bajo contenido de materia orgánica, textura fina) y establecimiento de zonas de exclusión para tránsito de maquinaria.
- **Caminos temporales y placas**: Implementación de infraestructura de paso que distribuya peso y reduzca la compactación.
- **Delimitación de áreas de trabajo**: Para evitar la remoción innecesaria de la capa superficial y la expansión del área impactada.

2. Manejo de la Capa Superficial

- **Retiro y almacenamiento controlado del suelo fértil**: En capas separadas, protegidas con lonas, mallas sombra o vegetación temporal para evitar erosión e inactivación biológica.
- **Protección temporal del suelo expuesto**: Mediante cobertura vegetal, acolchados (mulching), hidrosiembra u otras técnicas apropiadas.

3. Restauración y Reincorporación

- **Labranza de descompactación (subsoleado)**: En zonas intervenidas para recuperar porosidad y permitir la infiltración.
- **Reincorporación del suelo fértil**: Al finalizar las obras, en capas uniformes, con técnicas que eviten erosión.
- **Aporte de materia orgánica**: Uso de composta estabilizada, estiércol maduro, bioestimulantes y microorganismos benéficos para restaurar la vida edáfica.

4. Conservación y Regeneración Sostenible

- **Parcelas demostrativas de conservación de suelos**: Establecimiento de áreas con monitoreo comparativo para evaluar medidas como curvas a nivel, cultivos de cobertura o sistemas agroforestales.
- **Aportes a zonas comunitarias o agroecológicas**: Como compensación ambiental, se incluye la mejora del suelo en áreas fuera del polígono, mediante donación de composta, suelo fértil o asistencia técnica.
- **Cobertura vegetal permanente**: Reforestación o revegetación con especies nativas o de rápido establecimiento para estabilizar el sustrato.

5. Monitoreo y Mejora Continua

- **Indicadores de compactación, materia orgánica, pH y biodiversidad del suelo**: Para evaluar la efectividad de las medidas.
- **Seguimiento participativo**: En coordinación con comunidades locales, centros de investigación o técnicos rurales para la evaluación conjunta del suelo antes, durante y después de la obra.

Enfoque de la estrategia:

CICRE se basa en la integración progresiva de acciones preventivas, correctivas y compensatorias, con un enfoque adaptativo y comunitario, incorporando criterios técnicos de **manejo sostenible del suelo** y restauración ecológica, reconociendo la **interconexión** entre compactación, pérdida de fertilidad, erosión y cobertura vegetal.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciaran prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.9).

Tabla VI. 9 Estrategia CICRE, cronograma, responsable de ejecución e indicadores de evaluación

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Prevención y Manejo en Sitio	Zonificación del terreno y suelos frágiles	Preparación del sitio	Meses 1–2	Responsable Ambiental	Topógrafo / Técnico en Suel	Mapa de zonas frágiles elaborado y aprobado; Proporción relativa (%) de áreas delimitadas (100%)
Prevención y Manejo en Sitio	Implementación de caminos temporales y placas	Preparación y construcción	Meses 1–3	Jefe de Obra	Supervisor de Campo	Proporción relativa (%) de caminos operativos con placas (>90%)
Prevención y Manejo en Sitio	Delimitación de áreas de trabajo	Preparación del sitio	Meses 1–2	Supervisor de Campo	Responsable Ambiental	Proporción relativa (%) de área intervenida sin expansión (>95%)
Manejo de la Capa Superficial	Retiro y almacenamiento controlado del suelo fértil	Preparación del sitio	Meses 2–4	Técnico Ambiental	Operador de Maquinaria	Volumen retirado registrado; Proporción relativa (%) cubierto adecuadamente (100%)
Manejo de la Capa Superficial	Protección temporal del suelo expuesto	Construcción	Meses 3–6	Responsable Ambiental	Encargado de Reforestación	Proporción relativa (%) de superficie con protección (>90%)
Restauración y Reincorporación	Labranza escompactación (subsoleado)	Postconstrucción	Meses 6–7	Técnico Agrícola	Supervisor de Campo	Número de hectáreas subsoladas; Profundidad lograda (verificada en campo)
Restauración y Reincorporación	Reincorporación del suelo fértil	Postconstrucción	Meses 7–8	Encargado de Suelos	Operador de Maquinaria	Proporción relativa (%) de áreas restauradas con suelo fértil (>95%)
Restauración y Reincorporación	Aporte de materia orgánica y bioestimulantes	Postconstrucción	Meses 8–9	Técnico Agrícola	Responsable Ambiental	Volumen de materiales aplicados (ton/ha); Proporción relativa (%) de mejora en materia
Conservación y Regeneración	Parcelas demostrativas de conservación de suelos	Postconstrucción	Meses 6–12	Responsable Ambiental	Asesor Técnico Agroecológic	Número de parcelas establecidas; Informe comparativo semestral
Conservación y Regeneración	Aportes a zonas comunitarias o	Postconstrucción	Meses 8–12	Responsable Social	Comité Local de Conservaci	Volumen de compost/suelo fértil entregado; Número de beneficiarios
Conservación y Regeneración	Cobertura vegetal permanente	Postconstrucción	Meses 7–12	Encargado de Reforestac	Técnico Ambiental	Proporción relativa (%) de cobertura vegetal restituida (>90%)
Monitoreo y Mejora Continua	Indicadores edáficos (compactación, MO, pH)	Toda la obra	Meses 1–12	Responsable Ambiental	Laboratorio / Asesor Técnic	Informe bimensual con resultados y evolución de parámetros clave
Monitoreo y Mejora Continua	Seguimiento participativo con comunidades	Postconstrucción	Meses 6–12	Responsable Social	Facilitador Comunitario	Número de reuniones participativas realizadas (>3); Reportes compartidos

D) **Factor receptor:** Procesos del medio inerte.

Impactos ambientales que potencialmente pueden afectar al factor ambiental receptor:

IA 12: Alteración puntual del curso de escorrentias.

IA 06: Incidencia negativa en la cantidad de agua superficial por la modificación del curso de las escorrentías pluviuales y la pérdida de vegetacion.

Medidas de MPy C propuestas:
- ✓ Levantamiento topográfico y diseño hidrológico previo a las obras.
- ✓ Evitar bloqueo de canales naturales de escurrimiento.
- ✓ Diseño de plataformas, caminos y estructuras con pendientes y drenajes adecuados
- ✓ Instalación de cunetas, zanjas de infiltración, bordos y desviadores.
- ✓ Uso de barreas vivas o muros de retención vegetados
- ✓ Revegetación inmediata de áreas expuestas a escorrentía concentrada
- ✓ Restauración de microcuencas alteradas fuera del sitio del proyecto
- ✓ Establecimiento de franjas de retención

IA 17: Pérdida y fragmentación del hábitat disponible para la fauna, principalmente de individuos grandes y medianos en el AeP

Medidas de PMyC propuestas:
- ✓ Ajuste del trazo para evitar parches de vegetación clave y corredores faunísticos.
- ✓ Instalación de pasos de fauna planificados desde el diseño
- ✓ Zonificación ambiental con exclusión de áreas de alta sensibilidad.
- ✓ Mantenimiento y revegetación de franjas de amortiguamiento
- ✓ Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo.
- ✓ Señalización, limitación de velocidad y control de trámsito interno.
- ✓ Establecimiento o fortalecimiento de corredorres biológicos externos
- ✓ Instalación de refugios artificiales (¡perchas, cavidades, montículos).

Estrategia ambiental integradora:

Sistema Integral de Manejo Hidrológico y de Conectividad Ecológica (SIMHyCE)

Objetivo general: Restablecer y conservar los procesos físico-naturales del medio abiótico mediante un enfoque conjunto de manejo hidrológico, control de escorrentía y conservación de conectividad ecológica, minimizando los efectos sinérgicos de la modificación del relieve, la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación del hábitat.

Características de la Estrategia SIMHyCE

1. Diseño Hidrológico Preventivo

- **Levantamiento topográfico y modelación hidrológica previa a obras:** Para identificar flujos de escorrentía natural y definir estructuras de captación y canalización sin alterar los cursos de agua existentes.
- **Trazado adaptativo del proyecto:** Se ajustan plataformas y caminos a las pendientes naturales, evitando zonas de acumulación o escurrimiento concentrado.

2. Infraestructura de Manejo de Escorrentía

- **Cunetas, zanjas de infiltración, bordos y desviadores:** Dirigidos a distribuir adecuadamente los flujos y facilitar la infiltración.
- **Muros vegetados o barreras vivas:** Para frenar el flujo superficial, prevenir erosión y mantener humedad edáfica.
- **Revegetación inmediata:** En taludes, bordes de caminos o zonas desnudas que concentren escorrentía.

3. Restauración Hidrológica Compensatoria

- **Microcuencas fuera del polígono:** Restauración o protección de pequeñas cuencas vecinas como medida compensatoria ambiental.
- **Franjas de retención y amortiguamiento:** Establecimiento de zonas perimetrales con vegetación densa y especies nativas.

4. Conectividad Ecológica y Manejo de Fragmentación

- **Ajuste del trazo para evitar parches clave y corredores faunísticos:** Conservando áreas con valor ecológico sin interrupción.
- **Zonificación ambiental interna:** Con exclusión de áreas de alta sensibilidad ecológica (refugios, rutas de fauna).
- **Instalación de pasos de fauna:** A nivel del suelo o elevados, planificados desde el diseño del proyecto, en puntos clave de cruce.
- **Refugios artificiales (perchas, cavidades, montículos):** Para facilitar tránsito, descanso o anidación de fauna desplazada.
- **Red de corredores biológicos externos:** Fortalecimiento o vinculación con ecosistemas colindantes para mantener flujos genéticos.

5. Gestión del Tráfico Interno

- **Control de tránsito en caminos internos:** Señalización, límites de velocidad y horarios de circulación para reducir atropellamientos y disturbios.
- **Mantenimiento de franjas de amortiguamiento:** Con revegetación periódica para reducir barreras físicas y visuales para la fauna.

Enfoque de la estrategia: el **SIMHyCE** integra soluciones estructurales e infraestructura verde con medidas ecológicas y sociales, considerando los efectos combinados sobre los sistemas naturales y el paisaje. A través de un enfoque

territorial y sistémico, busca mantener la funcionalidad de los procesos abióticos y facilitar la resiliencia del ecosistema.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.10).

Tabla VI. 10 Estrategia SIMHyCE, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Diseño Hidrológico Preventivo	Levantamiento topográfico y modelación hidrológica	Preparación del sitio	Meses 1–2	Coordinador Técnico	Topógrafo / Hidrólogo	Plano topográfico e informe hidrológico aprobados; % de cobertura del levantamiento (>95%)
Diseño Hidrológico Preventivo	Ajuste del trazado de infraestructura según pendientes naturales	Preparación y diseño	Meses 2–3	Responsable de Ingeniería	Responsable Ambiental	Número de ajustes incorporados al diseño (>90% áreas críticas)
Infraestructura de Escorrentía	Construcción de cunetas, zanjas de infiltración y bordos	Construcción	Meses 3–6	Supervisor de Obra	Técnico Hidrosanitario	Metros lineales construidos conforme a plano; Inspección técnica (>95%)
Infraestructura de Escorrentía	Instalación de barreras vivas o muros vegetados	Construcción	Meses 4–7	Encargado de Reforestación	Responsable Ambiental	Número de metros lineales con vegetación establecida; % de cobertura (>90%)
Infraestructura de Escorrentía	Revegetación inmediata de zonas expuestas	Construcción	Meses 3–6	Encargado de Restauración	Técnico en Flora	% de taludes revegetados (meta: >95% dentro del mes de apertura)
Restauración Compensatoria	Restauración de microcuencas externas al sitio	Postconstrucción	Meses 6–12	Responsable Ambiental	Organización Comunitaria / ONG	Número de microcuencas restauradas; Informe fotográfico y técnico
Restauración Compensatoria	Establecimiento de franjas de retención perimetrales	Construcción	Meses 5–8	Encargado de Reforestación	Técnico de Campo	Superficie total con franjas (>95% de perímetro definido)
Conectividad Ecológica	Ajuste del trazo para conservar parches clave	Diseño	Meses 2–3	Responsable de Ingeniería	Ecólogo de Fauna	Número de parches conservados en trazado (>90%)
Conectividad Ecológica	Zonificación ambiental y exclusión de zonas sensibles	Diseño y planificación	Meses 2–4	Responsable Ambiental	SIG / Planificador Ecológico	% de zonas críticas excluidas (100%)
Conectividad Ecológica	Instalación de pasos de fauna	Construcción	Meses 5–8	Supervisor de Obra	Ecólogo de Fauna	Número de pasos construidos y funcionales (≥3); Informe de verificación
Conectividad Ecológica	Colocación de refugios artificiales	Postconstrucción	Meses 6–10	Encargado de Fauna	Técnico Ambiental	Cantidad de refugios instalados por tipo; Registro fotográfico
Conectividad Ecológica	Fortalecimiento de corredores externos	Postconstrucción	Meses 6–12	Responsable Social	ONG local / comunidad	Kilómetros conectados o restaurados; Registro participativo
Gestión del Tráfico	Señalización, control de velocidad y tránsito interno	Construcción y operación	Meses 3–12	Jefe de Seguridad Vial	Responsable Ambiental	Número de señales instaladas; % cumplimiento en reportes de tránsito
Gestión del Tráfico	Mantenimiento y revegetación de franjas de amortiguamiento	Postconstrucción	Meses 7–12	Encargado de Reforestación	Supervisor de Campo	% de franjas restauradas y funcionales (>90%)

E) Factor receptor: Fauna

Impactos ambientales que potencialmente pueden incidir sobre el factor ambiental.

IA 18: Incidencia negativa sobre especies de fauna endémica o con categoría de riesgo.
IA 19: Afectación potencial de especies vulnerables por transformaciones del hábitat o la incorporación de estimulos perjudiciales (patrones de luz).
IA 15: Afectación a individuos de la fauna que utilizan el AeP.
IA.16: 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 respuestas de los individuos que las componen.

Medidas de PMyC propuestas:

- ✓ Identificación y marcaje previo de habitats clave o sitios de presencia confirmada.
- ✓ Inclusión de expertos en fauna en la fase de preparación del sitio y construcción.
- ✓ Captura, reubicación y liberación de individuos bajo protocolos éticos y autorizados.
- ✓ Control de estímulos disruptivos: reducción de iluminación nocturna, ruido y tránsito vehicular.
- ✓ Restauración dirigida al microhábitat para refugio o alimentación (perchas, madrigueras, montículos de rocas).
- ✓ Creación o fortalecimiento de áreas de conservación fuera del AeP o núcleos de protección.
- ✓ Apoyo a programas de cría, monitoreo o investigación en colaboración con instituciones

Estrategia ambiental integradora:

Protección Integral, Manejo y Compensación de Fauna Silvestre PIMC-FS.

Objetivo general :evitar, reducir y compensar los impactos negativos sobre la fauna silvestre derivados de la transformación del hábitat, fragmentación del paisaje y estímulos artificiales, mediante acciones integradas de manejo directo, restauración de microhábitats, control de estímulos y compensaciones ecológicas estratégicas.

