# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo I

## CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... 3
I.1 Datos Generales del proyecto, del promovente y del responsable del Estudio de Impacto Ambiental. ..... 3
I.1.1 Nombre del proyecto ..... 3
I.1.2 Ubicación del proyecto. ..... 3
I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto ..... 4
I.1.4 Presentación de la documentación legal ..... 4
I.2 Datos generales del promovente ..... 4
I.2.1 Nombre o razón social ..... 4
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC) ..... 4
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal..... 4
I.2.4 Dirección del promovente o del representante para oír y recibir notificaciones ..... 4
I.3 Datos generales del responsable técnico del estudio..... 4
I.3.1 Nombre o razón social ..... 4
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC) o Clave Única de Registro de Población (CURP). 5
I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio ..... 5
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio ..... 5

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura I. 1 Mapa de localización del proyecto. ..... 3

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

## I.1 Datos Generales del proyecto, del promovente y del responsable del Estudio de Impacto Ambiental.

### I.1.1 Nombre del proyecto

La Palmera

### I.1.2 Ubicación del proyecto.

El proyecto se ubica al sur poniente del municipio de Tlaltizapán de Zapata perteneciente a la entidad federativa de Morelos, entre los límites con el municipio de Tlaquiltenango, cercano a la localidad conocida como los Dormidos del municipio de Tlaquiltenango.

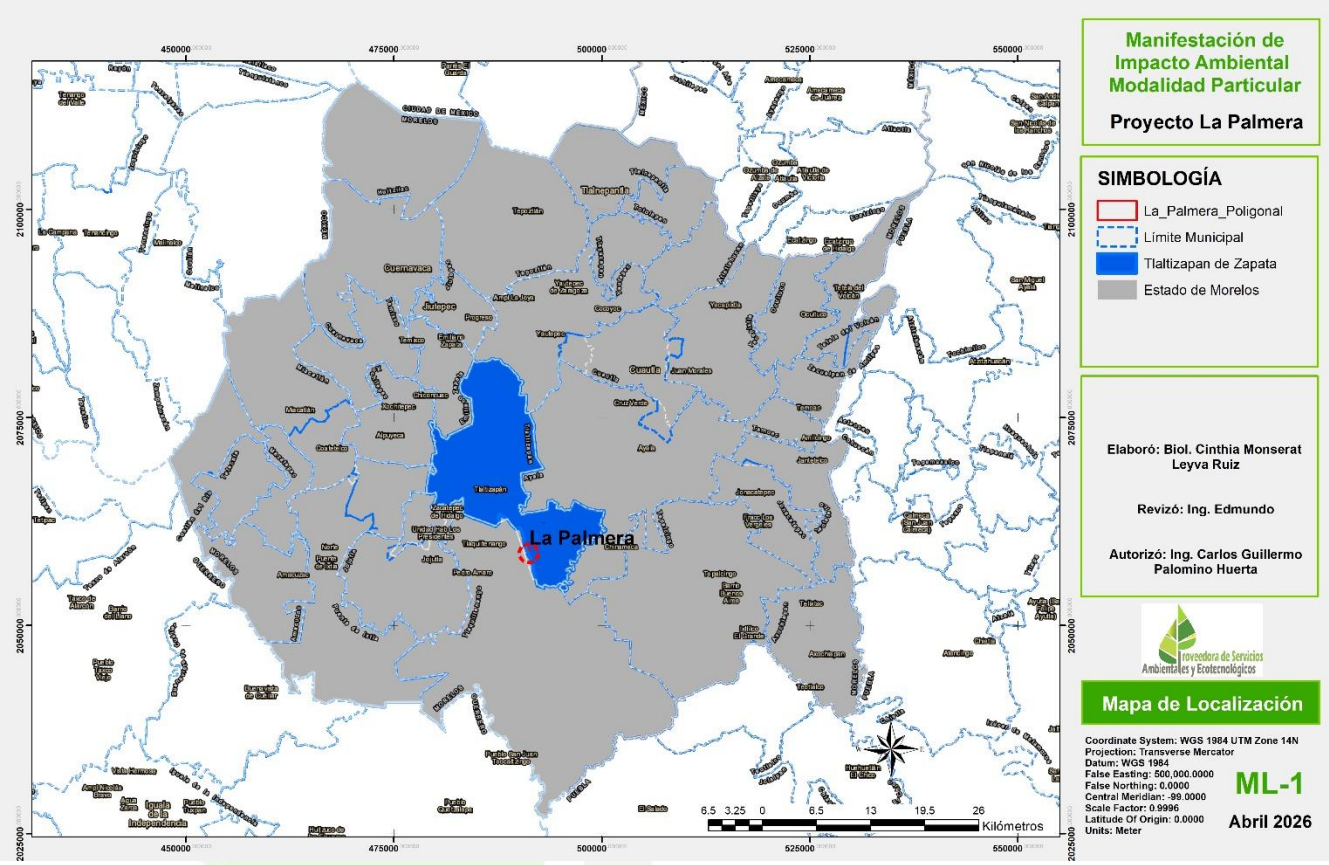



**Figura I. 1 Mapa de localización del proyecto.**

### I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

**La vida útil del proyecto se estima en 3 años**, con operación continua de aproximadamente **330 días/año** y una capacidad de producción nominal de hasta 2,657 t/año de productos de yeso y hasta 11,628 t/año de productos de arcilla. El inicio de operaciones está previsto para 2028, con un desarrollo escalonado que permite una inversión de capital modulada y una huella superficial optimizada.

### I.1.4 Presentación de la documentación legal

## I.2 Datos generales del promovente

### I.2.1 Nombre o razón social

Grupo Reph de Cuernavaca. Sociedad Anónima promotora de inversión de capital variable.

### I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC)

[redacted]

### I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

Ing. Carlos Guillermo Palomino Huerta, [redacted]

### I.2.4 Dirección del promovente o del representante para oír y recibir notificaciones

[redacted]

## I.3 Datos generales del responsable técnico del estudio

### I.3.1 Nombre o razón social

[redacted]

### I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC) o Clave Única de Registro de Población (CURP)

[redacted]

### I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

### I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo II

## CONTENIDO

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 4
II.1 Información general del proyecto ..... 4
II.1.1 Antecedentes ..... 4
II.1.2 Naturaleza del proyecto ..... 6
II.1.3 Justificación ..... 9
II.1.4 Selección del sitio ..... 11
II.1.5 Ubicación física del proyecto y planos de localización ..... 12
II.1.6 Inversión requerida ..... 15
II.1.7 Dimensiones del proyecto ..... 19
II.1.8 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias. 20
II.1.9 Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos ..... 23
II.2 Características particulares del proyecto ..... 27
II.2.1 Programa general del trabajo ..... 27
II.2.2 Etapas del proyecto ..... 28
II.2.3 Utilización de explosivos ..... 50
II.2.4 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 50
II.3 Posibles accidentes con daño ambiental ..... 55
II.4 Método de evaluación y memorias de calculo ..... 57

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura II. 1 Macrolocalización del proyecto La Palmera. ..... 13
Figura II. 2 Microlocalización del proyecto La Palmera. ..... 15
Figura II. 3 Localización del proyecto La Palmera conforme al Uso de Suelo y Vegetación. ..... 21
Figura II. 4 Ganadería., Figura II. 5 Agricultura. ..... 22
Figura II. 6 Cuerpos de agua con relación a la localización del proyecto La Palmera. ..... 23
Figura II. 7 Ilustración del proceso de preparación del sitio. ..... 33
Figura II. 8 Ilustración del proceso de las obras mineras. ..... 40
Figura II. 9 Modelo de instalaciones para servicios móviles. ..... 41