Características de la estrategia PIPMC-FS

1. Identificación y Protección de Áreas Clave

- **Detección temprana de hábitats sensibles y sitios de presencia confirmada** (madrigueras, rutas de tránsito, árboles con cavidades, cuerpos de agua temporales).
- **Marcaje y exclusión temporal o permanente** de estas áreas en el diseño del sitio y durante los trabajos constructivos.
- **Participación de expertos en fauna silvestre** durante la fase de preparación del sitio para validar decisiones de protección.

2. Manejo Ético y Responsable de Individuos

- **Captura, reubicación y liberación** de individuos presentes en el área de influencia directa, siguiendo protocolos oficiales y principios éticos.
- Coordinación con autoridades ambientales y centros de rescate autorizados para casos especiales (fauna herida o en riesgo).
- **Monitoreo posterior a la liberación**, con documentación técnica y evaluación de éxito.

3. Control de Estímulos Disruptivos

- **Reducción de iluminación nocturna** en intensidad, temperatura de color (≤3,000 K) y tiempo de uso (temporizadores, sensores).
- **Disminución del ruido y tránsito vehicular**, especialmente en horarios sensibles (amanecer, anochecer).
- **Zonificación y señalización de áreas de sensibilidad faunística**, para limitar el acceso y la velocidad de vehículos.

4. Restauración Dirigida del Microhábitat

- Instalación de **estructuras artificiales** que favorezcan refugio o alimentación: montículos de rocas, troncos secos, perchas, cajas nido, cavidades artificiales.
- **Revegetación con especies nativas** que proporcionen alimento y cobertura, con mantenimiento asegurado.
- **Establecimiento de franjas de amortiguamiento vegetado** alrededor de los módulos solares.

5. Compensación por Pérdida de Hábitat

- **Creación o fortalecimiento de áreas de conservación fuera del AeP**, a través de convenios con propietarios, ejidos o reservas voluntarias.
- **Núcleos de protección o corredores ecológicos**, con conectividad funcional y manejo participativo.

6. Apoyo a Programas de Conservación Externos

- **Colaboración con universidades e institutos** para impulsar acciones de:
  - Cría o rescate de especies en riesgo.
  - Monitoreo poblacional (cámaras trampa, transectos).
  - Estudios de uso de hábitat y conectividad ecológica.
- **Transferencia de recursos o datos técnicos** generados por el proyecto para fortalecer estos programas.

Enfoque transversal: El **PIPMC-FS** combina acciones **preventivas, correctivas y compensatorias**, integrando principios de **ética ambiental, ecología del paisaje y manejo adaptativo**, bajo una lógica de corresponsabilidad con las instituciones científicas y las comunidades locales.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.11).

Tabla VI. 11 Estrategia PIMC-FS, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Identificación y Protección	Detección y marcaje de hábitats clave o sitios de presencia	Preparación del sitio	Meses 1–2	Responsable de Fauna	Ecólogo / Biólogo especialista	Número de sitios identificados y protegidos (>90% cobertura del AeP)
Identificación y Protección	Participación de expertos en fauna durante preparación del sitio	Preparación y construcción	Meses 1–6	Coordinador Ambiental	Consultor en Fauna	Informe técnico mensual; % de recomendaciones implementadas (>85%)
Manejo Ético de Fauna	Captura, reubicación y liberación de individuos	Preparación y construcción	Meses 2–6	Responsable de Fauna	Veterinario / Técnico en Manejo	Número de individuos manejados con éxito; Tasa de liberación efectiva (>95%)
Manejo Ético de Fauna	Monitoreo post-liberación	Postconstrucción	Meses 7–10	Responsable de Fauna	Biólogo de Campo	Número de seguimientos realizados; Informe de retorno exitoso (>80%)
Control de Estímulos	Reducción de iluminación nocturna (color, intensidad, temporizadores)	Construcción y operación	Meses 3–12	Responsable de Obra	Técnico Electricista / Ambiental	% de luminarias ajustadas conforme a plan (>90%)
Control de Estímulos	Zonificación y señalización para control de tránsito y ruido	Construcción	Meses 3–8	Jefe de Seguridad Vial	Responsable Ambiental	Número de señales colocadas; % reducción de incidentes (>75%)
Restauración del Microhábitat	Instalación de estructuras de refugio (perchas, madrigueras, montículos)	Postconstrucción	Meses 6–9	Responsable de Fauna	Encargado de Restauración	Número de estructuras instaladas conforme a plan (>90%)
Restauración del Microhábitat	Revegetación dirigida con especies nativas	Postconstrucción	Meses 6–10	Encargado de Reforestación	Técnico en Flora	% de cobertura vegetal funcional (>85%)
Compensación de Hábitat	Creación o fortalecimiento de áreas de conservación externas	Postconstrucción	Meses 7–12	Responsable Social	ONG / Comunidad Local	Número de hectáreas conservadas o restauradas; Acuerdos firmados (≥2)
Compensación de Hábitat	Establecimiento de corredores o núcleos de protección	Postconstrucción	Meses 8–12	Ecólogo de Paisaje	Técnico de Campo	Kilómetros funcionales conectados; Registro fotográfico y cartográfico
Apoyo Externo	Colaboración con programas de cría, monitoreo o investigación	Postconstrucción	Meses 6–12	Coordinador Ambiental	Universidad / Instituto aliado	Número de proyectos apoyados (>2); Reportes técnicos disponibles

F) **Factor receptor:** flora (vegetación)

Impactos ambientales que pueden incidir sobre el factor:

IA 20: Reducción o modificación de la diversidad de especies vegetales como resultado de la remoción de vegetación.
IA 21: Reducción de las poblaciones de flora presentes debido a la remoción de individuos y alteración del hábitat.
IA 22: Incidencia negativa sobre individuos de especies de flora endemica o con estatus de riesgo.

IA 23 Reducción de la cubierta vegetal forestal en el AeP.

IA 24: Modificación negativa del patrón natural de dispersión de semillas.

Medidas de PMyC propuestas:

- ✓ Delimitación de la zona de exclusión donde haya especies prioritarias o relictas
- ✓ Levantamiento floristico previo y, de ser el caso, ajueste del trazo para evitar núcleos de biodiversidad.
- ✓ Capacitación a persdonal sobre identificación y protección de especies sensibles (especies clave).
- ✓ Rescate y reubicación de individuos de especies clave (protegidas, endémicas y con categoría de riesgo)
- ✓ Revegetación activa con especies nativas adaptadas al sitio.
- ✓ Manejo y control de especies invasoras u oportunistas.
- ✓ Restauración ecológica en zonas equivalentes fuera del sitio.
- ✓ Conservación de parches vegetales de alto valor ecológico bajo esquemas voluntarios o convenios.
- ✓ Conservación "*in situ*" de parches vegetales intactos como núcleos de dispersión.
- ✓ Evitar la compactación en áreas con alta producción natural de semillas.
- ✓ Ajuste del trazo de caminos y áreas para establecimiento de infraestructura, para no incidir en zonas de acumulación de semillas (hondonadas, laderas bajas)
- ✓ Instalación de barreras vivas que favorezcan la retención de semillas.
- ✓ Siembra directa o dispersión manual de semillas nativas de zonas intervenidas.
- ✓ Restauración de áreas naturales de semilleros mediante recolección local y reintegración.

Estrategia ambiental integradora:

Estrategia para la Conservación Integral, Restauración y Manejo de la Flora (ECICRyMF)

Objetivo general: Minimizar la pérdida de diversidad vegetal, proteger especies clave y restaurar la funcionalidad ecológica del paisaje vegetal mediante un enfoque combinado de prevención, mitigación activa y compensación ecológica, con énfasis

en la conservación de especies endémicas, prioritarias y zonas de dispersión natural.

Características de la ECICRyMF:

1.Prevención y Planeación Ambiental

- **Delimitación de zonas de exclusión** donde haya especies relictas, prioritarias o núcleos de biodiversidad vegetal.
- **Levantamiento florístico previo** a la remoción de vegetación para ajustar el trazo del proyecto evitando impactos innecesarios.
- **Capacitación del personal** técnico y operativo en identificación y protección de especies sensibles.
- **Ajuste de caminos e infraestructura** para evitar hondonadas o zonas bajas que actúan como semilleros naturales.

2. Mitigación y Manejo Activo

- **Rescate y reubicación** de individuos de especies endémicas, protegidas o en categoría de riesgo, bajo criterios técnicos.
- **Revegetación activa** con especies nativas adaptadas localmente, especialmente en bordes de infraestructura y zonas intervenidas.
- **Manejo y control de especies invasoras u oportunistas**, con monitoreo continuo en áreas restauradas y aledañas.
- **Instalación de barreras vivas** que favorezcan la retención y dispersión local de semillas.

3. Restauración y Conservación

- **Restauración ecológica en zonas equivalentes fuera del sitio**, aplicando criterios de equivalencia ecológica (tipo de suelo, altitud, especies).
- **Conservación voluntaria o por convenio** de parches vegetales intactos de alto valor ecológico, ya sea dentro del predio o en terrenos vecinos.
- **Conservación in situ de semilleros naturales**, incluyendo microdepresiones, bordes de arroyos o laderas bajas con alta producción de semillas.
- **Siembra directa o dispersión manual** de semillas recolectadas localmente en las zonas restauradas.
- **Restauración dirigida de semilleros naturales**, mediante recolección manual, propagación en vivero y reintegración planificada.

Enfoque de implementación: la estrategia ECICRyMF se basa en la integración de criterios de ecología vegetal, conectividad funcional, restauración basada en evidencia y manejo adaptativo, promoviendo la participación comunitaria en la recolección de semillas, conservación de parches vegetales y mantenimiento de áreas restauradas.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.12).

Tabla VI. 12 Estrategia ECICRyMF, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Prevención y Planeación	Delimitación de zonas de exclusión por especies prioritarias	Preparación del sitio	Meses 1–2	Responsable de Flora	Botánico / Técnico en biodiversidad	Zonas marcadas en plano; % de cobertura de exclusión (>90%)
Prevención y Planeación	Levantamiento florístico y ajuste de trazo del proyecto	Preparación y diseño	Meses 1–3	Responsable Ambiental	Consultor en Vegetación	Informe florístico validado; % de trazo modificado (≥80% en zonas sensibles)
Prevención y Planeación	Capacitación al personal en flora sensible	Inicio de actividades	Mes 2	Coordinador Ambiental	Responsable de Flora	Número de personas capacitadas; Evaluación de conocimiento (>85%)
Prevención y Planeación	Ajuste de caminos e infraestructura para proteger semilleros naturales	Diseño	Meses 2–3	Ingeniero de Obra	Responsable de Flora	% de áreas críticas evitadas (>85%)
Mitigación Activa	Rescate y reubicación de individuos de especies clave	Preparación y construcción	Meses 3–6	Responsable de Flora	Botánico especializado	Número de individuos reubicados con éxito; Supervivencia post-trasplante (>70%)
Mitigación Activa	Revegetación con especies nativas adaptadas	Postconstrucción	Meses 6–10	Encargado de Reforestación	Técnico Forestal	% de cobertura vegetal recuperada (>85%)
Mitigación Activa	Control de especies invasoras u oportunistas	Postconstrucción y operación	Meses 6–12	Responsable Ambiental	Técnico en Control Biológico	Número de intervenciones; Reducción de cobertura de invasoras (<10%)
Mitigación Activa	Instalación de barreras vivas para retención de semillas	Postconstrucción	Meses 7–10	Técnico Forestal	Encargado de Flora	Metros lineales instalados; Evaluación de efectividad en campo
Restauración y Conservación	Restauración de zonas equivalentes fuera del sitio	Postconstrucción	Meses 7–12	Responsable Social	ONG / Comunidad Local	Número de hectáreas restauradas; Equivalencia validada por técnico externo
Restauración y Conservación	Conservación de parches vegetales intactos bajo convenios	Diseño y operación	Meses 4–12	Responsable Legal / Social	Responsable de Flora	Número de convenios firmados; Hectáreas protegidas (>10 ha)
Restauración y Conservación	Conservación in situ de semilleros naturales	Construcción y operación	Meses 5–12	Responsable de Flora	Técnico de Campo	Zonas conservadas delimitadas y señalizadas (100%)
Restauración y Conservación	Siembra directa o dispersión manual de semillas nativas	Postconstrucción	Meses 7–11	Encargado de Restauración	Brigadas comunitarias	Número de semillas sembradas; Tasa de germinación (>60%)
Restauración y Conservación	Restauración de semilleros mediante recolección local	Postconstrucción	Meses 8–12	Responsable de Flora	Vivero Local / Comunidad	Número de plantas reintroducidas; Supervivencia al mes 3 (>70%)

G) **Factores receptores:** procesos del medio biótico.

Impactos ambientales que pueden incidir sobre el factor
IA 25: Transformación del hábitat y afectación de la fauna, reduciendo su movilidad, modificando sus patrones de movilidad y provocando estrés o abandono.

IA 26: Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras.

IA 27: Disminución potencial de áreas y recursos de alimentación para la fauna local, principalmente por la modificación del habitat de los agroecosistemas.

IA 28: Aislamiento potencial de rutas de poblaciones de flora y fauna de especies con poca movilidad derivadas del desarrollo de los componentes del proyecto.
IA 29: Afectación potencial negativa de rutas de desplazamiento de la fauna derivadas de la fragmentación de los agroecisistemas y el establecimiento de barreras físicas.

Medidas de PMyC propuestas:

- ✓ Ajustar el diseño de las obras para, de ser el caso, evitar zonas de paso faunístico identificadas (línea base).
- ✓ Realización de estudios de líneas de tránsito y uso de cámaras trampa amntes de iniciasr las obras.
- ✓ Conservación de corredores naturales o vegetación lineal funcional.
- ✓ Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo en puntos estratégicos.
- ✓ Control de tráfico, reducción de velocidad y horarios restringidos de circulación.
- ✓ Manejo de ruido y luz; atenuadors acústicos en vehículos (silenciadores) y luminarias direccionadas o de baja intensidad.
- ✓ Restauración o rehabilitación de corredores ecológicos externos que conecten hábitats fragmentados.
- ✓ Establecimiento de zonas de amortiguamiento sin intervención para refugio de la fauna.

Estrategia ambiental integradora:

Integración Ecológica y Conectividad Biológica (IECB)

Objetivo general: reducir los efectos de la fragmentación del hábitat, el aislamiento ecológico y la alteración de patrones de desplazamiento de flora y fauna mediante una estrategia integral de planificación, manejo del territorio, restauración de corredores y control de estímulos disruptivos.

Características de la estrategia IECB

1. Planeación Preventiva del Territorio

- **Ajuste del diseño del proyecto** para evitar interferencia con rutas de paso faunístico y hábitats identificados en la línea base.
- **Realización de estudios específicos previos** (cámaras trampa, transectos, entrevistas locales) para identificar líneas de tránsito y zonas críticas.
- **Evitar la fragmentación de agroecosistemas** funcionales mediante rediseños y microajustes del trazado.

2. Conservación y Habilitación de Conectividad

- **Conservación de vegetación lineal funcional** (bordes de caminos, setos vivos, cercas vegetadas) que actúen como corredores de conectividad.
- **Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo** en puntos estratégicos validados por estudios previos, con señalización y protección.
- **Establecimiento de zonas de amortiguamiento vegetado** sin intervención en áreas limítrofes o sensibles, para permitir refugio temporal.