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla II. 1 Coordenadas de referencia de la poligonal del predio del proyecto. ..... 13
Tabla II. 2 Coordenadas de referencia de la poligonal de concesión. ..... 14
Tabla II. 3 Desglose de gastos Operativos anuales. ..... 16
Tabla II. 4 Inversión de capital + costos operativos. ..... 16
Tabla II. 5 Programa de actividades. ..... 28
Tabla II. 6 Disposición de contenedores de residuos. ..... 44
Tabla II. 7 Niveles de emisión de ruidos ..... 52
Tabla II. 8 Fuentes de ruido y medidas de control. ..... 54

## CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1. Dictamen de Factibilidad Ambiental y/o Visto Bueno Ambiental y/o Constancia de No Afectación Arbórea, oficio PM/PA/182/2025.
Anexo 2. Constancia de Zonificación, oficio DDU/262/11/2025.
Anexo 3. Acuerdo SDS/DGGA/DIA/061/2026.
Anexo 4. Programas Ahuyentamiento Rescate y Reubicación de Fauna, así como Vegetación Silvestre.
Anexo 5. Proyecto de restauración y compensación ambiental

# II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## II.1 Información general del proyecto

### II.1.1 Antecedentes

El Proyecto La Palmera se ubica en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Estado de Morelos, México, y corresponde a un yacimiento de minerales industriales compuesto por yeso de alta pureza y arcillas, se ubica en una región del estado de Morelos con una **larga historia de extracción de minerales industriales**.

En el área del proyecto y su entorno inmediato se reconoce la existencia de **trabajos mineros históricos**, lo que constituye un antecedente relevante para el desarrollo actual, tanto por la evidencia de mineralización aflorante como por la presencia de áreas previamente intervenidas. Es importante referir que estas intervenciones o impactos, datan de por lo menos 26 años y no son atribuibles al presente proyecto, toda vez que se pretende la reapertura desde la etapa de exploración ya que se carece de antecedentes de anteriores explotaciones.
A continuación, se hace un análisis multitemporal con imágenes satelitales donde se muestran los criterios y características antes referidas, haciendo principal énfasis en la existencia de caminos, así como la baja densidad de vegetación:

**Tabla I. 1 Análisis multitemporal.**

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Fecha de imagen: 26/12/2004 | Fecha de imagen: 02/06/2011 | Fecha de imagen: 02/06/2026 |

Con la intención de cumplir con la normatividad estatal y municipal, se solicitó el **"DICTAMEN DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL Y/O VISTO BUENO AMBIENTAL Y/O CONSTANCIA DE NO AFECTACIÓN ARBÓREA"**, sobre este particular, el H. Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata por conducto del

Departamento de Protección Ambiental, resolvió a través del número de oficio PM/PA/182/2025 de fecha 19 de noviembre del 2025, lo siguiente (**Anexo 1**):

**"**[….]
CONSTANCIA DE NO AFECTACIÓN ARBÓREA
En virtud que, de acuerdo al análisis del expediente del proyecto, **dicho diseño no cuenta con alguna afectación de especies arbóreas y arbustivas en el momento de la inspección,** pero si habrá una afectación y se condiciona a las siguientes:

*OBSERVACIONES*
*[….]*
*• El presente documento certifica que, a la fecha de la inspección, al predio del proyecto la Palmera cuenta con individuos arbóreos identificados en el inventario presentado por el promovente. Dichos individuos no han sido ni serán afectados hasta que se obtengan las autorizaciones ambientales correspondientes. Cualquier desmonte o retiro de vegetación que llegue a requerirse en etapas futuras será evaluado y autorizado mediante el procedimiento de Manifestación de Impacto Ambiental, aplicando las medidas de compensación establecidas por la autoridad competente. "*

*Asimismo, se solicitó constancia de Zonificación, para lo cual con fecha 20 de noviembre de 2025 Dirección Desarrollo Urbano mediante el oficio No. de oficio DDU/262/11/2025 (***Anexo 2**), *soluciona los siguiente:*

*"[….]*
*Con base al marco normativo señalado, la zona en que se ubica en el predio en áreas no urbanizables pastizal y selva baja caducifolia.*

*NORMA APLICABLE:*
*USO DE SUELO: PASTIZAL Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA.*
*[….]"*

Finalmente, el 26 de enero de 2026, para su evaluación se presentó en Ventanilla Única de Trámites y Servicios (VUTYS), de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del Poder Ejecutivo Estatal de Morelos, la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad General para el proyecto, quedando registrado con Número de entrada: VUTyS-SDS/8668/2026, expediente 50/22/DIC/2026.

Al respecto con el número de ACUERDO SDS/DGGA/DIA/061/2026 (**Anexo 3**), se refirió lo siguiente:

*"[….]*

*SEGUNDO. - Que una vez llevado a cabo el análisis técnico jurídico correspondiente, con base en la documental presentada en el estudio, consistente en la Constancia de Zonificación emitida por la Dirección de Desarrollo Urbano del Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata, así como la opinión técnica emitida por la Dirección General de Ordenamiento Territorial, adscrita a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo Estatal, respecto a la congruencia y/o compatibilidad y uso de suelo en materia de ordenamiento ecológico y ordenamiento urbano del proyecto, en el que se informa a esta Unidad Administrativa que la zona donde se pretende desarrollar el proyecto, se ubica en el predio de áreas no urbanizables como lo es selva baja caducifolia, asimismo* ***y tomando en consideración lo que establecen los artículos 14 fracción XI y 68 fracción I de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de aplicación supletoria a la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos, es competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, otorgar "autorización de de suelo en terrenos forestales por excepción" entendiéndose por terreno forestal "el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales",*** *….*

*TERCERO. - En virtud de lo anterior, esta Dirección General de Gestión Ambiental, no es competente para conocer y resolver la solicitud planteada, referente al otorgamiento de concesiones, permisos o autorizaciones en la materia, por lo que deberá presentar su solicitud ante las autoridades federales competentes.*

*QUINTO. - Se ordena hacer del conocimiento a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT*), el contenido íntegro del presente acuerdo.
[….]

### II.1.2 Naturaleza del proyecto

El Proyecto "La Palmera" corresponde al sector operación minera, particularmente de minerales industriales de tipo cantera a cielo abierto, concebida para funcionar como un banco de material, es decir, una operación destinada a la extracción selectiva de dos corrientes minerales diferenciadas – yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) de alta pureza y arcillas ricas hasta su acondicionamiento mínimo hasta su puesta a pie de camión. El proyecto integra componentes de mina e instalaciones de acopio y carga de baja complejidad, apoyados por infraestructura de acceso ya existente, energía y servicios auxiliares móviles, portátiles y autosustentables, con un enfoque de diseño modular y escalable.

El concepto de infraestructura está diseñado para ser:

- Suficiente para sostener las Reservas Minerales Probables actualmente declaradas.
- Modular y adecuado para desarrollo por etapas.
- Ampliable para acomodar el crecimiento futuro de la producción.
- Todos los elementos de infraestructura aquí descritos son conceptuales o preliminares y serán refinados en las etapas posteriores de ingeniería y permisos.

Alcance de la evaluación ambiental presente y futura

La presente MIA evalúa única y exclusivamente las actividades comprendidas desde la extracción del material en la cantera hasta su disposición a pie de camión (cargado y listo para su transporte fuera del predio). Cualquier actividad de beneficio que implique procesos adicionales a la mera extracción y carga (incluyendo reducción de tamaño, clasificación, secado, molienda, calcinación, activación o formulación) será objeto de una evaluación de impacto ambiental posterior, la cual se llevará a cabo una vez que la etapa de exploración, así como extracción aquí evaluada haya sido autorizada y se definan las características técnicas, ubicación y alcance de dichas plantas de beneficio. En consecuencia, el presente instrumento no anticipa ni prejuzga los impactos de las etapas posteriores, los cuales serán analizados en su momento conforme a la normatividad aplicable.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto ha sido diseñado con características propias de operaciones de bajo impacto; la selección del sitio se desarrolla en una zona con antecedentes de uso rural y actividad extractiva de minerales industriales, donde la huella del proyecto se optimiza para minimizar la perturbación superficial y privilegiar el uso de infraestructura existente. El esquema operativo contempla manejo de materiales no peligrosos, ausencia de procesos metalúrgicos con reactivos complejos y, de manera relevante, no requiere instalaciones de almacenamiento de relaves, lo que reduce riesgos de largo plazo asociados a presas de jales. La gestión del agua se plantea como de baja intensidad, mediante abastecimiento por camión y recirculación interna cuando sea aplicable, complementada con medidas de control de polvo y escurrimientos.

En la etapa de diseño, se identifican como elementos ambientales susceptibles de integrarse o aprovecharse en el desarrollo del proyecto:

a) La disponibilidad de vialidades rurales y regionales existentes para el acceso y la logística, reduciendo aperturas nuevas;

b) La posibilidad de implementar rehabilitación progresiva de áreas intervenidas mediante conformación de taludes, manejo de suelos y re-vegetación con especies nativas.
c) La utilización de material de intercarga y sobrecarga en obras internas (bermas, caminos, conformaciones) cuando sea técnica y ambientalmente viable; y
d) La optimización del consumo energético mediante equipos eficientes y secuenciación operativa, junto con la evaluación de alternativas para la reducción de emisiones asociadas al transporte interno.

El grado de sustentabilidad que se pretende alcanzar, una vez que el proyecto opere al aprovechamiento óptimo de su capacidad instalada, se sustenta en:

a) Mantener una huella operativa acotada, con rehabilitación concurrente y planificación de cierre desde etapas tempranas;
b) Maximizar la eficiencia en el uso de agua mediante recirculación y control de pérdidas;
c) Minimizar la generación de residuos y emisiones fugitivas (polvo) mediante controles operativos y mantenimiento;
d) Favorecer cadenas de suministro y contratación local, cuando sea aplicable;
e) Asegurar el cumplimiento normativo ambiental y social aplicable, integrando monitoreo y mejora continua del desempeño ambiental durante la vida útil.

En términos de tipología o naturaleza de Proyecto, “La Palmera” se considera principalmente una obra y actividad nueva orientada al desarrollo de una operación de explotación minera no metálica a cielo abierto **con funciones de banco de material**, donde la etapa evaluada comprende únicamente la extracción y la puesta a pie de camión. Si bien existen antecedentes de extracción histórica en el área, el proyecto propuesto contempla el acondicionamiento y habilitación de frentes de mina, patios de acopio temporal, caminos internos y un punto de carga (báscula y área de maniobras) con configuración modular, por lo que su ejecución se enmarca en un desarrollo nuevo (con posible aprovechamiento de áreas previamente intervenidas y su rehabilitación).

Las actividades por desarrollarse, dentro del alcance de esta MIA, comprenden:

a) Exploración y confirmación geológica de carácter puntual (por ejemplo, cartografía, muestreo y perforación diamantada de verificación cuando sea requerido para reducir incertidumbre);
b) Explotación mediante minería selectiva en bancos en una cantera a cielo abierto, con excavación/carga y acarreo en distancias internas cortas; y
c) **Puesta a pie de camión del material extraído** (yeso y arcilla), sin realizar procesos de beneficio, transformación o acondicionamiento más allá de la fragmentación natural derivada de la extracción.

Los principales sistemas considerados son:

- **Sistema de explotación:** cantera a cielo abierto con extracción selectiva por unidades litológicas (horizontes de yeso y horizontes ricos en montmorillonita), empleando equipo convencional de excavación/carguío y acarreo. El material extraído se deposita en patios de acopio temporal o se carga directamente a camión para su transporte fuera del sitio.
- **Sistema de beneficio – no incluido en esta MIA:** cualquier operación de reducción de tamaño, clasificación, secado, molienda, calcinación, activación o formulación será evaluada en un instrumento ambiental posterior, una vez que la etapa de exploración y extracción haya sido autorizada. El proyecto opera exclusivamente como banco de material durante la fase evaluada, entregando el mineral tal como se extrae (con la eventual fragmentación propia del arranque) a pie de camión.

Los minerales involucrados son yeso y montmorillonita (arcilla tipo bentonítica). La finalidad principal del proyecto es suministrar materia prima mineral (banco de materia) a cadenas productivas nacionales y regionales; los procesos de beneficio que eventualmente se requieran serán evaluados ambientalmente en una etapa posterior, una vez aprobada la fase extractiva. Entre los efectos benéficos esperados se incluyen:

a) Generación de empleo directo e indirecto durante construcción y operación;
b) Dinamización de servicios locales (transporte, mantenimiento, insumos);
c) Aprovechamiento económico de un recurso mineral industrial con métodos de bajo riesgo relativo; y
d) Incorporación de prácticas de gestión ambiental y rehabilitación progresiva que reduzcan impactos y dejen condiciones de cierre planificadas.

### II.1.3 Justificación

La justificación del Proyecto La Palmera se sustenta en su capacidad para generar valor integral en el territorio mediante la producción de minerales industriales de utilidad comprobada y con una huella operativa relativamente controlada. Desde una perspectiva de desarrollo regional, representa una oportunidad para articular inversión productiva, empleo formal, aprovechamiento responsable de recursos minerales y fortalecimiento de cadenas de suministro en México.

### *II.1.3.1 Ámbito social*

El proyecto contribuirá a la generación de empleo directo e indirecto durante las etapas de construcción, operación y servicios asociados, dinamizando actividades complementarias como transporte, mantenimiento, suministro de insumos y servicios técnicos, y favoreciendo oportunidades laborales para comunidades cercanas. La formalización de una operación bajo criterios técnicos y regulatorios fortalecerá las capacidades locales, promoverá la capacitación especializada y creará una base más estable para el desarrollo económico regional.

### *II.1.3.2 Ámbito ambiental*

La Palmera presenta atributos favorables en comparación con proyectos mineros de mayor complejidad: una huella superficial limitada, ausencia de presas de jales y manejo de materiales no peligrosos, así como la no utilización de explosivos. Estas características reducen significativamente los riesgos ambientales y facilitan la implementación de medidas de prevención, control y restauración progresiva. El bajo requerimiento hídrico, junto con el reciclaje interno de agua y el diseño modular de infraestructura, favorecen una gestión eficiente de los recursos naturales y una menor presión sobre el entorno.

### *II.1.3.3 Ámbito económico*

El sector minero-metalúrgico en México contribuye con el 2.05 % del Producto Interno Bruto nacional.

### *II.1.3.4 México en el mundo*

México se ubica entre las primeras 10 posiciones en la producción mundial de 17 minerales, segundo en Fluorita, tercero en Sulfato de Sodio y Wollastonita, cuarto Celestita, quinto Plomo, Molibdeno, Barita, Diatomita, Sulfato de Magnesio, sexto en Zinc, **octavo en** Sal, **Yeso,** Cadmio, Oro y Feldespato y decimo en Cobre.

De acuerdo con el informe de Tendencias de Exploración Mundial, publicado por la agencia S&P Global Market Intelligence, la inversión mundial en exploración minera tuvo una recuperación en 2021; por regiones, América Latina se mantuvo como el principal destino de la inversión en exploración con 24 % del total, y México ascendió al primer lugar, seguido de Chile, Perú y Brasil.

De acuerdo con la encuesta anual del Instituto Fraser, México se ubicó en 2021 en el sexto sitio como destino de inversión en América Latina, y en el sitio 34 a nivel mundial del Índice de Atracción de Inversión.

En cuanto a inversión se refiere, el sector minero invirtió 4 mil 809.6 millones de dólares en 2021, lo que significó un aumento del 36.1 % en comparación con lo invertido en 2020; el sector continúa manteniéndose como una de las ramas productivas que atrae mayor inversión al país.

Con un repunte importante de los metales industriales no ferrosos el valor de la producción minero-metalúrgica nacional pasó de 281 mil 515.9 millones de pesos en 2020 a 334 mil 782 millones de pesos en 2021, (16 mil 516 millones de dólares) cifra que representó un incremento de 19 % con respecto al año previo.