3. Manejo de Estímulos Disruptivos

- **Control del tráfico interno:** delimitación de rutas, reducción de velocidad (ej. <30 km/h) y restricción de horarios (ej. no circular al amanecer o anochecer).
- **Manejo de ruido y luz:** uso de **atenuadores acústicos** (silenciadores) en maquinaria y vehículos, así como **luminarias direccionadas** hacia abajo, de baja intensidad (<3,000 K) y con temporizadores.

4. Restauración de Corredores Externos

- **Rehabilitación de corredores ecológicos** fuera del área de implantación, conectando hábitats fragmentados mediante revegetación, setos vivos, o acuerdos de conservación voluntaria.
- **Asociación con comunidades locales o propietarios** para restaurar rutas ecológicas históricas utilizadas por fauna nativa.

Enfoque de implementación: la estrategia de **IECB** incorpora criterios de ecología del paisaje**,** manejo adaptativo y restauración participativa para asegurar la funcionalidad de los ecosistemas transformados. Prioriza las acciones de prevención durante el diseño, pero contempla medidas de restauración activa y compensación fuera del área directa de intervención.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciaran prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.13).

Tabla VI. 13 Estrategia IECB, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Planeación Preventiva	Ajuste del diseño para evitar zonas de paso faunístico	Diseño	Meses 1–2	Responsable de Ingeniería	Ecólogo de Fauna	Número de ajustes incorporados; Proporción relativa (%) de zonas críticas evitadas (>85%)
Planeación Preventiva	Estudios previos de líneas de tránsito (cámaras trampa, transectos)	Preparación del sitio	Meses 1–3	Responsable de Fauna	Consultor en Ecología	Número de puntos monitoreados; Informe técnico validado
Planeación Preventiva	Evitar fragmentación de agroecosistemas funcionales	Diseño	Meses 2–3	Responsable Ambiental	SIG / Planificador Territorial	Proporción relativa(%) de agroecosistemas conservados (>80%)
Conectividad Ecológica	Conservación de vegetación lineal funcional	Construcción	Meses 3–6	Encargado de Flora	Técnico Forestal	Longitud de trazos de vegetación conservada; Mapa de corredores funcionales
Conectividad Ecológica	Instalación de pasos de fauna a nivel del suelo	Construcción	Meses 4–8	Supervisor de Obra	Ecólogo de Fauna	Número de pasos funcionales instalados (≥3); Informe fotográfico y técnico
Conectividad Ecológica	Establecimiento de zonas de amortiguamiento vegetado	Construcción y operación	Meses 4–12	Responsable Ambiental	Encargado de Reforestación	Superficie total con cobertura (>90% del borde del sitio)
Manejo de Estímulos	Control de tráfico interno y reducción de velocidad	Construcción y operación	Meses 3–12	Jefe de Seguridad Vial	Responsable Ambiental	Velocidad promedio registrada (<30 km/h); Señalización implementada (100%)
Manejo de Estímulos	Instalación de atenuadores acústicos y luminarias dirigidas	Construcción	Meses 4–7	Responsable de Obra	Técnico Electricista / Mecánico	Proporción relativa (%) de maquinaria y luminarias adaptadas (>90%)
Restauración de Corredores	Rehabilitación de corredores ecológicos fuera del AeP	Postconstrucción	Meses 7–12	Responsable Social	ONG / Comunidad Local	Longitud restaurada (km); Acuerdos firmados (≥2)
Restauración de Corredores	Asociación con comunidades para restaurar rutas históricas	Postconstrucción	Meses 8–12	Responsable de Vinculación	Facilitador Comunitario	Número de rutas identificadas y restauradas; Participación comunitaria registrada

H) Factor receptor: paisaje.

Impactos ambientales que pueden incidir sobre el factor:
IA 31: Alteración de la calidad paisajística derivada de la transformación física, virtual y perceptual del entorno.

IA 32: Afectación de la integridad paisajística consecuencia de la transformación visual, ecológica y cultural del territorio.

IA 33: Incidencia negativa en la conectividad del paisaje derivada de la fragmentación del espacio ocupado por la infraestructura.

IA 34: Alteración de la identidad rural del paisaje por el cambio de uso de suelo agrícola y la dinámica social y cultural.

IA 35: Modificación del contraste visual por la introducción de elementos artificial y repetitivos que modifican la composición visual del entorno.

IA 36: Incidencia negativa y puntual de la conexión cultural del paisaje en el área de establecimiento del proyecto por la incorporación de tecnologías de vanguardia.

Medidas de prevención, mitigación y/o compensación propuestas

- ✓ Localización de infraestructura en áreas ya modificadas (zonas agrícolas, bordes, áres sin pendiente escénica)
- ✓ Diseño paisajístico que considere baja altura, alineación topográfica y ritmos visuales armónicos
- ✓ Pantallas vegetales, franjas de amortiguamiento o barreras visuales vivas
- ✓ Recupaeración o restauración de elementos identitarios del paisaje rual (muros, senderos, árboles patrimoniales)
- ✓ Programa de educación y revaloración del paisaje transformado (señaletica interpretativa).
- ✓ Programa deeducación y revaloración del paisaje transformado (señaletica interpretativa).
- ✓ Conservación de paisajes representativos no intervenidos dentro o fuera del polígono.
- ✓ Establecimiento de miradores, senderos ecológicos o culturales interpretativos como puntos de contemplación y conexión.

Estrategia ambiental integradora:

Estrategia de Integración Visual, Cultural y Ecológica del Paisaje (EIVCEP)

Objetivo general: preservar la integridad visual, ecológica y cultural del paisaje mediante el rediseño armónico de la infraestructura, la implementación de medidas

de mitigación visual y ecológica, y la revalorización participativa del entorno transformado por el proyecto fotovoltaico.

Características de la EIVCEP
1. Diseño Territorial y Visual Sensible

- **Localización estratégica de la infraestructura** en áreas ya transformadas: parcelas agrícolas, bordes de caminos o zonas sin pendiente ni valor escénico.
- **Diseño armónico con el relieve** mediante alineación topográfica, baja altura de estructuras y distribución coherente con el ritmo del paisaje.
- **Reducción del contraste visual** mediante materiales de color neutro o que se integren al entorno inmediato.

2. Mitigación Visual y Ecológica

- **Pantallas vegetales y franjas de amortiguamiento vivas** (con especies nativas) para reducir el impacto visual desde puntos de observación clave.
- **Barreras físicas y naturales** en bordes visibles, linderos y accesos, integradas paisajísticamente al entorno rural.
- **Conservación activa de elementos paisajísticos identitarios**, como árboles patrimoniales, muros de piedra, cercos tradicionales o caminos históricos.

3. Compensación Cultural y Participativa

- **Restauración de elementos rurales** en zonas aledañas, como huellas de senderos, miradores, árboles de sombra y espacios colectivos.
- **Conservación de áreas paisajísticas representativas no intervenidas**, ya sea dentro del polígono o como compensación externa (bosques, terrazas agrícolas, zonas de valor patrimonial).
- **Programa de señalética interpretativa** para dar valor a la transición hacia un paisaje de energía limpia, destacando la historia, ecología y cultura local.
- **Establecimiento de miradores o senderos culturales/ecológicos**, como espacios de contemplación, integración comunitaria y conexión emocional con el entorno.

Enfoque transversal de la estrategia: La estrategia **EIVCEP** promueve un enfoque multidimensional del paisaje, entendiendo su valor no solo como recurso visual, sino como **soporte ecológico, expresión cultural e identidad territorial**. Se orienta a alcanzar un equilibrio entre funcionalidad técnica y armonía escénica, fomentando la aceptación social del paisaje transformado mediante su revalorización.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.14).

Tabla VI. 14 Estrategia EIVCEP, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Diseño Visual Sensible	Localización de infraestructura en áreas ya transformadas	Diseño	Meses 1–2	Responsable de Ingeniería	Especialista en Paisaje / SIG	Proporción relativa (%) de infraestructura ubicada en zonas agrícolas o sin pendiente (>90%)
Diseño Visual Sensible	Diseño de baja altura, alineación topográfica y ritmo armónico	Diseño	Meses 2–3	Responsable de Obra	Consultor en Paisaje	Planos técnicos validados; % de elementos integrados al relieve (>85%)
Diseño Visual Sensible	Uso de materiales y colores de bajo contraste visual	Construcción	Meses 3–6	Responsable de Compras	Responsable Ambiental	Proporción relativa (%) de estructuras con tratamiento visual armónico (>90%)
Mitigación Visual	Instalación de pantallas vegetales y franjas de amortiguamiento	Construcción	Meses 4–7	Encargado de Reforestación	Técnico Forestal	Longitud instalada (m); proporción relativa (%) de la cobertura visual desde puntos sensibles (>80%)
Mitigación Visual	Integración de barreras físicas o naturales paisajísticas	Construcción	Meses 4–8	Supervisor de Obra	Responsable Ambiental	Número de barreras implementadas; Evaluación de integración paisajística
Mitigación Visual	Conservación de elementos identitarios del paisaje	Preparación y construcción	Meses 2–6	Responsable Social	Historiador / Comunidad Local	Número de elementos protegidos o restaurados (>5); Registro fotográfico
Compensación Cultural	Restauración de elementos rurales en zonas aledañas	Postconstrucción	Meses 7–12	Responsable Social	ONG / Comunidad Local	Número de elementos restaurados; Participación comunitaria activa
Compensación Cultural	Conservación de paisajes representativos no intervenidos	Diseño y postconstrucción	Meses 4–12	Responsable Ambiental	Coordinador de Compensaciones	Superficie protegida (ha); Convenios firmados (≥2)
Compensación Cultural	Programa de señalética interpretativa del paisaje	Postconstrucción	Meses 7–11	Responsable de Comunicación	Diseñador Gráfico / Comunidad	Número de señales instaladas; Visibilidad y contenido educativo
Compensación Cultural	Establecimiento de miradores o senderos ecológicos/culturales	Postconstrucción	Meses 8–12	Responsable de Infraestructura	Guía Local / Turismólogo	Número de senderos o miradores habilitados (≥2); Uso comunitario registrado

I) Factores receptores:población (condiciones de ocupación)

Impactos ambientales que pueden incidir sobre el factor.

IA 37: Incidencia de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto en la oferta de empleo (temporal y, permanente especializado).

IA: 38: Riesgo de desarrollar corrientes negativas de aceptación social del proyecto.

IA 39: Repercusión negativa en la percepción de seguridad en la tenencia de la tierras.

Medidas de prevención, mitigación y/o compensación propuestas.

- ✓ Elaboración de un diagnóstico socio-laboral local para identificar capacidades y perfiles disponibles.
- ✓ Establecimiento de criterios preferentes para la contratación local desde la etapa de licitación.
- ✓ Inclusión de cláusulas de empleo responsable en contratos con contratistas.
- ✓ Implementar una estrategia de comunicación socil participativa desde etapas tempranas.Garantizar espacios abiertos de diálogo (consultas, talleres, entrevstas con actores locales).
- ✓ Mapeo de actores sociales y análisis de percepción y expectativas.
- ✓ Establecimiento de un mecanismo transparente de atención a quejas y sugerencias.
- ✓ Fortalecimiento del vínculo con líderes comunitarios, autoridades y organizaciones sociales.
- ✓ Ajustes visibles y comunicados de actividades del proyecto en respuesra a inquietudes reales
- ✓ Diseño y ejecución de un programa de Responsabilidad social Corporativa.
- ✓ Apoyo a proyectos comunitarios consensuados en áreas como educación, salud, cultura o medio ambiente.
- ✓ Generación de canales permanentes de participación social en la gestión ambiental y social del proyecto.
- ✓ Asegurar que todos los procesos de adquisición o uso del suelo estén respadados por documentación legal, válida y transparente.
- ✓ Realizar reuniones informativas y consultas previas con propietarios y vecinos, explicando claramente derechos y alcances del proyecto.

- ✓ Capacitación al personal del proycto en relaciones comunitarias y enfoque intercultural.
- ✓ Establecimiento de mecanismos de atención de quejas o aclaraciones relacionadas con la propiedad de la tierra.
- ✓ Designación de un enlace territorial comunitario del proyecto.
- ✓ Seguimiento jurídico-social a cada caso con respaldo técnico y respecto a usos y costumbres.

Estrategia ambiental integradora:

Integración Social, Empleo Responsable y Seguridad Territorial (ISEST)

Objetivo general: fortalecer la aceptación social del proyecto fotovoltaico mediante el fomento al empleo local, el respeto a la tenencia de la tierra y la implementación de canales participativos de comunicación y atención comunitaria.
Características del ISEST

1. Empleo Responsable y Vinculación Local

- **Diagnóstico socio-laboral local** para identificar habilidades, oficios, perfiles disponibles y necesidades de capacitación.
- **Establecimiento de criterios preferentes de contratación local** desde la etapa de licitación y contratación de contratistas.
- **Inclusión de cláusulas de empleo responsable y trato digno** en todos los contratos con subcontratistas y proveedores.
- **Capacitación al personal en relaciones comunitarias** y enfoque intercultural para el respeto de contextos locales.

2. Gestión de la Aceptación Social

- **Diseño e implementación de una estrategia de comunicación social participativa** desde las primeras etapas del proyecto.
- **Mapeo de actores sociales y análisis de percepción** para construir una narrativa adaptada y sensible a expectativas locales.
- **Espacios de diálogo y consulta activa**: talleres, entrevistas, reuniones informativas periódicas, con mecanismos de retroalimentación.
- **Mecanismo transparente de atención de quejas y sugerencias** accesible, con seguimiento, resolución y retroalimentación documentada.

3. Seguridad Territorial y Transparencia

- **Aseguramiento legal y técnico del uso de suelo**, con respaldo documental transparente, legalmente válido y explicado claramente a los involucrados.

- **Consultas previas con propietarios y vecinos**, con claridad sobre derechos, beneficios, límites y duración de los acuerdos.
- **Establecimiento de mecanismos de atención a quejas sobre propiedad de la tierra**, con **seguimiento jurídico-social** y respeto a los usos y costumbres.
- **Designación de un enlace territorial comunitario** como figura permanente de coordinación, escucha y respuesta directa.

4. Responsabilidad Social y Compensación Participativa

- **Diseño y ejecución de un programa de responsabilidad social corporativa (RSC)** en colaboración con las comunidades.
- **Apoyo a proyectos comunitarios consensuados** en temas prioritarios como salud, educación, cultura, seguridad alimentaria o medio ambiente.
- **Creación de canales permanentes de participación social** en la **gestión ambiental y social del proyecto** (comités locales, veedurías, observatorios).

Enfoque de implementación: el **ISEST** articula acciones de carácter **preventivo, correctivo y proactivo** en los ejes de trabajo, diálogo y legalidad, garantizando que los beneficios del proyecto lleguen a la población local, que sus preocupaciones sean atendidas de manera estructural y que la gestión territorial sea legítima y participativa.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.15).