De acuerdo con datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), al cierre de 2021 se registraron 406 mil 179 empleos directos, mismos que representan un aumento de 10.4 % (38,244 empleos) respecto a los registrados al mismo mes en 2020.

El proyecto abastecerá mercados industriales con demanda sostenida de yeso de alta pureza y materiales con montmorillonita, con aplicaciones en los sectores agrícola, construcción, manufactura, tratamiento ambiental y otros usos especializados. La combinación de recursos minerales identificados, una operación a cielo abierto de baja complejidad relativa, infraestructura planificada y una evaluación económica positiva (a nivel PFS) permite anticipar la creación de valor para inversores, proveedores y actores regionales. A ello se suma el efecto multiplicador derivado de la sustitución parcial de importaciones (actualmente provenientes de EE. UU. en más del 98 %), la generación de actividad logística y el fortalecimiento de encadenamientos productivos nacionales.

#### *II.1.3.5 Conclusión*

En conjunto, estos elementos permiten concluir que el Proyecto La Palmera cuenta con una justificación sólida, no solo por su viabilidad técnica y económica, sino también por su capacidad para aportar beneficios sociales, así como ambientales relevantes cuando se desarrolla bajo un marco de cumplimiento normativo, planeación responsable y gestión operativa adecuada.

### II.1.4 Selección del sitio

La selección del sitio del Proyecto La Palmera, se basó en una evaluación integrada de criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos. Desde el punto de vista ambiental, se priorizó un emplazamiento con huella ambiental reducida y posibilidad de aprovechar vialidades existentes, en una zona con antecedentes de actividad extractiva y uso rural, favoreciendo así la minimización de nuevas perturbaciones; adicionalmente, ausencia de requerimientos de manejo de materiales peligrosos y la no necesidad de relaves, así como la factibilidad de implementar control de polvo/ruido y rehabilitación progresiva. En el componente técnico, se privilegió la cercanía a las unidades mineralizadas económicamente relevantes (yeso de alta pureza y horizontes ricos en montmorillonita), una topografía y geometría compatibles con minería a cielo abierto tipo cantera, condiciones geotécnicas manejables con criterios conservadores, y distancias internas cortas entre mina y acopios. Se incorporó además la factibilidad de suministros (autogeneración de suministro eléctrico, agua por camión con recirculación) y la selección de una ruta de acceso evaluada (incluida la opción preferida) que minimiza impactos y mantiene conectividad logística. En términos socioeconómicos, se consideró la compatibilidad con usos del suelo predominantes, la viabilidad para obtener o mantener derechos de superficie y permisos, la cercanía a centros poblados y mano de obra disponible, y la capacidad del proyecto para generar beneficios locales (empleo y derrama) con riesgos sociales acotados.

Se consideraron alternativas de emplazamiento y configuración, que permitieran prevenir así como disminuir impactos ambientales, hacer más eficiente la explotación además de minimizar costos de operación y producción bajo los siguientes criterios: a) alternativas internas de localización (ubicar el proyecto en áreas con menor cobertura vegetal o en zonas topográficamente menos complejas, así como en zonas con un grado de intervención previa, donde esta fragmentada la vegetación) y, b) alternativas de acceso (definir el proyecto lo más cercano a vías de acceso ya existentes al predio).

En conclusión, la alternativa seleccionada, incluida la ruta de acceso, ofrece una mejor combinación de: menor perturbación (uso de infraestructura existente y reducción de nuevas afectaciones), mejor desempeño logístico y de seguridad vial, y mayor eficiencia operativa por trayectos internos más cortos, manteniendo la viabilidad técnica para explotar selectivamente yeso y montmorillonita, además, facilitar la gestión ambiental y social del proyecto.

### II.1.5 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El proyecto se localiza en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, se encuentra ubicado al suroeste del estado de Morelos y tiene una extensión territorial de 238.5 km², que representa 4.9 % de la extensión territorial del estado, por su tamaño se ubica en el lugar 5, después de Tepoztlán y antes de Puente de Ixtla. Se localiza geográficamente al norte, a una latitud de 18°49’50”, al sur a 18°34’41”, al este a una

longitud de 98°59’44” y 99°11’58” al oeste. El municipio colinda al norte con Yautepec, al sur con Tlaquiltenango, al este con Ayala y al oeste con Xoxocotla y Xochitepec, al noroeste con Emiliano Zapata y al sureste con Zacatepec (Figura 1).

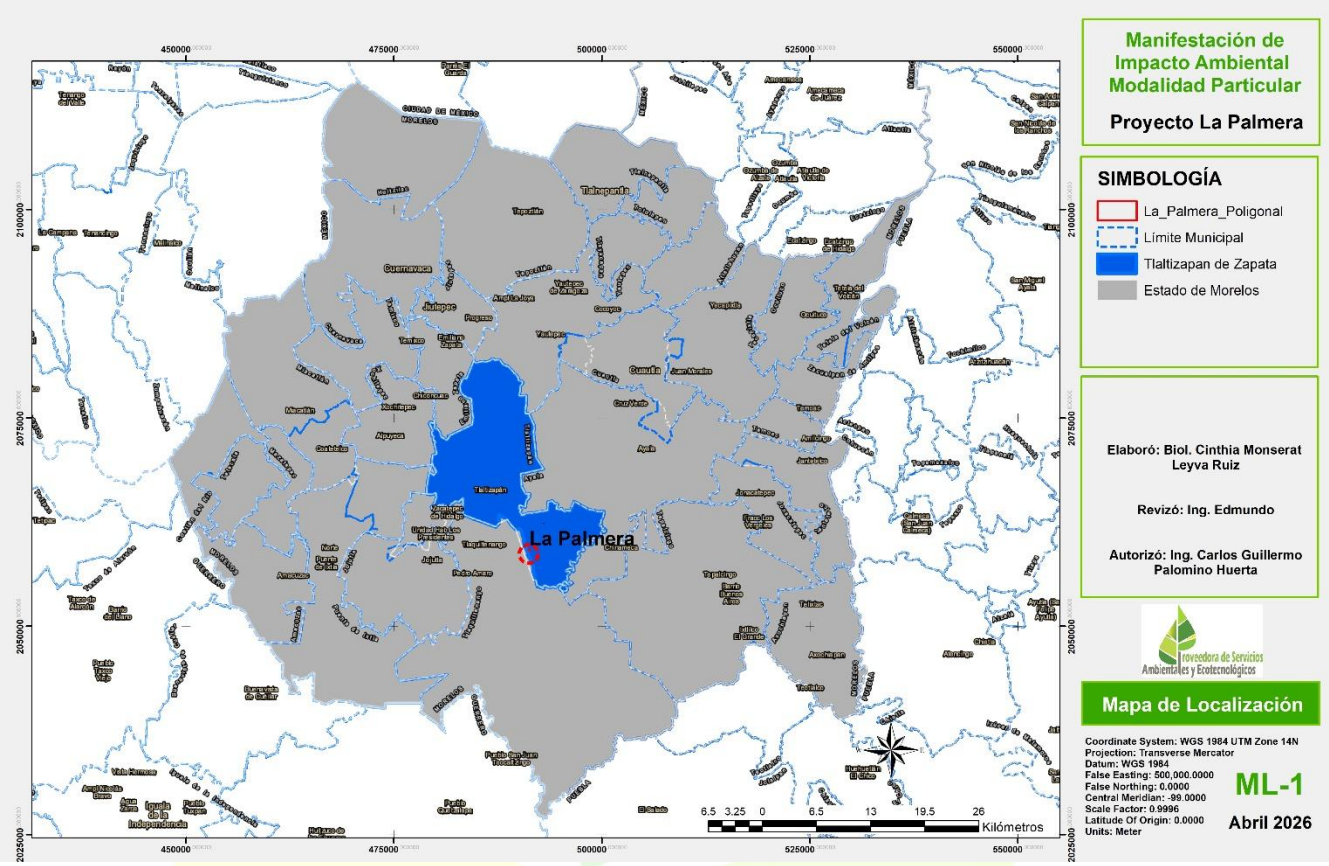



**Figura II. 1 Macrolocalización del proyecto La Palmera.**

Respecto al Municipio de Tlaltizapán de Zapata, el polígono de la concesión y particularmente del proyecto, se localiza en la parte sur oriente en los límites con el municipio de Tlaquiltenango (Figura 2), de acuerdo con las siguientes coordenadas de referencia en proyección UTM, Datum WGS 84, Zona 14 norte (Tabla 1 y 2):

**Tabla II. 1 Coordenadas de referencia en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de la poligonal del predio del proyecto.**

| ID | X | Y | PROYECTO | SUPERFICIE (ha) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 491253.1355 | 2059152.78 | La Palmera | 1.0982 |
| 2 | 491230.3583 | 2059172.30 | La Palmera | |
| 3 | 491221.1882 | 2059185.32 | La Palmera | |
| 4 | 491221.4840 | 2059188.87 | La Palmera | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 491227.4002 | 2059194.49 | La Palmera | |
| 6 | 491235.9786 | 2059192.12 | La Palmera | |
| 7 | 491243.9654 | 2059191.24 | La Palmera | |
| 8 | 491252.8397 | 2059198.34 | La Palmera | |
| 9 | 491251.9523 | 2059203.96 | La Palmera | |
| 10 | 491244.8529 | 2059214.61 | La Palmera | |
| 11 | 491248.6984 | 2059223.78 | La Palmera | |
| 12 | 491256.0936 | 2059226.14 | La Palmera | |
| 13 | 491264.0804 | 2059222.30 | La Palmera | |
| 14 | 491278.8709 | 2059217.86 | La Palmera | |
| 15 | 491291.8864 | 2059216.08 | La Palmera | |
| 16 | 491301.0565 | 2059208.10 | La Palmera | |
| 17 | 491305.4936 | 2059195.38 | La Palmera | |
| 18 | 491305.7894 | 2059176.74 | La Palmera | |
| 19 | 491326.7918 | 2059171.42 | La Palmera | |
| 20 | 491341.2865 | 2059157.37 | La Palmera | |
| 21 | 491361.4014 | 2059142.58 | La Palmera | |
| 22 | 491369.8320 | 2059117.88 | La Palmera | |
| 23 | 491350.6044 | 2059094.80 | La Palmera | |
| 24 | 491318.9529 | 2059077.94 | La Palmera | |
| 25 | 491304.4583 | 2059076.76 | La Palmera | |
| 26 | 491290.8511 | 2059089.48 | La Palmera | |
| 27 | 491284.0475 | 2059098.94 | La Palmera | |
| 28 | 491275.7649 | 2059116.99 | La Palmera | |
| 29 | 491265.2637 | 2059131.48 | La Palmera | |
| 30 | 491256.9810 | 2059139.17 | La Palmera | |
| 31 | 491253.1355 | 2059152.78 | La Palmera | |

**Tabla II. 2 Coordenadas de referencia en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de la poligonal de concesión.**

| ID | X | Y | SUPERFICIE (ha) |
|---|---|---|---|
| 1 | 491175.012 | 2059436.987 | 35.0 |
| 2 | 491675.020 | 2059436.991 | |
| 3 | 491675.005 | 2058736.994 | |
| 4 | 491174.999 | 2058736.984 | |

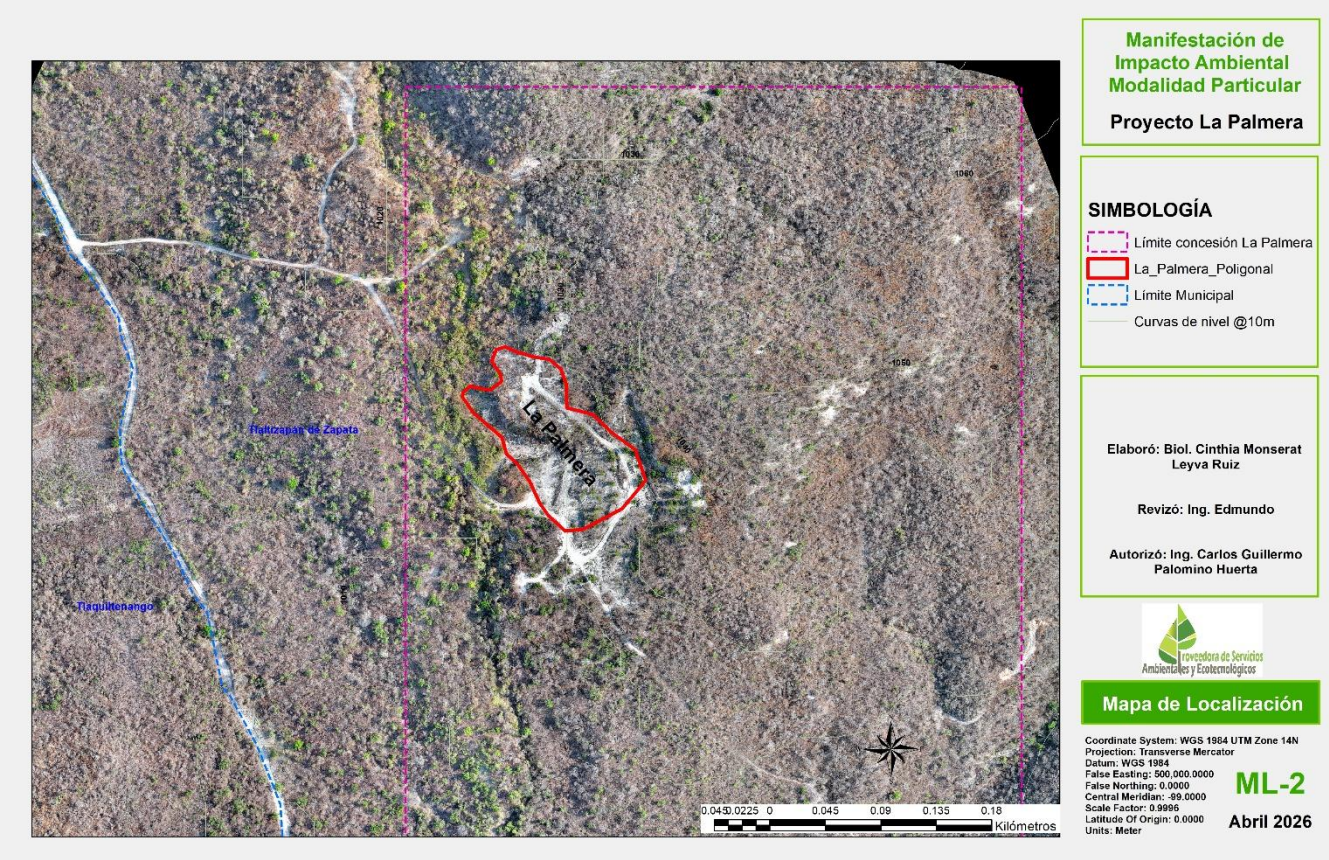



**Figura II. 2 Microlocalización del proyecto La Palmera.**

### II.1.6 Inversión requerida

Los costos operativos del Proyecto La Palmera han sido estimados a nivel de Estudio de Previabilidad (PFS), con una precisión aproximada de ±15 %, y reflejan una operación minera e industrial de doble producto basada en yeso de alta pureza y montmorillonita. La estimación de OPEX considera una base de producción de hasta 14,285 t/año, incorporando supuestos realistas sobre consumo energético, requerimientos de mano de obra, mantenimiento y logística, en concordancia con las condiciones locales del municipio de Tlaltizapán de Zapata, en el estado de Morelos.