Tabla VI. 15 Estrategia EIVCEP, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Empleo Responsable	Elaboración de diagnóstico socio-laboral local	Inicio del proyecto	Meses 1–2	Responsable Social	Consultor Socioeconómico	Diagnóstico completo y validado; proporción relativa (%) de cobertura de localidades (>90%)
Empleo Responsable	Establecimiento de criterios preferentes para contratación local	Licitación y contratación	Meses 2–3	Responsable de Recursos Humanos	Responsable Legal	Criterios incluidos en licitaciones y contratos; proporción relativa (%) de personal local contratado (>60%)
Empleo Responsable	Inclusión de cláusulas de empleo responsable en contratos	Contratación	Meses 3–4	Responsable Legal	Responsable de Compras	Número de contratos con cláusulas específicas (100%)
Empleo Responsable	Capacitación al personal en relaciones comunitarias	Inicio de actividades	Mes 2	Responsable de Capacitación	Facilitador Comunitario	Número de asistentes; Evaluación de contenidos (>85% comprensión)
Aceptación Social	Implementación de estrategia de comunicación participativa	Inicio y desarrollo del proyecto	Meses 1–12	Responsable de Comunicación	Responsable Social	Número de acciones implementadas; Nivel de aceptación (medido por encuestas)
Aceptación Social	Mapeo de actores y análisis de percepción	Inicio	Meses 1–2	Responsable Social	Consultor Social	Número de actores mapeados; Informe de percepción disponible
Aceptación Social	Reuniones informativas y talleres participativos	Todo el proyecto	Meses 2–12	Responsable de Comunicación	Líder Comunitario	Número de eventos realizados; % de asistencia (>70%)
Aceptación Social	Mecanismo de atención de quejas y sugerencias	Inicio y operación	Meses 3–12	Responsable Social	Jurídico / Comunicaciones	Plataforma o buzón operativo; Número de quejas atendidas/resueltas (>90%)
Seguridad Territorial	Garantizar legalidad en adquisición o uso del suelo	Preparación del sitio	Meses 1–4	Responsable Legal	Responsable Social	Número de contratos/documentos legalmente válidos (100%)
Seguridad Territorial	Consultas con propietarios y vecinos	Preparación y construcción	Meses 2–6	Responsable Social	Enlace Territorial	Número de consultas realizadas; Registro de acuerdos y actas
Seguridad Territorial	Atención de quejas por propiedad de la tierra	Operación	Meses 3–12	Responsable Jurídico	Responsable de Vinculación	Número de quejas resueltas y documentadas con respaldo técnico (>90%)
Seguridad Territorial	Designación de enlace territorial comunitario	Inicio	Mes 1	Dirección del Proyecto	Responsable Social	Persona asignada y funciones definidas; Registro de seguimiento mensual
Responsabilidad Social	Diseño y ejecución del programa de RSC	Inicio y desarrollo	Meses 2–12	Responsable Social	Comité Comunitario	Programa ejecutado; Número de proyectos comunitarios apoyados (≥3)
Responsabilidad Social	Apoyo a proyectos comunitarios consensuados	Postconsulta	Meses 4–12	Responsable de Proyectos Sociales	ONG / Comunidad	Número de proyectos iniciados y en operación; Satisfacción local medida
Responsabilidad Social	Canales permanentes de participación social	Todo el proyecto	Meses 3–12	Responsable de Comunicación	Comité Local	Número de sesiones/comités instalados; Actas levantadas

J) Factor receptor: infraestructura de servicios comunitarios

Impactos ambientales que pueden afectar al factor:

IA 40: Variaciones potenciales en el comportamienrto de la infraestructura eléctrica del SAR.

IA 41: Afectación de las vialidades rurales por el incremento del tránsito pesado, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

IA 42: Presión sobre los servicios existentes (infraestructura comunitaria) y la reconfiguración del uso del espacio comunitario.

Medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas:

- ✓ Diseño e implementación de un estudio de interconexión aprobado por la autoridad competente (CFE, CRE).
- ✓ Instalación de equipo de control de calidad eléctrica: compensadores, filtros, protecciones y sincronizadores.
- ✓ Coordinación directa con CENACE y operador del proyecto para validar condiciones de operación.
- ✓ Monitoreo continuo del comportamiento eléctrico durante la operación inicial.
- ✓ Ajustes finos de parámetros de operación (voltaje, frecuencia, fases) según respuesta real.
- ✓ Implementación de un sistema de protección y desconexión rápioda (anti-isla).
- ✓ Diagnóstico previo del estado de las vialidades a utilizar (Línea base).
- ✓ Selección de rutas de acceso con menor vulnnerabilidad estructural y social.
- ✓ Planeación logística para limitar la circulación en horas pico escolares.
- ✓ Riego periódico para control de polvo en tramos sin pavimento.
- ✓ Reparación inmediata de daños menores ocasionados por tránsito hacia el proyecto.
- ✓ Señalización vial preventiva y reductores de velocidad en tramos habitados.
- ✓ Rehabilitación o meojra estructural de caminos al término de la obra.

Estrategia ambiental integradora:

Resguardo y Reforzamiento de Infraestructura Comunitaria (RRIC)

Objetivo general: prevenir, mitigar y compensar los impactos del proyecto fotovoltaico sobre la infraestructura eléctrica, vial y comunitaria local, asegurando su funcionalidad, continuidad y fortalecimiento a través de medidas técnicas, logísticas y sociales.

Características del RRIC

1. **Gestión y Seguridad de la Infraestructura Eléctrica**

- **Estudio de interconexión aprobado por CFE/CENACE/CRE**, considerando capacidad del sistema, estabilidad y compatibilidad.
- **Instalación de equipos de control de calidad eléctrica**, como filtros armónicos, protecciones, sincronizadores y compensadores.
- **Coordinación operativa directa con CENACE y operador del proyecto** para validar condiciones y parámetros de operación.
- **Monitoreo en tiempo real del comportamiento eléctrico** durante la etapa de arranque y operación inicial.
- **Ajustes finos de operación** (voltaje, frecuencia, fases) según comportamiento registrado.
- **Sistema de desconexión rápida (anti-isla)** para evitar retroalimentación no deseada en caso de falla o caída de red.

2. Protección y Rehabilitación de Infraestructura Vial

- **Diagnóstico previo del estado de vialidades rurales** a utilizar, incluyendo nivel de servicio, puntos críticos y comunidades afectadas.
- **Selección de rutas con menor vulnerabilidad estructural y social**, priorizando caminos con menor tránsito peatonal y escolar.
- **Planeación logística de tránsito pesado** para evitar horas pico escolares o eventos comunitarios.
- **Control de polvo mediante riego regular** en tramos sin pavimentar.
- **Reparación inmediata de daños menores** provocados por tránsito de maquinaria o vehículos pesados.
- **Instalación de señalización preventiva y reductores de velocidad** en tramos habitados.
- **Rehabilitación estructural de caminos** como medida compensatoria tras la obra (pavimentación, bacheo, nivelación, drenaje).

3. Alivio de la Presión sobre la Infraestructura Comunitaria

- **Evaluación del uso del espacio y servicios comunitarios** potencialmente afectados por la presencia de personal, vehículos o equipo del proyecto.
- **Diseño de medidas de contención y redistribución espacial** (áreas de estacionamiento, control de acceso, horarios escalonados).
- **Coordinación con autoridades locales para uso temporal o compartido de espacios públicos**, garantizando respeto a los usos originales.
- **Apoyo en mantenimiento o mejora de servicios comunitarios** afectados (agua potable, sanitarios, centros de salud, espacios públicos).

Enfoque de implementación: el RRIC propone una gestión basada en la anticipación de impactos técnicos y sociales, el uso de tecnología de mitigación, y una lógica compensatoria responsable, con énfasis en la reparación efectiva de impactos menores y el fortalecimiento de la infraestructura comunitaria como legado positivo del proyecto.

La aplicación del conjunto de medidas de la estrategia iniciase prácticamente desde la etapa de preparación del sitio (tabla VI.16).

Tabla VI. 16 Estrategia RRIC, cronograma de ejecución, responsables e indicadores

Componente	Actividad	Etapa del Proyecto	Periodo de Ejecución	Responsable Principal	Apoyo / Coordinación	Indicador de Evaluación
Infraestructura Eléctrica	Diseño e implementación del estudio de interconexión aprobado	Diseño y autorización	Meses 1–3	Responsable Técnico de Interconexión	Consultor Eléctrico / CFE	Estudio aprobado por autoridad competente (CFE/CRE); Documento validado
Infraestructura Eléctrica	Instalación de equipos de control de calidad eléctrica	Construcción	Meses 3–6	Supervisor de Obra	Técnico Electricista	Número de equipos instalados conforme a especificaciones (>95%)
Infraestructura Eléctrica	Coordinación con CENACE y operador del proyecto	Operación inicial	Meses 6–7	Responsable de Operación	Responsable de SCADA / CENACE	Actas de reuniones; Parámetros operativos acordados
Infraestructura Eléctrica	Monitoreo continuo del comportamiento eléctrico	Operación	Meses 7–12	Responsable de SCADA	Técnico de Monitoreo	Informes mensuales de estabilidad; Detección de anomalías (0 fallas mayores)
Infraestructura Eléctrica	Ajustes finos de parámetros de operación	Postpuesta en marcha	Meses 7–9	Responsable de Control Eléctrico	SCADA / CENACE	Parámetros ajustados; Validación de funcionamiento estable
Infraestructura Eléctrica	Implementación del sistema de desconexión rápida (anti-isla)	Construcción	Meses 4–6	Ingeniero de Protecciones	Supervisor Eléctrico	Sistema operativo; Pruebas exitosas (≥3 test de seguridad)
Infraestructura Vial	Diagnóstico del estado de vialidades (línea base)	Preparación	Meses 1–2	Responsable Social	Ingeniero Civil / Municipio	Informe técnico con tramos críticos y estado base
Infraestructura Vial	Selección de rutas con menor vulnerabilidad estructural y social	Diseño logístico	Meses 2–3	Logística del Proyecto	Responsable Social	Mapa de rutas seleccionado; Aval de comunidad / municipio
Infraestructura Vial	Planeación logística para evitar circulación en horas pico	Construcción	Meses 3–8	Encargado de Logística	Jefe de Seguridad Vial	Itinerarios establecidos; Registro de cumplimiento (>90%)
Infraestructura Vial	Riego periódico para control de polvo	Construcción	Meses 3–9	Supervisor Ambiental	Encargado de Maquinaria	Frecuencia de riego diaria; Registro visual / fotográfico
Infraestructura Vial	Reparación inmediata de daños menores	Construcción	Meses 3–10	Supervisor de Obra	Equipo de mantenimiento	Número de reparaciones atendidas <48 h; Registro de quejas resueltas (>95%)
Infraestructura Vial	Señalización vial preventiva y reductores de velocidad	Construcción	Meses 3–5	Encargado de Seguridad Vial	Responsable de Señalética	Número de señales y reductores instalados conforme (>100%)
Infraestructura Vial	Rehabilitación de caminos al término de la obra	Postconstrucción	Meses 10–12	Responsable de Infraestructura	Municipio / Comunidad	Longitud de caminos rehabilitados; Recepción conforme por autoridades locales
Infraestructura Comunitaria	Evaluación del uso de servicios comunitarios	Preparación	Meses 1–2	Responsable Social	Autoridad Comunitaria	Informe de servicios con presión potencial; Encuesta de percepción
Infraestructura Comunitaria	Diseño de medidas de redistribución espacial	Diseño y preparación	Meses 2–3	Responsable de Logística	Comité Comunitario	Medidas aprobadas e implementadas; % de cumplimiento de accesos
Infraestructura Comunitaria	Coordinación para uso temporal de espacios públicos	Preparación y construcción	Meses 3–8	Responsable Social	Autoridad Municipal	Convenios de uso temporal firmados; Cronograma compartido
Infraestructura Comunitaria	Apoyo a mantenimiento o mejora de servicios comunitarios	Postconstrucción	Meses 9–12	Responsable de RSC	Municipio / Comunidad	Número de servicios apoyados; Reporte fotográfico y técnico

Las estrategias ambientales integradoras desarrolladas para abordar los impactos potenciales del proyecto fotovoltaico sobre los factores ambientales biótico, abiótico, social y paisajístico fueron diseñadas bajo un enfoque preventivo, mitigador y compensatorio, con base en principios de sostenibilidad, participación comunitaria, restauración ecológica y legalidad territorial.

Estrategias Ambientales Formuladas

a. Calidad del Aire, Ruido y Luz Artificial – Estrategia EGAAL.

Mitigación de impactos atmosféricos puntuales mediante planificación de rutas, riego de caminos, mantenimiento de maquinaria y control del ruido e iluminación. Se garantiza la protección del confort ambiental local durante las etapas críticas del proyecto.

b. Suelo y Medio Edáfico – Estrategia CICRE

Medidas integrales para prevenir la compactación, pérdida de suelo fértil y erosión. Se incluyen prácticas de conservación y restauración fuera del polígono del proyecto, asegurando la resiliencia del sustrato edáfico y el uso futuro del territorio.

c. Hidrología, Escorrentía y Conectividad – Estrategia SIMHyCE

Diseño hidrológico previo y restauración de conectividad ecológica mediante drenaje verde, revegetación de microcuencas y pasos de fauna. Se mitigan los efectos acumulativos en el ciclo del agua y en la movilidad de especies.

d. Fauna Silvestre – Estrategia PIMC-FS

Protección de hábitats clave, rescate y reubicación ética, control de estímulos y fortalecimiento de corredores faunísticos. Se protege la biodiversidad con énfasis en especies endémicas o en riesgo.

Flora y Semilleros – Estrategia EICRyMF

Prevención de la pérdida de cobertura vegetal y dispersión natural de semillas. Se promueve la revegetación con especies nativas, manejo de especies invasoras y conservación de núcleos vegetales prioritarios.

Conectividad del Medio Vivo – Estrategia IECB

Integración ecológica del paisaje mediante conservación de corredores biológicos, pasos de fauna, amortiguamiento y control del tráfico interno. Se atenúan los impactos sinérgicos sobre agroecosistemas funcionales.

Paisaje e Identidad Territorial – Estrategia EIVCEP

Rediseño visual sensible del proyecto, instalación de barreras vegetales y programas de interpretación cultural. Se protege la integridad escénica, ecológica y simbólica del paisaje rural.

Condición de Ocupación y Aceptación Social – Estrategia PISEST

Empleo responsable, comunicación participativa, seguridad jurídica sobre la tierra y programas de responsabilidad social. Se garantiza la inclusión local, el respeto a los derechos y la gobernanza social del proyecto.

Infraestructura de Servicios Comunitarios – Estrategia RRIC

Protección de infraestructura eléctrica, vialidades y servicios locales. Se aplican tecnologías de estabilización eléctrica, medidas logísticas para reducir la presión vial y apoyo a la mejora de servicios comunitarios.

Análisis Integrado y Conclusión

Las estrategias presentadas conforman un **sistema ambiental de gestión integral**, basado en diagnósticos especializados, coordinación multisectorial, participación comunitaria y monitoreo permanente. Cada estrategia considera:

- La **especificidad de los impactos** del proyecto y su contexto territorial.
- La **jerarquía de mitigación ambiental**: evitar, minimizar, restaurar y compensar.
- La incorporación de **tecnologías apropiadas** y soluciones basadas en la naturaleza.
- El cumplimiento normativo con instancias como **SEMARNAT, CENACE, CRE y CFE**.

La implementación integral y verificable de las estrategias formuladas proporciona evidencia suficiente para concluir que el proyecto **es ambientalmente viable**, siempre que se asegure la aplicación efectiva de las medidas descritas, se mantenga el monitoreo adaptativo y se priorice la corresponsabilidad con los actores locales y autoridades competentes.