El costo operativo total se estima en 14.44 USD/t de producto, estructurado en categorías claramente definidas.

a) Importe total del capital requerido (inversión y gasto de operación)

#### *II.1.6.1 Inversión de capital (CAPEX)*

El **capital total de inversión requerido para el Proyecto La Palmera** se estima en **2,857 millones de USD**, correspondiente al desarrollo integral del proyecto a nivel de Estudio de Previabilidad (PFS).

Este monto incluye adquisición de equipos mineros, infraestructura eléctrica, caminos de acceso, talleres, oficinas, sistemas de control ambiental y contingencias conforme al estándar SK-1300.

### *II.1.6.2 Costos operativos (OPEX)*

El **costo operativo unitario total** del proyecto es de 14.44 **USD/t de producto**, calculado sobre una base de producción de 14,285 **t/año** de producto (principalmente montmorillonita).

Cálculo del gasto operativo anual:

- Producción anual: $14{,}285\ t/año$
- OPEX unitario: $14.44\ USD/t$

$$OPEX\ anual\ =\ 14{,}285\ \times\ 14.44\ =\ 206{,}275.4\ USD/año$$

**Tabla II. 3 Desglose de gastos Operativos anuales.**

| No. | Gastos Operativos Recurrentes Elemento OPEX | Costo unitario (USD/t) | Porcentaje del total (%) | Presupuesto anual (USD) | Porcentaje del total (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Trabajo Directo y Administración | 4.80 USD/t | 33.24 % | 68,568 USD/año | 33.24 % |
| 2 | Mantenimiento, repuestos y combustibles | 5.62 USD/t | 38.92 % | 80,281.7 USD/año | 38.92 % |
| 3 | Apoyo logístico y de embalaje | 4.02 USD/t | 27.84 % | 57,425.7 USD/año | 27.84 % |
| *TOTAL* | | *14.44 USD/t* | *100 %* | *206,275.4 USD/año* | *100 %* |

### *II.1.6.3 Capital total requerido*

**Tabla II. 4 Inversión de capital + costos operativos.**

| Concepto | Importe (USD) |
|---|---|
| Inversión inicial (CAPEX) | 2,857,143.00 USD |
| Gasto operativo anual (OPEX) | 206,275.40 USD/año |
| Capital total considerado | 3,063,418.4 USD |

b) Período de recuperación del capital (payback) y memoria de cálculo

El período de recuperación del capital se determinó con base en los ingresos estimados por la comercialización de productos minerales y los costos operativos definidos para el proyecto.

### *II.1.6.4 Supuestos base del cálculo*

- Producción vendible anual: 14,285 t/año
- Precio promedio ponderado de venta: 350 USD/t
- Costo operativo unitario: 14.44 USD/t

### *II.1.6.5 Memoria de cálculo*

Ingresos brutos anuales:

$$14{,}285\ t/año\ \times\ 350\ USD/t = 4{,}999.750\ USD/año$$

Costos operativos anuales:

$$14{,}285\ t/año\ \times\ 14.44\ USD/t = 206{,}275.4\ USD/año$$

Flujo operativo anual aproximado:

$$4{,}999.750 - 206{,}275.4\ = 4{,}793{,}474.6\ USD/año$$

Período de recuperación

$$Payback\ = \frac{Inversión\ inicial}{Flujo\ operativo\ anual}$$

Payback = Inversión inicial / Flujo operativo anual

$$Payback = \frac{2{,}857{,}153.00}{4{,}793{,}474.6}\ \approx 0.6\ años$$

### *II.1.6.6 Resultado*

El período estimado de recuperación del capital es menor a un año, lo cual evidencia la viabilidad económica del proyecto, derivada de:

- La alta calidad del recurso mineral;
- El portafolio de productos de valor agregado;
- Una estructura de costos operativos competitiva;
- Una demanda industrial estable para los productos proyectados.

c) Costos necesarios para aplicar las medidas de prevención y mitigación ambiental

El Proyecto considera desde su diseño un enfoque de prevención y mitigación ambiental integrado, propio de operaciones mineras de tipo cantera para minerales industriales no peligrosos.

### *II.1.6.7 Características relevantes*

- No se generan jales ni presas de residuos;
- No se utilizan sustancias químicas peligrosas;
- Baja intensidad en el uso de agua;
- Materiales explotados no tóxicos (yeso y montmorillonita).

### *II.1.6.8 Costos ambientales*

Los costos asociados a las medidas de prevención y mitigación ambiental incluidos dentro del CAPEX y OPEX del proyecto, conforme a las mejores prácticas de evaluación ambiental son:

Medidas de prevención integrados en el CAPEX:

- Sistemas de control de emisiones de polvo;
- Obras de drenaje superficial y manejo de escurrimientos;
- Diseño de taludes estables y bancos de seguridad;
- Infraestructura para manejo de material estéril;
- Equipamiento de monitoreo ambiental básico.

Medidas de prevención integrados en el OPEX:

- Supresión periódica de polvo.
- Manejo eficiente y reciclaje de agua.
- Monitoreo ambiental operativo.
- Mantenimiento de caminos y áreas intervenidas.

- Cumplimiento de las condicionantes de la autorización ambiental (MIA-P).

### *II.1.6.9 Medidas de mitigación, compensación y restauración.*

Con el fin de mitigar y compensar los impactos ambientales generados por el proyecto "La Palmera", se implementará un Proyecto de restauración y compensación ambiental enfocado en recuperar la cobertura vegetal, estabilizar los suelos y restablecer los servicios ambientales del área intervenida. Las acciones comprenden reforestación con especies nativas y diversas obras de bioingeniería para el control de la erosión laminar en laderas y la erosión en cárcavas. Estas medidas cuentan con un presupuesto total de *177,778 USD* y contemplan actividades de mantenimiento y monitoreo durante 3 años (el proyecto completo se presenta en el **Anexo 5**). A continuación, se resumen las medidas específicas:

**Tabla II. 5 Medidas de mitigación, compensación y restauración.**

| Medida | Cantidad |
|---|---|
| Reforestación con especies nativas | 1.50 ha (1,700 plantas) |
| Acomodo de material vegetal muerto en curvas a nivel y con ramas entrelazadas | 200 m lineales |
| Barreras de piedra en curvas a nivel | 200 m lineales |
| Cortinas rompevientos | 150 m lineales |
| Terrazas de muro vivo con estacas | 100 m lineales |
| Barreras vivas | 200 m lineales |
| Barreras vivas (modalidad propagación vegetativa) | 150 m lineales |
| Terrazas de piedra | 100 m lineales |
| Presas de morillos | 4 unidades |
| Presa de ramas | 3 unidades |
| Presas de piedra acomodada | 3 unidades |
| Presa de gaviones | 15 $m^3$ |
| Estabilización de taludes | 2,500 $m^2$ |
| Cabeceo de cárcavas | 5 unidades |

## II.1.7 Dimensiones del proyecto

El proyecto se desarrolla dentro de una concesión minera No. 160611, otorgado por la Secretaría de Economía con una superficie de 35 ha, bajo un acuerdo de ocupación temporal de largo plazo; no obstante, el predio afectado para el desarrollo del proyecto La Palmera comprende solo una fracción con una superficie de 1.0982 ha (Figura 3), que corresponde al conjunto de áreas necesarias para el desarrollo de la operación minera a cielo abierto (estilo cantera), extracción selectiva de yeso de alta pureza y material con montmorillonita, así como el uso de equipos convencionales de excavación y

acarreo, es importante señalar que el proyecto solo contempla la etapa de exploración y explotación, todo el procesamiento secundario se realizara fuera del predio.

Capacidad de producción.

- **Yeso**: Hasta 2,657 t/año de material extraído.
- **Montmorillonita**: Hasta 11,628 t/año de material extraído.

### II.1.8 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

#### *II.1.8.1 Usos del suelo*

De acuerdo con la capa de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII (continuo Nacional, INEGI 2021), (Figura 3), el polígono del proyecto se localiza en un área clasificada como pastizal inducido, colindante con vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

No obstante, durante la verificación en campo realizada específicamente para el presente proyecto, se determinó que la totalidad del polígono corresponde realmente a selva baja caducifolia secundaria, sin que se detectaran pastizales inducidos dentro de los límites del predio. Esta discrepancia entre la clasificación INEGI y la observación directa en sitio es atribuible a la escala y generalización (escala 1:250,000) propias de la cartografía nacional, la cual puede subestimar parches de vegetación arbustiva/arbórea de pequeña extensión.

En consecuencia, la caracterización de la vegetación afectada del presente proyecto se basa en la verificación en campo, reconociendo que implicará la remoción de selva baja caducifolia secundaria. Por ello, en paralelo se gestiona la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) ante la autoridad competente, con fundamento en el Artículo 14, Fracción XI; Sección Primera, Artículo 68 fracción I y Sección Séptima, Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018. La Manifestación de Impacto Ambiental se presenta bajo el compromiso de que, en caso de que el CUSTF sea negado o condicionado, el diseño del proyecto se ajustará para afectar exclusivamente las áreas autorizadas, priorizando la conservación de los relictos de vegetación nativa con mayor valor ecológico.

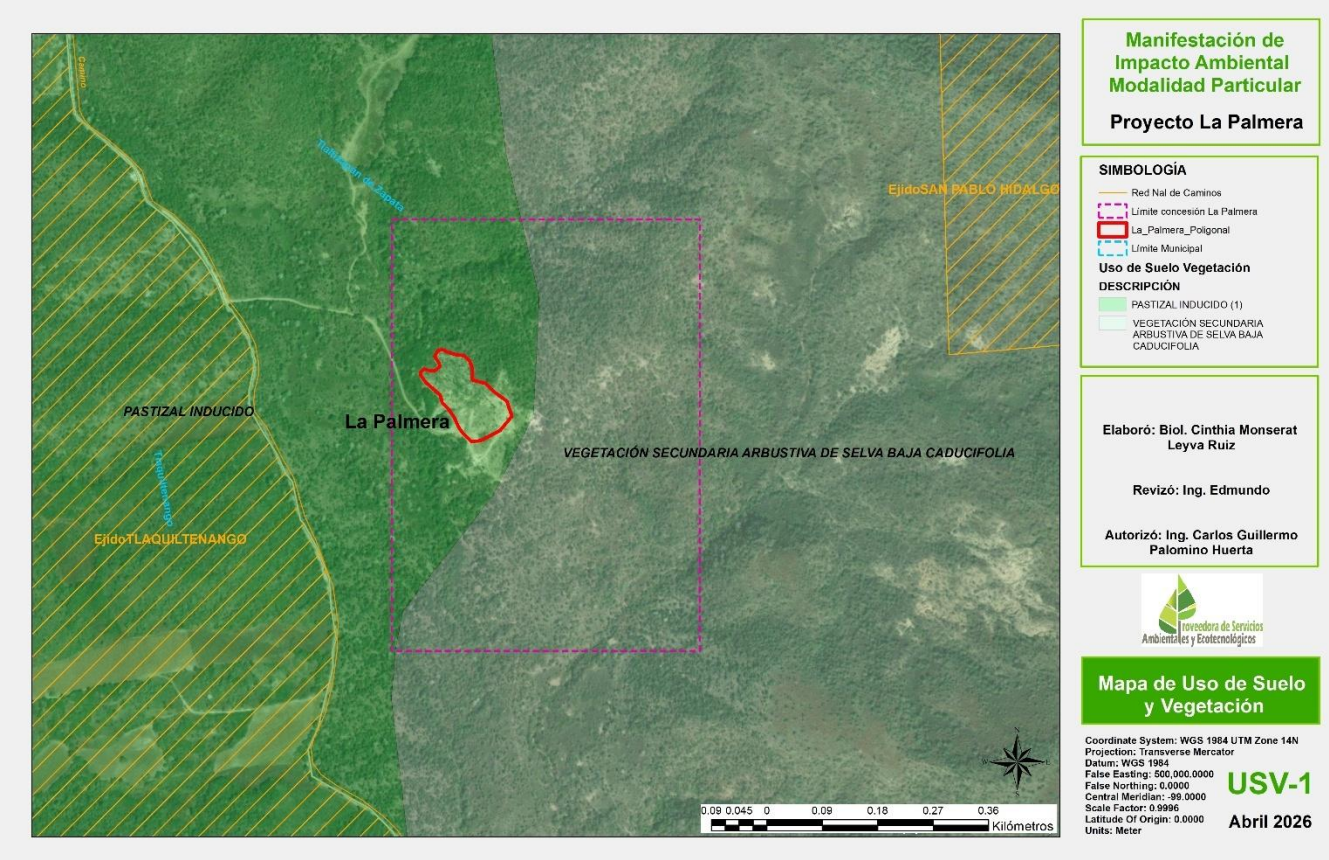



**Figura II. 3 Localización del proyecto La Palmera conforme al Uso de Suelo y Vegetación.**

Actualmente el uso del predio son actividades de agostadero o pastoreo de manera informal toda vez que se trata de ganadería en libre pastoreo, siendo esta actividad uno de los principales factores de presión.

En la colindancia poniente, se encuentra el ejido de Tlaquiltenango donde se observan actividades agrícolas (huertos frutales, maíz forrajero), ganaderas (porcícola, bovina, equina), así como producción artesanal de carbón vegetal.



Figura II. 4 Ganadería.



Figura II. 5 Agricultura.

### *II.1.8.2 Usos de los cuerpos de agua*

Dentro del predio del proyecto no se identifican cuerpos de agua superficiales ni corrientes permanentes. No obstante, el área de explotación al poniente del predio colinda con una corriente de agua tipo intermitente de la cuenca hidrográfica Río Grande Amacuzac cuyo cauce fluye de norte a sur (Figura 6).

Respecto al acuífero su situación administrativa compete al Organismo de Cuenca Balsas. Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a las disposiciones de 5 decretos de veda, tres en territorio del Estado de Morelos y 2 en el Estado de México. El primero, donde se encuentra el proyecto, rige en la porción central y es el "Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona comprendida dentro de los límites del Distrito de Riego número 16, del estado de Morelos", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 1960. Esta veda es de tipo III, en la que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