Con base en la información precedente y derivado de las medidas propuestas se plantearon los lineamientos de cuatro programas específicos (enunciados en su estrategia correspondiente), los cuales son:

1. Programa de información y capacitación ambiental (ANX VIII.VI.2).
2. Programa de manejo integral de residuos (ANX VIII.VI.3).
3. Programa de rescate y reubicación de flora silvestre (ANX VIII.VI.4).
4. Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre (ANX VIII.VI.5).

Los programas formaran parte del Programa de vigilancia ambiental (PVA); los resultados esperados, así como los indicadores de éxito de estos programas (Tabla VI.17) están en función del factor objetivo de aplicación, por lo que los indicadores pueden o no ser cuantificables.

Tabla VI. 17 Relación de los programas planteados, sus indicadores de éxito y resultados esperados

Programa	Indicador	Resultados esperados
Programa de información y capacitación ambiental	˚ Número de empleados capacitados ˚ Número de reportes de no conformidad por negligencia de las cuadrillas	Se espera que todo el personal involucrado en las distintas etapas del proyecto, sea capacitado, con la finalidad de no causar afectaciones a los factores ambientales por la presencia de personal, maquinaria y vehículos.

Programa	Indicador	Resultados esperados
Programa de manejo integral de residuos	˚ Bitácoras de residuos ˚ Manifiestos de traslado y disposición final ˚ Reportes negativos por mal manejo y disposición de residuos dentro del AeP ˚ Volúmenes de residuos generados y evidencia de manejo y disposición final ˚ Correcta aplicación de las medidas ante contingencias por derrames accidentales	Con la aplicación del presente programa se pretende tener un control del 95% de los residuos generados por las obras que contempla el proyecto. Además de un manejo adecuado a cada uno de los residuos producidos, mediante la clasificación y un resguardo adecuado. En caso de derrames accidentales, correcta aplicación de las medidas propuestas.
Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	Sobrevivencia de los ejemplares reubicados al cabo de 6 meses	Se espera reubicar a individuos clave de las especies vulnerables de lento crecimiento y que tengan importancia por sus características bióticas; se busca minimizar el daño a las poblaciones presentes en el sitio al asegurar la supervivencia de los organismos reubicados. Elevar al máximo el porcentaje de sobrevivencia de los organismos reubicados, evitando causar daño excesivo durante el trasplante.
Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre	Sobrevivencia al 100% de los ejemplares capturados y reubicados	Se espera no causar afectaciones a individuos de fauna presentes en el AeP, a través del rescate y reubicación a zonas fuera de la construcción; lo cual será reforzado mediante la concientización ambiental de los trabajadores.

VI.4 Plan de vigilancia ambiental (PVA)

La elaboración de un Plan de Vigilancia Ambiental (en lo sucesivo citado como **PVA**) se justifica desde dos perspectivas: la conveniencia técnica de disponer de ese elemento guía y el disponer de un documento de seguimiento y control. Respecto al primer rubro, debe considerarse que por muy bien estudiado que esté el impacto, nunca se podrá obviar la incertidumbre inherente a todo análisis predictivo (como lo es la EIA), y a la complejidad de las relaciones actividad – ambiente; por ello es preciso incluir controles que verifiquen la realidad de las incidencias del proyecto y permitan una evaluación "*ex post*", una vez transcurrido un período razonable de tiempo, sobre el cumplimiento de las previsiones y sobre la conveniencia de adoptar nuevas medidas correctivas y curativas hacia el futuro.

Por lo expuesto, en esta MIA-R se concibe al **PVA** como el documento de seguimiento y control que contiene los criterios técnicos que, a partir de la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirás a su gerencia o administración, seguir sistemáticamente el cumplimiento y los resultados de las

estrategias y medida de prevención, mitigación y/o compensación (en lo sucesivo, **EyMPMyC**) y, de ser el caso, de las alteraciones de dificil previsión que pudieran aparecer; de esta forma el **PVA** pondrá a disposición de la gerencia del proyecto un método sistemático, sencillo, eficaz y eficiente, para seguir los puntos críticos objetivo de vigilancia, en las diferentes fases de desarrollo del proyecto.

La integración de las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como las obligaciones en materia ambiental que la autoridad imponga a la empresa promovente a través de los Términos y Condicionantes del oficio resolutivo en materia de impacto ambiental (**ORIA**) que en su caso sea emitido, de manera sistematizada y organizada dentro de los **Programas Específicos** que esta MIA identifique convenientes de realización, será a través del **PVA**, el cual es el instrumento idóneo para concentrar el seguimiento que habrá de darse a cada una de las medidas adoptadas en los tiempos de aplicación precisos para cada una. En este sentido, el **PVA** tiene como objetivo el plantear una serie de acciones e indicadores con la finalidad de garantizar el cumplimiento tanto de las medidas planteadas en este capítulo como de las obligaciones impuestas por la autoridad en materia.

El **PVA,** en su versión actualizada será integrado y entregado a la autoridad competente, una vez autorizado el proyecto motivo de esta MIA-R, de manera que puedan incorporarse a dicho **PVA** las obligaciones impuestas por la autoridad, junto con las **EyMPMyC** propuestas en este capítulo (anexo ANX VIII.VI.1); se adjuntan a esta MIA-R la propuesta de lineamientos que habrá de cumplir el **PVA** que se someta a la aprobación de la autoridad.

El **PVA**, en su versión final, conformará un documento de seguimiento y control que habrá de contener al conjunto de criterios técnicos que con base en la predicción elaborada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá al promovente realizar un seguimiento sistemático, tanto de los compromisos propuestos en esta MIA-R, como de las condiciones que la autoridad llegará a imponer en su autorización y de aquellas otras situaciones que fuese necesario atender derivadas de alteraciones que no fueron previstas, principalmente por la complejidad del comportamiento del factor evaluado (impactos supervinientes) para ir realizando evaluaciones correctivas sobre la marcha del proyecto.

Adicionalmente, en el **PVA** se prevé que periódicamente se entregará a la autoridad un informe semestral de cumplimiento que corresponderá a un reporte que integrará las evidencias de cumplimiento de todas las actividades ejecutadas y objetivos alcanzados. En síntesis, el **PVA** habrá de asegurar:

- Indicarle a la gerencia responsable de la ejecución del proyecto, cuáles son los aspectos objeto de la vigilancia,
- El cabal cumplimiento de los términos y de las condicionantes y de las **EyMPMyC**;
- Que, con la atención a los indicadores estratégicos ligados al proyecto, se asegura que se conserva la calidad ambiental de los ecosistemas que lo acogieron.

VI.5 Conclusión

El procedimiento seguido para la identificación, análisis y tratamiento de los impactos ambientales del proyecto fotovoltaico demuestra un alto grado de idoneidad técnica, metodológica y normativa. A partir del Capítulo V de esta MIA-R, se identificaron de manera precisa y desagregada los impactos ambientales relevantes, particularmente los residuales, acumulativos y sinergicos sobre los factores abióticos, bióticos y sociales, abarcando tanto efectos directos como acumulativos y sinérgicos, en distintas etapas del desarrollo del proyecto.

La formulación de medidas de prevención, mitigación y compensación no se realizó de forma aislada o genérica, sino que fue cuidadosamente diseñada y vinculada de manera directa con la naturaleza, intensidad y alcance de cada impacto ambiental identificado. Para ello, se adoptó un enfoque sistémico que permitió agrupar medidas en estrategias ambientales integradoras, garantizando coherencia interna y eficacia territorial, temporal y funcional. La eficiencia de estas medidas y su eventual aplicación al desarrollo del proyecto se asegura de manera sistemática con la propuesta del Plan de Vigilancia Ambiental, PVA**,** integrado por cuatro programas en loc cuales se desarrolla la propuesta concreta para prevenir, nitigar y /o comensar los impacto ambientales, particularmente los de carácter residual, acumulativos y los sinergicos.

Cada estrategia formulada —entre ellas, EGAAL, CICRE, SIMHyCE, PIMC-FS, EICRyMF, IECB, EIVCEP, PISEST y RRIC— responde a un conjunto de impactos asociados a un factor ambiental específico (aire, suelo, agua, fauna, flora, paisaje, infraestructura y población), y articula medidas que operan de manera complementaria en los niveles preventivo, correctivo y compensatorio.

La implementación de dichas estrategias está respaldada por cronogramas estructurados, con identificación clara de responsables, periodos de ejecución e indicadores de evaluación, lo cual permite no solo su aplicación eficaz, sino también su seguimiento y verificación a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Por lo anterior, se concluye que el procedimiento metodológico seguido para el diseño e integración de las medidas ambientales es técnicamente sólido, ambientalmente responsable y socialmente adecuado. Su aplicación contribuirá a evitar o minimizar los impactos negativos, restaurar procesos ecológicos afectados y generar beneficios compartidos en el territorio de influencia del proyecto.

En consecuencia, se concluye que el proyecto es viable ambientalmente, siempre que se asegure la implementación efectiva, monitoreada y adaptativa de las estrategias ambientales integradoras formuladas, en cumplimiento con la legislación ambiental vigente y en articulación con los actores sociales involucrados.

VI.6 Literatura citada

[1] **DGIRA. 2022**. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 39-41 pp.

[2] **RLGEEPAMEIA; 2014**. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. México.

[3] **Canter, L. W., & Ross, B. B. (2010).** State of practice of cumulative effects assessment and management: The good, the bad and the ugly. [*tr: Estado de la práctica de la evaluación y gestión de los efectos acumulativos: lo bueno, lo malo y lo feo*] *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(4), 261–268. https://doi.org/10.3152/146155110X12838715793200.

[4] **Therivel, R., & Ross, B. (2007).** Cumulative effects assessment: Does scale matter? [Evaluación de efectos acumulativos: ¿importa la escala?], Environmental Impact Assessment Review*, 27(5), 365–385. https://doi.org/10.1016/j.EIAR.2007.02.002.

[5] **Council on Environmental Quality (CEQ). (1997).** Considering Cumulative Effects Under the National Environmental Policy Act. [tr: Considerando los efectos acumulativos bajo la Ley de Política Ambiental Nacional]. Executive Office of the President. https://ceq.doe.gov/publications/cumulative_effects.html.

[6] **Espinosa, M. T., & Arriaga, L. (2011**). La evaluación del impacto ambiental en México: problemas conceptuales y prácticos. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 53(212), 185–214.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:

KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:

OCOTE SOLAR

CAPÍTULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

JUNIO 2025

El presente capítulo fue elaborado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[1]

TABLA DE CONTENIDO

VII. Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas 3
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto (línea base o T_0). 4
VII.2 Calidad ambiental factor de definición 6
VII.3 Factores Claves en la Calidad Ambiental: 6
VII.4 Descripción y análisis del escenario con proyecto 11
VII.5 Descripción y análisis del escenario considerando la aplicación de las estrategias de mitigación 13
VII.6 Pronóstico ambiental 15
VII.7 Evaluación de alternativas 18
VII.8 Conclusiones 18
VII.9 Literatura citada 19

Índice de Tablas

Tabla VII. 1 Modificaciones en el uso de suelo en la superficie del SAR a través del tiempo 5
Tabla VII. 2 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR 6
Tabla VII. 3 Criterios para asignar valor biológico, de amenaza o riesgo y oportunidad de conservación . 8
Tabla VII. 4 Valoración de los criterios de calidad ambiental en el SAR al tiempo cero 10
Tabla VII. 5 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto 12
Tabla VII. 6 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto y medidas de mitigación 14
Tabla VII. 7 Pronósticos de los tres escenarios del SAR 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VII. 1 Escenario de la calidad ambiental con proyecto 13
Figura VII. 2 Escenario de la calidad ambiental con proyecto y medidas de mitigación 15

VII. Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas

Atendiendo las especificaciones de la Guía (SEMARNAT, *Op. Cit.*) a continuación de desarrolla el capítulo VII de la MIA-R, la cual tiene como objetivo anticipar la evolución probable del ambiente regional en ausencia del proyecto propuesto, considerando tanto las tendencias actuales como los factores que influyen en los cambios del entorno. Su desarrollo debe entenderse como un ejercicio de análisis prospectivo que complementa el diagnóstico ambiental, proporcionando un contexto dinámico que permite evaluar con mayor claridad la relevancia e intensidad de los impactos del proyecto.

El pronóstico ambiental regional se construye a partir de la información obtenida en la caracterización del medio físico, biótico y socioeconómico, integrando aspectos como el cambio en el uso del suelo, la expansión de actividades productivas, los efectos acumulativos de otros proyectos o actividades en la región y los procesos de degradación o recuperación ambiental en curso.La descripción considerar tres escenarios:

1. **Escenario tendencial o sin proyecto:** Describe cómo evolucionaría el ambiente si el proyecto no se lleva a cabo, asumiendo que se mantienen las condiciones actuales, políticas públicas vigentes y dinámicas regionales conocidas.
2. **Escenario con proyecto:** incluye el análisis comparativo para resaltar los contrastes con el escenario tendencial, especialmente en aspectos clave como presión sobre recursos naturales, fragmentación del hábitat o vulnerabilidad ambiental.
3. **Escenario con proyecto y con las medidas de prevención, mitigación y/o compensación:** describe una alusión comparativa para resaltar los contrastes con el escenario tendencial, con el escenario con proyecto y, especialmente el escenario con la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación.

La utilidad de este pronóstico radica en ofrecer una línea base futura contra la cual se pueden valorar los impactos inducidos por el proyecto, facilitando así la identificación de riesgos, oportunidades de mitigación y medidas de manejo ambiental más eficaces.

Con base en la integración y el análisis de la información contenida en los capítulos II y IV, en los que se describen las características del proyecto y del sistema ambiental regional, así como de los capítulos V y VI donde se evalúan los impactos potenciales destacables producidos por el desarrollo del proyecto, y se seleccionan las medidas tendientes a reducir, mitigar o compensar dichos impactos, es posible estructurar el escenario ambiental actual del SAR del proyecto (línea base); y desarrollar los pronósticos ambientales del mismo sistema en dos escenarios más, uno de ellos considerando los impactos ambientales destacables del proyecto, y otro más ilustrando el resultado de la acción de las medidas correctivas o de mitigación sobre estos impactos.

En este sentido, el primer escenario se desarrolló a partir del análisis retrospectivo y del diagnóstico de la calidad ambiental del SAR formulados en el capítulo IV de esta MIA-R, sin considerar los efectos potenciales que podrá generar el proyecto. En tanto que para

los otros dos escenarios se revaloró la calidad ambiental sobre el mismo esquema utilizado en el capítulo IV, pero superponiendo teóricamente los impactos destacables y las estrategias y medidas de prevención, mitigación y/o compensación definidas en el capítulo VI de esta MIA-R.

Con base en la integración y el análisis de la información contenida en los capítulos II y IV, en los que se describen las características del proyecto y del sistema ambiental regional, así como de los capítulos V y VI donde se evalúan los impactos potenciales destacables producidos por el desarrollo del proyecto, y se seleccionan las medidas tendientes a reducir, mitigar o compensar dichos impactos, es posible estructurar el escenario ambiental actual del SAR del proyecto (línea base); y desarrollar los pronósticos ambientales del mismo sistema en dos escenarios más, uno de ellos considerando los impactos ambientales destacables del proyecto, y otro más ilustrando el resultado de la acción de las medidas correctivas o de mitigación sobre estos impactos.

En este sentido, el primer escenario se desarrolló a partir del análisis retrospectivo y del diagnóstico de la calidad ambiental del SAR formulados en el capítulo IV de esta MIA-R, sin considerar los efectos potenciales que podrá generar el proyecto. En tanto que para los otros dos escenarios se revaloró la calidad ambiental sobre el mismo esquema utilizado en el capítulo IV, pero superponiendo teóricamente los impactos destacables y las estrategias y medidas de prevención, mitigación y/o compensaciones definidas en el capítulo VI de esta MIA-r.

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto (línea base o T_0).

Retomando la información presentada en el capítulo IV, es posible definir que las tendencias de deterioro del SAR están notoriamente relacionadas con el incremento de actividades antrópicas, dentro de las cuales destacan:

Agricultura: Es una de las actividades económicas más importantes del municipio. Los principales cultivos son el maíz, frijol, sorgo y forrajes, destinados principalmente al consumo local y al sustento del ganado.

Ganadería: Se cría principalmente ganado bovino, caprino, ovino y porcino. La ganadería es una fuente importante de ingresos para los habitantes de la región, y se enfoca tanto en la producción de carne como en la producción de leche.

Comercio: Aunque es una actividad de menor escala en comparación con la agricultura y la ganadería, el comercio local incluye tiendas de abarrotes, venta de productos agrícolas y ganaderos, y servicios básicos que atienden las necesidades de la comunidad.

Silvicultura: En algunas áreas del municipio, la explotación forestal es relevante. La extracción de madera y otros productos forestales complementa la economía local.

Apicultura: Aunque en menor escala, la apicultura (producción de miel y otros productos derivados de la abeja) también es practicada por algunos habitantes, contribuyendo a la diversificación económica del municipio.

Estas actividades están vinculadas estrechamente con el entorno rural del municipio y su tradición agrícola y ganadera y siguen la tendencia de inestabilidad ambiental definidas para las regiones ecológicas 16.10 y 18.20, en la cual se ubican la Unidades Biofísicas Ambientales # 57 Depresión Oriental y # 52 Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, las cuales para la UAB #57 esta caracterizada porque no presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Media. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Alta. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Déficit de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 66.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Medio indicador

de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

Adicionalmente se define para la UAB #52 que igualmente no presenta superficie de ANP's. La alta degradación de los Suelos. Es muy alta degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de muy alta a alta. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Media. Porcentaje de Cuerpos de agua: Baja. Densidad de población (hab/km2): Alta. El uso de suelo es Agrícola, Otro tipo de vegetación y Pecuario. Déficit de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 88.5. Media marginación social. Medio índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Alto indicador de consolidación de la vivienda. Alto indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

En este sentido, con el fin de contar con un escenario de la situación del SAR proyectado a futuro, sin la inserción del proyecto que nos ocupa y basado en datos georreferenciados, se desarrolló un pronóstico congruente con las tendencias de desarrollo y deterioro que prexisten en el área, para ello se recurrió a la obtención de la tasa anual de cambio de uso de suelo, conforme a los indicadores básicos de desempeño ambiental que ofrece el SNIA[I] y a partir de un análisis en retrospectiva de las modificaciones en el uso de suelo que ha experimentado el SAR a través del tiempo (Tabla VII.1), teniendo como fuente de información temáticas del INEGI[II]: 1985: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I, escala 1:250 000. México e, 2017 - 2021: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII, escala 1:250,000. México.

Tabla VII. 1 Modificaciones en el uso de suelo en la superficie del SAR a través del tiempo

Id	Uso de suelo y vegetación	Clave	1985 (Serie I INEGI)		2021 (Serie VII INEGI)	
			Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
1	Agricultura de temporal	T	9945.0515	83.01	0.0000	0.00
2	Agricultura de temporal anual	TA	0.0000	0.00	3,793.13	31.66
3	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	0.0000	0.00	4,904.44	40.94
4	Agricultura de temporal permanente	TP	0.0000	0.00	885.2145	7.39
5	Asentamientos humanos	AH	0.0000	0.00	157.9339	1.32
6	Bosque de encino	BQ	77.7969	0.65	0.4397	0
7	Bosque de encino-pino	BQP	11.4468	0.10	0.0000	0.00
8	Chaparral	ML	318.7287	2.66	0.0000	0.00
9	Matorral crasicaule	MC	360.6094	3.01	233.7965	1.95
10	Pastizal inducido	PI	0.0000	0.00	317.8352	2.65
11	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	689.1945	5.75	787.4864	6.57
12	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	VSa/BJ	388.9051	3.25	728.0172	6.08
13	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	188.5372	1.57	171.9731	1.44
	Total		**11980.2701**	**100**	**11,980.2701**	**100**

La tasa anual de cambio de uso de suelo se calculó con la fórmula:

$$r = \left(\left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/t} \right) * 100 \right) - 100$$

En el cual:

r = tasa anual.

[I] http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/snia

[II] http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/default.aspx

S2 = superficie final.

S1 = superficie inicial.

T = tiempo transcurrido entre fechas.

Uno de los problemas que a menudo se afrontan respecto a las comunidades vegetales de México, es que no existe un sistema de clasificación y nomenclatura de las comunidades vegetales que sea de uso común, originando confusiones (González-Medrano, 2003)[2]. Dicha problemática se observa en este caso donde la superficie por uso de suelo presentada en la tabla anterior exhibe diferencias en la clasificación y nomenclatura de las comunidades vegetales y de los otros usos de suelo debido a los criterios que en su momento el INEGI utilizó para la elaboración de las cartas temáticas que sirvieron de referencia, es por ello que, para este análisis se optó por utilizar sólo dos categorías agrupando los conceptos forestales y los no forestales, que para el objetivo que se persigue en este apartado, resultan suficientes para proyectar la perdida de superficie forestal en el SAR.

De esta forma se obtuvo el valor de la tasa anual de cambio para la superficie forestal (r= -0.1593 y para la superficie ocupada por otros conceptos no forestales (r= 0.0315) (Tabla VII.2); de lo que destaca que considerando la tendencia de cambio de uso de suelo que el SAR ha exhibido en las últimas tres décadas, es posible pronosticar un escenario futuro de la misma área sin el alojamiento del proyecto, en el que puede advertirse que de continuar con las tendencias de cambio actuales, al cabo de 30 años la superficie forestal podría decrecer en un 31.5% con respecto a lo caracterizado en la línea base, reduciéndose hasta una superficie aproximada de 1,315.99 ha, lo que implica una pérdida de 605.72 ha.

Tabla VII. 2 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR

USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)			
	1985 (Pasado)	2021 (Presente, T0)	r	2051 (Futuro)
Superficie forestal	2,035.2186	1,921.7129	-0.1593	1,315.9890
Superficie no forestal	9,945.0515	10,058.5572	0.0315	10,664.2811

VII.2 Calidad ambiental factor de definición

En ecología, el concepto de “Calidad Ambiental” se refiere a la condición o estado de un entorno natural en relación con la salud y el bienestar de los organismos que lo habitan, incluidos los seres humanos. La Calidad Ambiental se evalúa en función de varios factores que pueden incluir la pureza del aire, la calidad del agua, la biodiversidad, la presencia de contaminantes, y otros aspectos que afectan la sostenibilidad y la capacidad del ambiente para soportar la vida.

VII.3 Factores Claves en la Calidad Ambiental:

Desde una perspectiva ecológica, la Calidad Ambiental implica la capacidad de un ecosistema para mantener sus funciones y procesos ecológicos de manera sostenible. Un ambiente de alta calidad es aquel que tiene niveles mínimos de contaminación, una alta diversidad biológica, y recursos naturales que no están sobreexplotados. En contraste, una baja Calidad Ambiental puede indicar un ambiente degradado con alta contaminación, pérdida de hábitats, y un impacto negativo en la salud de las especies, incluida la humana. Los principales criterios que convencionalmente se consideran para emitir un juicio de valor de la calidad ambiental de un espacio geográfico son:

A. Calidad del aire: evaluada por la presencia de contaminantes como partículas en suspensión, dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono troposférico, entre otros.

B. Calidad del agua: Se refiere a la pureza del agua en ríos, lagos, mares y acuíferos, incluyendo la presencia de contaminantes como metales pesados, pesticidas, y nutrientes en exceso.

C. Salud del suelo: Incluye la capacidad del suelo para sustentar plantas y microorganismos, así como la ausencia de contaminantes y la presencia de nutrientes esenciales.

D. Diversidad biológica: La variedad de especies en un ecosistema, que contribuye a su estabilidad y resiliencia.

E. Condiciones climáticas: Factores como la temperatura, humedad, y patrones de precipitación que afectan la habitabilidad de un entorno.

F. Presencia de contaminantes: Incluye sustancias químicas, residuos industriales, pesticidas, y cualquier otro material que degrade la calidad del ambiente.

Respecto a lo anterior, en un modelo diseñado por Arriaga, L., et. Al., 2000[3], un conjunto de especialistas determinó el conjunto de criterios y, definió la regionalización de 152 espacios dispersos en el territorio nacional, en los cuales se determinaron indicadores de calidad ambiental a través de la aplicación de los siguientes criterios:

Criterios biológicos:

1. Extensión del área
2. Integridad ecológica funcional de la región
3. Importancia como corredor biológico entre regiones
4. Diversidad de ecosistemas
5. Fenómenos naturales extraordinarios (e.g., localidades de hibernación, migración o reproducción)
6. Presencia de endemismos;
7. Riqueza específica
8. Centros de origen y diversificación natural, y
9. Centros de domesticación o mantenimiento de especies útiles.

Criterios de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad:

1. Pérdida de la superficie original;
2. Fragmentación de la región;
3. Cambios en la densidad de la población
4. Presión sobre especies clave o emblemáticas;
5. Concentración de especies en riesgo, y
6. Prácticas de manejo inadecuadas.

Criterios de oportunidad para la conservación de las regiones:

1. Proporción de áreas bajo algún tipo de manejo inadecuado;
2. Importancia de los servicios ambientales, y
3. Presencia de grupos organizados.

Como complemento a lo anterior, el procedimiento seguido se orientó a la revisión y redefinición de los límites de cada Región Terrestre Prioritaria (RTP), considerando aspectos cartográficos específicos. Los aspectos técnicos considerados fueron:

Aspectos teóricos, concentrados en la determinación de la estabilidad de los elementos físicos y bióticos de los sistemas naturales. La metodología diseñada para el efecto; la diversidad de los elementos del paisaje como factores determinantes de la diversidad bilógica y, como punto esencial: el área mínima cartografiable.

La utilidad, eficiencia y eficacia evidenciada por el modelo antes bosquejado, fueron la base para adoptarlo como sustento para determinar la calidad ambiental del SAR en los tres momentos sustantivos del desarrollo del proyecto:

El momento determinado en la línea base de este estudio (o T_0)

La etapa siguiente que implica el establecimiento físico de la infraestructura del proyecto y,

El período de largo plazo, consistente en la operación del proyecto y la aplicación de las estrategias y medidas de prevención, mitigación y/o compensación de los impactos ambientales.

Se reitera que la evaluación de la Calidad Ambiental es esencial para el desarrollo sostenible, ya que permite identificar problemas, planificar acciones correctivas, y garantizar que los recursos naturales se utilicen de manera que no comprometan la salud del ambiente a largo plazo.

Mediante la metodología antes señalada, es posible establecer el valor biológico de los atributos de una zona (a través de la valoración de los 9 criterios), detectar las situaciones de amenaza o riesgo (6 criterios de evaluación) e identificar sus oportunidades de conservación (3 criterios evaluados). Para calificar dichos criterios se asigna un valor ponderado a cada uno, cuya sumatoria arroja un total que denota de manera general la calidad ambiental (tabla VII.3).

Tabla VII. 3 Criterios para asignar valor biológico, de amenaza o riesgo y oportunidad de conservación

	CRITERIOS	ID	DESCRIPCIÓN	VALORES
VALOR BIOLÓGICO	Extensión de la región	ER	La importancia de este aspecto radica en la correspondencia que existe entre el tamaño de la región y su biodiversidad	0= < 1000 ha. 1= 1000 a 10000 ha. 2= 10000 a 100000 ha. 3= > 100,000 ha
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	Se considera baja, cuando la presencia de plantas nativas y herbívoros silvestres medianos es escasa, así como cuando los procesos naturales de sucesión ecológica han sido alterados significativamente.	0= no se conoce 1= muy bajo 2=bajo 3= medio 4=alto
	Función como corredor biológico.	FC	Este criterio identifica la cualidad de una región de encontrarse conectada o servir de conexión con otra, por cualquier medio físico, el cual permite, entre otras cosas, el movimiento de especies silvestres.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Diversidad de ecosistemas	DE	Con este criterio se evalúa cualitativamente la variedad de ecosistemas que se encuentran representados en el área seleccionada.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Presencia de fenómenos naturales y “extraordinarios”.	FN	Este criterio identifica y evalúa fenómenos que ocurren en la naturaleza y que tienen un carácter “extraordinario”.	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
	Presencia de endemismos	PE	Este aspecto se refiere a la existencia de organismos exclusivos de un área	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto

	CRITERIOS	ID	DESCRIPCIÓN	VALORES
	Riqueza especifica	RE	Este criterio considera el conjunto de las especies y subespecies representadas en un área por los organismos que allí habitan.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Centro de origen y diversificación natural	CO	Este criterio evalúa la función que determinadas áreas han desempeñado como centros de origen, es decir áreas a partir de las cuales se han dispersado los taxa hasta alcanzar su distribución actual.	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	Asigna un valor a aquellas regiones que albergan germoplasma de plantas, ya sea en estado silvestre, semisilvestre o ligado a las actuales practicas productivas, en cantidad significativamente relevante.	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
AMENAZA O RIESGO	Perdida de superficie original	PS	Área ocupada por ecosistemas conservados respecto al total de una región (expresada en porcentaje) es un indicador dinámico del grado de amenaza que esta presenta.	0= nulo 1= bajo (0-30%) 2= medio (30-60%) 3= alto (60-100%)
	Grado de fragmentación de la región	GF	Este criterio se refiere al grado de perdida de conectividad de los ecosistemas de un área.	0= muy bajo 1= bajo 2= medio 3= alto
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	Los cambios en la densidad poblacional de una región son indicadores indirectos de la estructura productiva y los niveles de bienestar social que en ella existen.	0= negativo 1=estable 2= bajo 3= alto
	Presión sobre especies clave[III].	PSE	Evalúan las actividades de explotación y extracción no controladas que ponen en riesgo la capacidad de regeneración de poblaciones de organismos clave.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto
	Concentración de especies en riesgo	CER	La concentración de especies en riesgo en un área indica su importancia como zona de refugio, su valor como ecosistema relicto o bien, refleja el grado y amenaza al que está sometida la región y sus componentes.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	Evalúa el efecto que tienen las actividades humanas, incompatibles con la conservación de una región en particular.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto
OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	Evalúa el porcentaje de una región en el que se aplica un esquema de manejo compatible con la conservación ya sea, bajo un área protegida en funcionamiento o bajo formas racionales de producción.	0= no se conoce 1= bajo (0-30%) 2= medio (30-60%) 3= alto (60-100%)
	Importancia de los servicios ambientales	SA	Los ecosistemas desempeñan funciones ecológicas importantes para la sociedad, a estas funciones vistas como servicios ambientales, presentados por el ecosistema, se les puede asignar un valor económico, por concepto del servicio y amplitud de su influencia.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto
	Presencia de grupos organizados.	PGO	Evalúa la importancia que tiene la presencia de grupos organizados en las diferentes regiones, sean de campesinos, indígenas y asociaciones civiles u otros, que se realicen, apoyen, coordinen o fomenten actividades compatibles con la conservación.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto

[III] Se considera especie clave a aquella cuya distribución determina el límite de una región de importancia para la conservación y se caracteriza por desempeñar una función determinante dentro del ecosistema. (Arriaga *Op Cit.*)

CRITERIOS	ID	DESCRIPCIÓN	VALORES
Una zona en óptimas condiciones, una vez calificada con estos criterios sumaria un valor total de 43 puntos.			

La aplicación de los criterios utilizados por la CONABIO a los atributos del SAR se realizó con base en la caracterización y descripción de este, en el capítulo IV, concretándose en la evaluación presentada en la (tabla VII.4)

La puntuación obtenida por la sumatoria de todos los criterios evaluados fue transformada a una escala de 0 a 1 (donde 1 es el valor máximo, con base en el valor idóneo posible), lo anterior para visualizar el estado de calidad ambiental (CA) que guarda el SAR en los diferentes escenarios, a través de la siguiente expresión:

$$CA = \frac{\sum valor\ efectivo\ resultante\ de\ cada\ criterio\ en\ el\ escenario\ evaluado}{\sum valor\ idóneo\ de\ cada\ criterio}$$

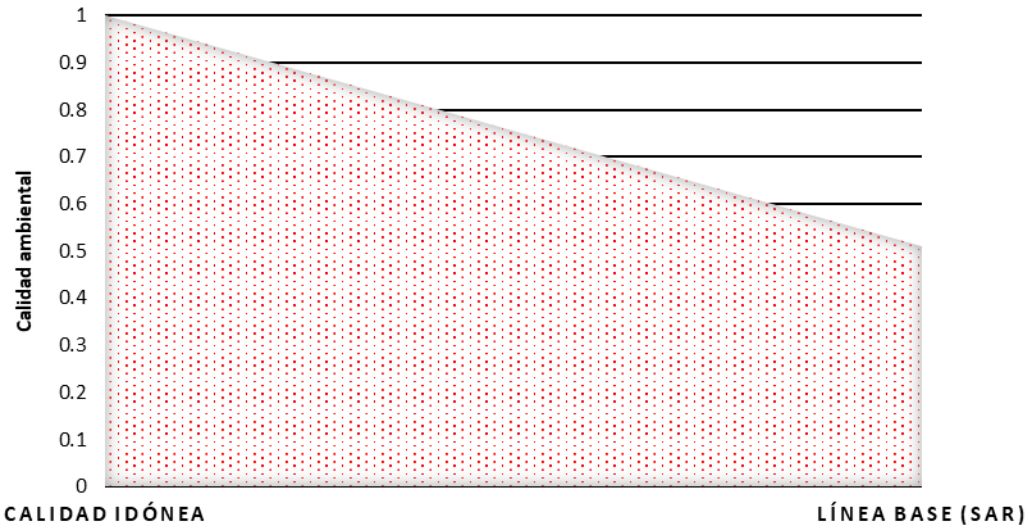
En este sentido, **el escenario sin proyecto obtuvo una valoración de calidad ambiental de 0.51**, el resultado es congruente con la caracterización del capítulo antes referido en el que de manera cualitativa se describe un SAR donde la calidad ambiental tiende a la baja.

Tabla VII. 4 Valoración de los criterios de calidad ambiental en el SAR al tiempo cero

	Criterios	ID	Valoración optima	Valor efectivo para el SAR (Línea base)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	2
	Función como corredor biológico.	FC	3	0
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1
	Presencia de fenómenos naturales y "extraordinarios".	FN	3	0
	Presencia de endemismos	PE	3	1
	Riqueza especifica	RE	3	1
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	1
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	0
		SUBTOTAL	**28**	**8**
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	3
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	1	2
	Presión sobre especies clave.	PSE	1	1
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3
		SUBTOTAL	**6**	**13**
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	3	0
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	1
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0
		SUBTOTAL	**9**	**1**
		TOTAL	**43**	**22**
		CALIDAD AMBIENTAL	**1.0**	**0.51**

$$CA = \frac{\sum valor\ efectivo\ resultante\ de\ cada\ criterio\ en\ el\ escenario\ evaluado}{\sum valor\ idóneo\ de\ cada\ criterio} = \frac{22}{43} = 0.51$$

Figura VII.1: Escenario de la calidad ambiental al tiempo cero



VII.4 Descripción y análisis del escenario con proyecto

La construcción de este escenario se realizó tomando como base las tendencias de cambio descritas anteriormente y sobreponiendo los impactos ambientales negativos[IV] inherentes al desarrollo del proyecto, identificados en el capítulo V sin considerar aún las medidas de mitigación.

Con base en lo anterior y partiendo de la valoración del escenario de línea base, se restó o sumó medio punto (se restó en el caso de los criterios de valor biológico y oportunidades de conservación y se sumó en los criterios de amenaza y riesgo) sobre aquellos criterios correspondientes a los factores ambientales sobre los que incidirá algún o algunos de los impactos destacables. Cabe señalar que no se consideraron unidades completas en la valoración, pues no se prevé que la magnitud de los impactos provoque que los criterios desciendan o asciendan de calificación según los parámetros o rangos especificados en la metodología utilizada.

El resultado, advierte que, **una vez incorporado el proyecto al sistema ambiental regional, la calidad ambiental** del mismo disminuirá en un 0.01 con respecto a la línea base, pasando de 0.51 a **0.50** (Tabla VII.6; Figura VII.2). El decremento de la calidad ambiental, aunque mínimo, derivaría principalmente de una reducción en los atributos que otorgan valor biológico al SAR debido a aquellos impactos que inciden negativamente sobre el suelo, el agua, la vegetación, la fauna y la movilidad de esta última; y como efecto de la residualidad de algunos de los impactos ambientales, las situaciones de amenaza o riesgo se incrementarían.

[IV] De acuerdo con la valoración desarrollada en el capítulo V, la ejecución del proyecto podrá ocasionar 29 impactos negativos, de los cuales 14 son impactos destacables, 10 son impactos no significativos y 5 son impactos despreciables; y de los cuales, 15 impactos tienen carácter residual.

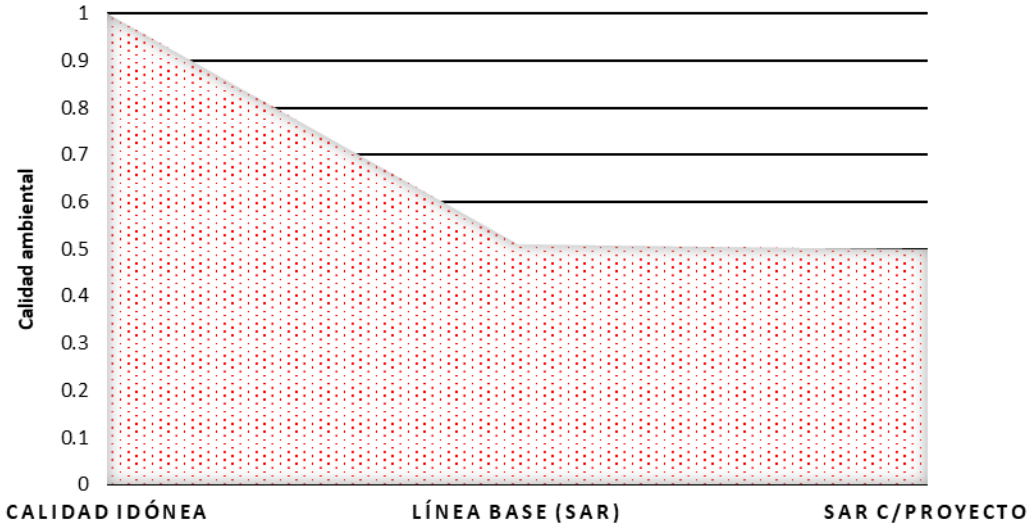
Tabla VII. 5 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto

	Criterios	ID	Valoración optima	Valor efectivo para el SAR (Lb)	Valor efectivo para el SAR (con Py)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	2	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	2	2
	Función como corredor biológico.	FC	3	1	1
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1	0.5
	Presencia de fenómenos naturales y "extraordinarios".	FN	3	0	0
	Presencia de endemismos	PE	3	1	0.5
	Riqueza especifica	RE	3	1	0.5
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	1	1
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	0	0
		SUBTOTAL	**28**	**9**	**7.5**
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	3	3.5
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3	3.5
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	1	2	2
	Presión sobre especies clave.	PSE	1	0	0
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3	3.5
		SUBTOTAL	**6**	**12**	**13.5**
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	3	0	0
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	1	0.5
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0	0
		SUBTOTAL	**9**	**1**	**0.5**
		TOTAL	**43**	**22**	**21.5**
		CALIDAD AMBIENTAL	**1**	**0.51**	**0.50**

Lb: línea base ambiental; SAR: Sistema Ambiental Regional; PY: Proyecto evaluado.

$$CA = \frac{\sum valor\ efectivo\ resultante\ de\ cada\ criterio\ en\ el\ escenario\ evaluado}{\sum valor\ idóneo\ de\ cada\ criterio} = \frac{21.5}{43} = 0.50$$

Figura VII. 1 Escenario de la calidad ambiental con proyecto



VII.5 Descripción y análisis del escenario considerando la aplicación de las estrategias de mitigación

El pronóstico en este escenario superpone las medidas de mitigación de aplicación obligatoria descritas en el capítulo VI, cuya propuesta y posterior ejecución está dirigida a reducir o prevenir los impactos previstos e inherentes al desarrollo del proyecto. Por lo que, siguiendo la metodología y valores asignados en el escenario anterior, se evaluaron los criterios de valor biológico, de amenaza y de oportunidades de conservación del SAR, suponiendo ya ejecutadas o en desarrollo, las estrategias y medidas de prevención, mitigación y o compensación, con las que se prevé el restablecimiento de algunos de los valores alterados con respecto a la línea base, por efecto de las actividades de rescate de flora y fauna, así como de las medidas preventivas y de concientización. Al respecto es importante considerar que en general, esas estrategias están orientadas a prevenir que no ocurra el impacto ambiental pronosticado y que pueden significar modificar la localización del proyecto o de algunas de sus partes, mejorar la tecnología, intervenir sobre el tamaño, el diseño los materiales o los procesos previamente considerados; pero también pueden representar desarrollar acciones orientadas a la preservación de determinados recursos y el alcance de tales medidas, es precisamente lo que se pretende valorar desde un enfoque integral cuyo resultado se concrete en el estatus ambiental (calidad ambiental resultante).

Para avanzar en el desarrollo de esta parte de la metodología, se mantuvo la valoración del escenario anterior para aquellos criterios sobre los que inciden impactos, para los que, si bien se aplicarán medidas para reducir su magnitud sin obtener resultados evidentes dado su carácter residual, ello no permitirá el restablecimiento del valor asignado en la línea base (tabla VII.8).

Pese a lo anterior, el resultado derivado de la aplicación del modelo pronostica la posibilidad de mantener e incluso elevar ligeramente la calidad ambiental del SAR (tabla VII.8 y figura VII.4) gracias al resultado de la aplicación de las estrategias de conservación de suelo y de escurrimientos que se suman al criterio de “prácticas de manejo adecuado” y que actualmente no se ejecutan en el área, lo que podría derivar en un verdadero beneficio en la disminución de la erosión, favorecer la infiltración y del establecimiento natural de vegetación nativa. Una acción importante a destacar, que representa una medida preventiva es el registro de eventuales colisiones de aves con los paneles fotovoltaicos, sobre todo para contribuir a la generación de conocimiento sobre este tema del que, a nivel mundial, se tienen desconocimiento y carencia de datos para asumir una directriz al respecto.

Tabla VII. 6 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto y medidas de mitigación

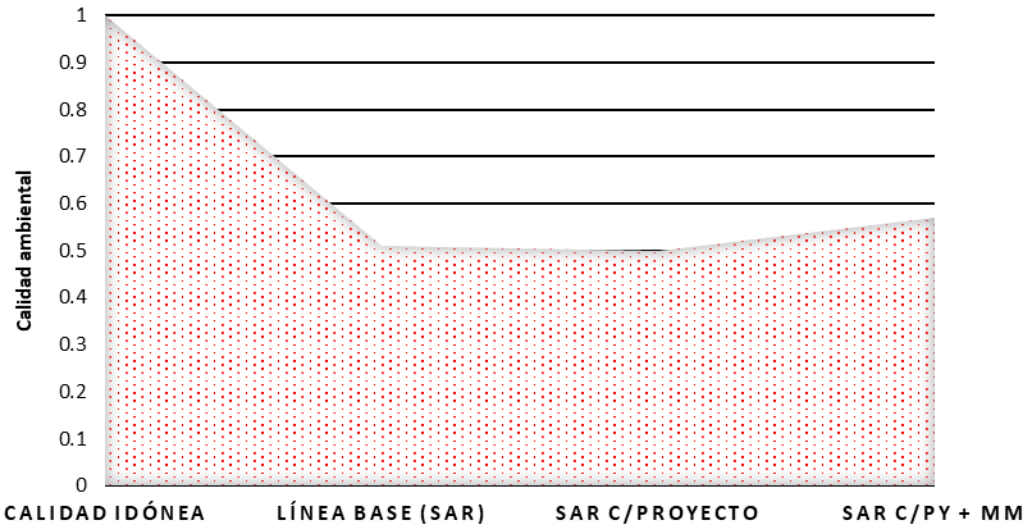
	Criterios	Id	Valoración optima	Valor efectivo para el SAR (Lb)	Valor efectivo para el SAR (Con Py)	Valor efectivo para el SAR (Con Py + MM)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	1	2	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	3	2	3
	Función como corredor biológico.	FC	3	1	1	1
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1	0.5	0.5
	Presencia de fenómenos naturales y “extraordinarios”.	FN	3	0	0	0
	Presencia de endemismos	PE	3	1	0.5	1
	Riqueza especifica	RE	3	1	0.5	1
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	1	1	1
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	0	0	0
	Subtotal		**28**	**9**	**7.5**	**9.5**
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	3	3.5	3.5
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3	3.5	3.5
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	1	2	2	2
	Presión sobre especies clave.	PSE	1	0	0	0
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1	1	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3	3.5	3
	Subtotal		**6**	**12**	**13.5**	**13**
Oportunidades de	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	3	0	0	1
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	1	0.5	1
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0	0	0
	Subtotal		**9**	**1**	**0.5**	**2**
	TOTAL		**43**	**22**	**21.5**	**24.5**
	Calidad ambiental		**1**	**0.51**	**0.50**	**0.57**

Lb: estatus en la línea base; SAR: Sistema Ambiental Regional; PY: Proyecto evaluado; MM: Medidas de mitigación.

Aplicación del modelo para esta etapa del pronóstico:

$$CA = \frac{\sum valor\ efectivo\ resultante\ de\ cada\ criterio\ en\ el\ escenario\ evaluado}{\sum valor\ idóneo\ de\ cada\ criterio} = \frac{24.5}{43} = 0.57$$

Figura VII. 2 Escenario de la calidad ambiental con proyecto y medidas de mitigación



VII.6 Pronóstico ambiental

El modelo aplicado permite esperar un incremento, apenas perceptible, en el mejoramiento del valor estimado para el estado de la línea base; ese pronóstico es favorable. El detalle del pronóstico está respaldado por los estudios científicos y técnicos que sustentaron la elaboración de la MIA-R, e incluyen tanto las previsiones de impacto como las medidas que se implementarán para mantener o mejorar la calidad ambiental en la zona. Este enfoque holístico ayudará a garantizar que el proyecto sea sostenible y beneficioso para el medio ambiente.

A partir del análisis de los tres apartados anteriores, los pronósticos de la situación a la que tendería la calidad ambiental del SAR, desarrollados en este capítulo, se concreta en los siguientes escenarios.

Tabla VII. 7 Pronósticos de los tres escenarios del SAR

Escenario	Descripción
Escenario de línea base y pronóstico a 30 años sin proyecto	Se incide sobre un ambiente de calidad ambiental baja, donde existen indicadores de perturbación de origen antrópico, principalmente por la actividad agrícola y la ganadería que ocupan más del 90% de la superficie del SAR, lo que ha derivado en el incremento de una tasa de cambio de uso de suelo negativa para la vegetación forestal (tasa de cambio r= -0.1593), con lo que se estima una pérdida de alrededor de 605.72 ha de vegetación forestal al cabo de 30 años en el futuro, de continuar con las mismas tendencias de cambio y deterioro, principalmente por el aumento de la frontera agrícola en el área; reduciéndose de 1,921.71 ha actuales de cobertura forestal en el SAR (de acuerdo con la carta de usos de suelo Serie VII del INEGI) a 1,315.99 ha en 30 años. En tanto que en el área de establecimiento del proyecto que aún sin el desarrollo de éste, ya se encuentra fuertemente modificada por el desarrollo de actividades antrópicas (agrícolas) por lo que se caracteriza por la baja presencia de vegetación forestal primaria, es factible pronosticar que la tendencia de esta área en particular continuaría siendo de baja calidad ambiental y sin una aportación significativa a los servicios ambientales del SAR. La aplicación de los criterios utilizados por la CONABIO a los atributos del SAR derivó en un valor de **0.51** (en una escala de **calidad ambiental** del 0 al 1, donde 1 es el valor máximo de calidad ambiental), el resultado es congruente con la caracterización

Escenario	Descripción
	cualitativa del SAR en el capítulo IV, donde se describe una calidad ambiental a la baja.
Escenario con la inserción del proyecto	La inserción del proyecto provocará el cambio de uso de suelo en una medida poco significativa en el contexto del SAR; no obstante, su ejecución sin medidas de mitigación podría incidir directa y negativamente sobre los recursos flora, fauna, suelo, agua y paisaje, reduciendo la calidad ambiental del SAR del valor de 0.51 caracterizado en la línea base, a **0.50** con la inserción del proyecto (sin medidas de mitigación). El decremento de la calidad ambiental deriva de una reducción en los atributos que otorgan valor biológico al SAR sobre el área afectada por el proyecto, de la misma manera que sucede con las oportunidades de conservación, principalmente por aquellos impactos que inciden negativamente sobre la flora, la fauna y la movilidad de esta última y como efecto de la residualidad de algunos de los impactos ambientales, con los que las situaciones de amenaza o riesgo se incrementarán.
Escenario con proyecto e implementación de medidas de mitigación	Se estima positiva la posibilidad de mantener e incluso elevar ligeramente la calidad ambiental del SAR, reflejándose en el valor de calidad ambiental pronosticado de **0.57** (con el proyecto y medidas de mitigación, particularmente las compensatorias a través del favorecimiento de la sucesión ecológica en terrenos perturbados con respecto al 0.51 caracterizado en la línea base. Lo anterior se obtuvo suponiendo ya ejecutadas las medidas de mitigación en la metodología utilizada, con las que se prevé el restablecimiento de algunos de los valores alterados con respecto a la línea base, por efecto de las actividades de rescate y medidas preventivas y de concientización. No obstante, se mantuvo la valoración del escenario anterior para aquellos criterios sobre los que inciden impactos, para los que si bien se aplicarán medidas para reducir su magnitud, su carácter de residual no permitirá el restablecimiento del valor asignado en la línea base. Pese a esto último, el resultado es positivo para la calidad ambiental del SAR gracias a la ejecución de acciones de conservación de suelo y de escurrimientos, que se suman al criterio de “prácticas de manejo adecuado” y que actualmente no se ejecutan en el área, lo que podría derivar en un verdadero beneficio en la disminución de la erosión, favorecer la infiltración y del establecimiento natural de vegetación nativa sobre aquellos terrenos frágiles dentro del área del proyecto o sus cercanías. Asimismo, la ejecución de acciones de rescate y reubicación de fauna y flora, permitirán salvaguardar estos recursos y derivado de lo anterior, con la aplicación de las medidas de mitigación, las situaciones que sumaban amenazas o riesgos a la calidad ambiental del SAR disminuyen; y con la aplicación de los diversos programas ambientales, las oportunidades de conservación se incrementarán, contribuyendo sustancialmente a hacer ambientalmente compatible al proyecto.

Describir el pronóstico que mantendrá la calidad ambiental de un espacio geográfico en el que se va a establecer un parque fotovoltaico implica considerar diversos factores ambientales y su interacción con el proyecto; los principales hitos para alcanzar un verdadero resultado deseable respecto a la calidad ambiental que se espera preservar en el espacio que pretende ocupar el proyecto requirió, de manera previa haber realizado:

La correcta evaluación inicial del sitio, determinar de manera eficaz sus condiciones en dicho momento, lo que permitió describir el estado de la calidad del entorno, incluyendo la calidad del aire, el agua, el suelo, la flora y fauna, y la biodiversidad y, los procesos bióticos y abióticos en ecosistema; identificar la existencia de ecosistemas sensibles o especies protegidas.; todo lo anterior y algunos otros rubros no mencionados constituyen lo que en esta MIAr denominamos “línea base” o “estado cero” del ambiente.

Realizar un pronóstico acertado del impacto potencial del proyecto derivado, principalmente del cambio en el uso del suelo; determinar el cómo la construcción y operación del parque fotovoltaico pueden afectar el suelo y la vegetación existente, la pérdida de hábitats y la alteración de los ecosistemas locales y, de manera sustantiva, anticipar cómo se encuentra la gestión de residuos, proyectando cómo se manejarán estos materiales generados durante la construcción y la operación del parque y, las dimensiones, alcances y características de todos estos rubros deberá ser el punto toral del diseño de estrategias de prevención, mitigación y/compensación de los impactos que destaquen por sobre la mayoría, particularmente para asegurar la preservación de la tipología y valores de diversidad, riqueza y abundancia de la flora y la fauna, la preservación de sus hábitats y de las áreas que cotidianamente emplea, particularmente la fauna, para sus actividades esenciales: alimentación, descanso, cría, etc.

En el mismo sentido se trató la preservación del suelo, orientando el efecto de los procesos propuestos hacia la disminución y, de ser posible, estabilización de las tasas de erosión, particularmente con la preparación de áreas para favorecer procesos de sucesión ecológica que fortalezcan la restauración natural de ambientes degradados, seleccionados para el efecto como medidas compensatorias de los impactos residuales del proyecto, principalmente el relacionado a la remoción de vegetación forestal, necesaria para establecer la infraestructura del parque fotovoltaico.

Un rubro de importancia mayúscula es el relativo al manejo de la biodiversidad: si bien en el cuerpo de la MIAr se detallan acciones para proteger especies locales, también resulta de llamar la atención la propuesta de la reubicación de flora y fauna de importancia por su carácter y función en el ecosistema o, la creación de hábitats alternativos para albergar a individuos que tengan que ser removidos.

Todo lo anterior y, detallado más prolijamente en el capítulo VI de esta MIA-R no será suficiente si no se asegura el monitoreo y la evaluación continua de sus resultados y su valoración a través de indicadores de calidad ambiental, con la frecuencia mínima necesaria y el señalamiento preciso de responsables y de acciones de contingencia que deban asumirse ante cualquier variación negativa del resultado esperado. Todo lo antes expuesto es materia que considera el PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL o “PVA” y de sus programas integrantes o programas específicos.

El PVA es un sistema, bien y oportunamente desarrollado habrá de garantizar el cumplimiento de los indicadores y de las estrategias preventivas, de mitigación y/o de compensación detalladas en la MIA-r.

Si bien la responsabilidad del seguimiento y control de los proyectos sometidos al PEIA es de la autoridad competente (SEMARNAT), el cumplimiento de las obligaciones ambientales adquiridas con la aceptación de la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental es, única y exclusivamente, del promovente del proyecto. Éste debe asumir que la dirección y ejecución del PVA corresponderá al ente que tenga a su cargo de la dirección de la obra, porque las repercusiones ambientales son consustanciales a la forma de realizarla y preceptivo el cumplimiento de los términos y de las condicionantes que imponga la autoridad.

Es importante destacar que, por muy bien estudiado que esté un impacto, nunca se podrá obviar la incertidumbre inherente a rodo el análisis predictivo previo y a la complejidad de las relaciones proyecto-ambiente; por ello es preciso incluir controles que verifiquen la realidad de las incidencias del proyecto y permitan una evaluación “ex post”, una vez transcurrido un período razonable de tiempo, sobre el cumplimiento de las obligaciones citadas al principio del párrafo que antecede y sobre la conveniencia de adoptar nuevas medidas correctivas o curativas hacia el futuro; ello asegura que la calidad ambiental predeterminada en el ejercicio que se desarrolla en este capítulo alcance los estándares determinados.

VII.7 Evaluación de alternativas

No existen alternativas técnicas ni de ubicación del proyecto, toda vez que desde su conceptualización y diseño se valoró la viabilidad técnica y ambiental de su ejecución. Aunado a lo anterior, durante la estructuración de esta MIA-R logró acreditarse la viabilidad y compatibilidad ambiental del proyecto, evidenciando mediante los estudios de gabinete y de campo analizados en los diversos capítulos que integran este documento, que el AeP no incide sobre áreas naturales protegidas ni con presencia de especies micro endémicas ni protegidas. De manera que su utilización como sitio de implantación del proyecto, con la aplicación de medidas de mitigación, no generará cambios perceptibles sobre la calidad ambiental del SAR.

VII.8 Conclusiones

Se incide en un ambiente deteriorado *a priori*, y de baja calidad ambiental, aunque en el contexto del SAR hay áreas con poblaciones de flora que proporcionan servicios ambientales significativos lo que las hace ecológicamente destacables como aquellos espacios con vegetación forestal. El área del proyecto no incidirá sobre recursos altamente conservados, sin embargo su ejecución sin medidas de mitigación podría derivar en una disminución sobre la calidad ambiental al aumentar las situaciones no compatibles con la conservación que ponen en riesgo los recursos de valor biológico, por lo que la aplicación de medidas de mitigación será indispensable para salvaguardar los recursos fauna y flora a través de los rescates, y los recursos suelo y agua derivado de su adecuado manejo y obras de conservación. Derivado de lo anterior, con la aplicación de las estrategias de prevención, mitigación y/o compensación, las situaciones que sumaban amenazas o riesgos a la calidad ambiental del SAR disminuyen aunque no se restablecerá el valor de línea base debido a la presencia de impactos residuales y acumulativos; por otro lado, los atributos de valor biológico se mantendrán en un nivel ligeramente inferior a lo evaluado en la línea base a causa de la presencia de impactos residuales; y finalmente, con la aplicación de los diversos programas ambientales, las oportunidades de conservación se incrementarán incluso por encima de lo evaluado en la línea base, toda vez que este tipo de actividades actualmente no se ejecutan en el área y contribuyen sustancialmente a hacer más ambientalmente amigable al proyecto.

El pronóstico antes boquejado es halagüeño, pero la única forma de asegurar su sostenimiento es a través, de dos aspectos sustentivos: por una parte el cumplimiento de las obligaciones ambientales que adquiera al recibir la autorización del proyecto en materia de evaluación ambiental, lo cual equivale a asegurar la implantación del Plan de Vigilancia Ambiental aprobado por la autoridad ambiental competente, así como su ejecución, seguimiento y evaluación sistemática; en el mismo sentido, el seguimiento y control que asuma la autoridad en la revisión de los informes de cumplimiento de términos y condicionantes (ICTyC) que periódicamente le presente el promovente en cumplimiento de lo que al respecto disponga dicha autoridad; todo ello serán las únicas condiciones que habrán de asegurar sostener los valores de calidad ambiental estimados en este apartado.

VII.9 Literatura citada

[1] **SEMARNAT, 2022**. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. 2022.

[2] González Medrano, Francisco. 2003. Las comunidades vegetales en México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología. 81 p. 2a. Edición.

[3] Arriaga, L., J.M. Espinoza. C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

PROMUEVE:

KENERWATTS S.A.P.I. DE C.V.

PROYECTO:

OCOTE SOLAR

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

JUNIO 2025

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022)[1].

1 SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

I. Capítulo I

I.1 Acta constitutiva Kenerwatts

I.2 Constancia de Situación Fiscal Kenewatts actualizada

I.3 Poder representante legal

I.4 Identificación Oficial del Representante Legal Kenewatts, Raúl Santos Coy Cuevas

I.5 Cédula profesional Biol. Juan Ricardo Juárez Palacios

II. Capítulo II

II.1 Fotografías camino de acceso

II.2 Georreferenciación de componentes (en formato electrónico)

II.3 Coordenadas Vértices (en formato electrónico)

II.4 LayOut Proyecto (en formato electrónico)

III. Capítulo III

III.1 Polçigonos restríngidos INAH (Mapa)

III.2 Oficio INAH y Polígonos relacionados

III.3 Ingreso SENER EvIS

IV. Capítulo IV

IV.1 Estimación de Erosión

IV.2 Listado potencial de Flora en el SAR (en formato electrónico)

IV.3 Registro de Vegetación (en formato electrónico)

IV.4 Suficiencia estadística AeP-SAR 1er muestreo (en formato electrónico)

IV.5 Suficiencia estadística AeP-SAR 2do muestreo (en formato electrónico)

IV.6 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 1er muestreo (idem al anterior)

IV.7 Memoria de cálculo de diversidad de flora del AeP 2do muestreo (Idem al anterior)

IV.8 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 1er muestreo (Idem al anterior)

IV.9 Memoria de cálculo de diversidad de flora del SAR 2do muestreo (Idem al anterior)

IV.10 Diversidad Beta 1er Muestreo (Idem al anterior)

IV.11 Diversidad Beta 2do Muestreo Odem al anterior)

IV.12 Lista spp de presencia potencial fauna (Idem al anterior)

IV.13 BDD Fauna- Índices de diversidad (Idem al anterior)

IV.14 Fauna Curvas Acumulación

V. Capítulo V

V.1 Metodología PEIA

V.2 Incidencia IA´s

VI. Capítulo VI

VI.1 PVA

VI.2 Programa Capacitación Ambiental

VI.3 Programa de Residuos

VI.4 Programa de rescate de fauna

VI.5 Programa de rescate y reubicación de flora