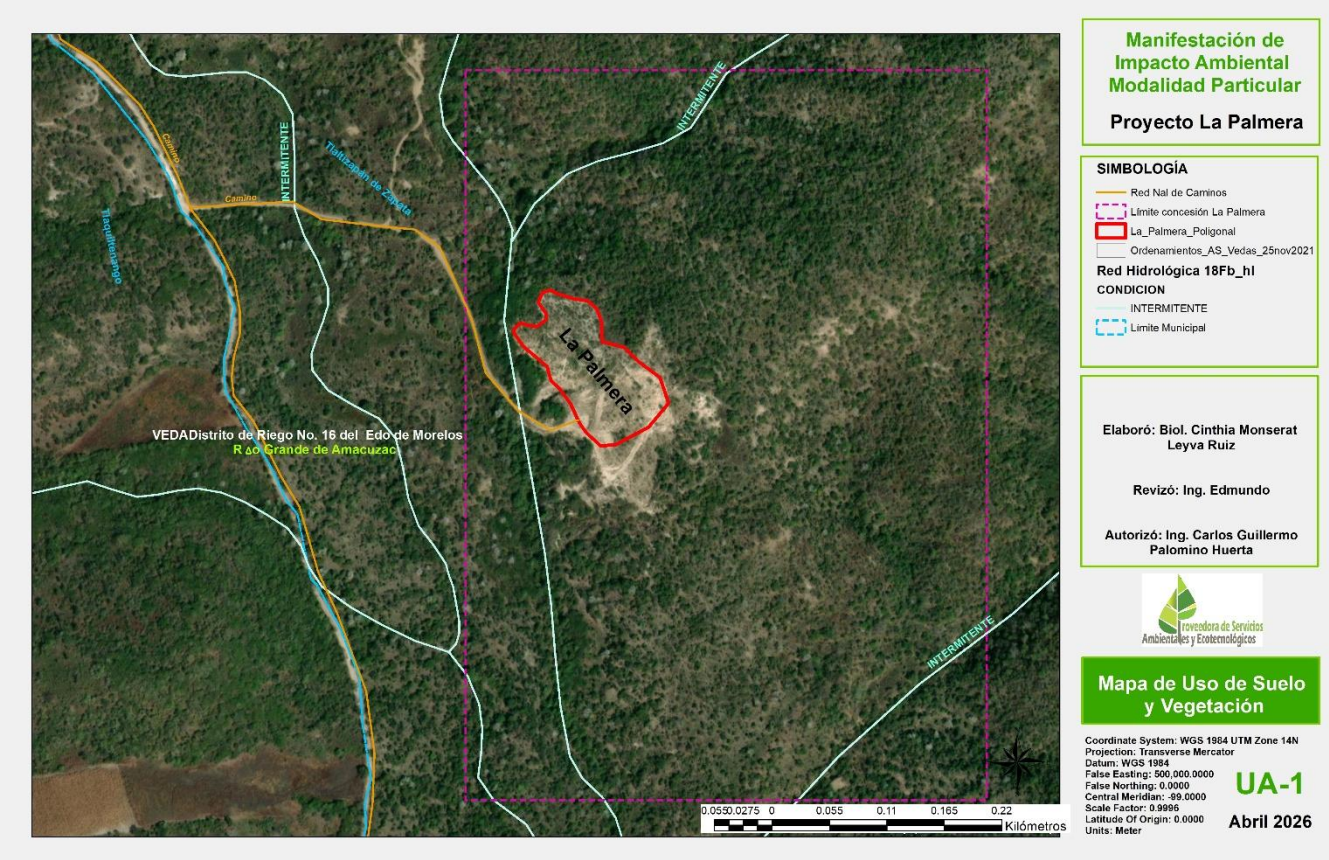



**Figura II. 6 Cuerpos de agua con relación a la localización del proyecto La Palmera.**

### II.1.9 Urbanización del área y descripción de los servicios requeridos

El proyecto La Palmera cuenta con acceso terrestre funcional mediante infraestructura vial existente. El sitio del proyecto es accesible a través de caminos rurales y carreteras regionales que conectan con la red carretera estatal y nacional del estado de Morelos. La principal y única vía de acceso para el presente proyecto, es a través del camino de saca que conecta con la localidad rural de Los Dormidos perteneciente al municipio de Tlaquiltenango con la cabecera municipal de Tlaltizapán de Zapata, y se ubica a 7,000 m de la Autopista Siglo XXI, minimizando la necesidad de apertura de nuevas vialidades y reduciendo la afectación ambiental.

#### *II.1.9.1 Suministro de agua*

Infraestructura adicional requerida:

- Adecuaciones menores y mantenimiento de caminos rurales existentes para tráfico de vehículos pesados.
- Caminos internos dentro del predio del proyecto.

Responsable:

- La construcción y mantenimiento de los caminos internos y adecuaciones locales será responsabilidad del promovente.
- La red carretera externa es operada y mantenida por terceros (autoridades municipales, estatales y federales).

En el área inmediata del proyecto no existe infraestructura municipal de agua potable disponible para uso industrial, por lo tanto, el proyecto ha sido diseñado con una operación de baja intensidad de consumo de agua, típica de explotaciones de yeso y arcillas industriales.

El suministro de agua se realizará mediante:

- Transporte de agua por camión (pipas) desde fuentes externas autorizadas, esta será almacenada en sitio en tinacos tipo Rotoplas.
- Recirculación y reutilización interna del agua dentro de los procesos asociados a la explotación minera, con el fin de minimizar la demanda.

Infraestructura adicional requerida:

- Tanques de almacenamiento de agua.
- Sistemas internos de recirculación y control de consumo.

Responsable:

- La provisión, transporte, almacenamiento y gestión del agua será responsabilidad exclusiva del promovente.

### *II.1.9.2 Energía eléctrica*

Se generará a través del uso del Powercat 10000, Growatt SPF 5000 ES, Canadian Solar 550 W y la batería LiFePO4, que consiste en un sistema integrado que combina distintas fuentes y tecnologías. A continuación, se detalla en qué consiste cada una:

- **Generación solar (Canadian Solar 550 W):** Consiste en convertir la luz solar directamente en electricidad de corriente continua (CC) mediante el efecto fotovoltaico. Cada panel de 550 W, al recibir radiación solar, produce una diferencia de potencial que genera un flujo de electrones. Esta electricidad es la fuente primaria del sistema.
- **Control híbrido (Growatt SPF 5000 ES):** Consiste en gestionar inteligentemente los flujos de energía. Este equipo toma la corriente continua de los paneles solares, la transforma en corriente alterna (CA) para alimentar cargas, y decide si el excedente se envía a la batería o a la red (si está conectada). También invierte la energía de la batería a CA cuando no hay sol. En esencia, consiste en orquestar la generación, almacenamiento y consumo para maximizar el uso de energía solar.
- **Generación de respaldo (Powercat 10000):** Consiste en un equipo (generalmente un generador de combustión interna o un inversor de gran potencia) que arranca automáticamente cuando la energía solar y la batería son insuficientes o cuando hay un corte de red. Su función es generar electricidad de forma continua (10 kW) a partir de combustible (diésel, gasolina, etc.) o desde una fuente externa, asegurando el suministro en fallos prolongados.
- **Almacenamiento (LiFePO4 48 V 100 Ah):** Consiste en acumular la energía generada por los paneles o por el respaldo en forma de energía química. Durante la carga, los iones de litio se mueven del cátodo al ánodo; durante la descarga, liberan electrones produciendo corriente continua de 48 V. Aunque no "genera" energía desde cero, su función de descarga permite disponer de 5 kWh previamente almacenados, actuando como una fuente virtual de generación cuando no hay sol ni respaldo activo.

En resumen: La generación eléctrica en este sistema consiste en un flujo donde los paneles solares producen energía limpia, el inversor híbrido la acondiciona y distribuye, la batería la guarda para su uso posterior, y el generador de respaldo entra en acción solo cuando todo lo anterior falla. Así se garantiza electricidad las 24 horas.

### *II.1.9.3 Drenaje y manejo de aguas residuales*

En el área del proyecto no existe red municipal de drenaje sanitario, sin embargo, en la operación del proyecto no serán generadas aguas residuales industriales peligrosas, ni contempla el uso de sustancias tóxicas durante sus operaciones.

Las aguas residuales se manejarán de la siguiente forma:

- Las aguas residuales sanitarias generadas por el personal serán tratadas mediante sistemas sanitarios autónomos, tales como sanitarios portátiles.
- No se contempla descarga de aguas residuales a cuerpos de agua.

Infraestructura adicional requerida:

- Sistemas sanitarios temporales o fijos, según la etapa del proyecto.

Responsable:

- La instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de manejo sanitario serán responsabilidad del promovente.

Servicios de telecomunicaciones.

La zona cuenta con cobertura limitada de telefonía celular, propia de una región rural. Para garantizar comunicaciones operativas confiables, el proyecto contempla:

- Uso de redes celulares existentes donde estén disponibles.
- Implementación de comunicación satelital (por ejemplo, sistemas tipo Starlink) para garantizar conectividad permanente para operaciones y seguridad.

Infraestructura adicional requerida:

- Equipos de comunicación satelital y redes internas de datos.

Responsable:

- La instalación y operación de los sistemas de telecomunicaciones será responsabilidad del promovente, mientras que los servicios serán prestados por proveedores externos especializados.

#### *II.1.9.4 Servicios de apoyo complementarios*

En las cercanías del proyecto no existen plantas municipales de tratamiento de aguas residuales ni instalaciones industriales especializadas, no obstante:

- El proyecto no requiere infraestructura externa de tratamiento de aguas, debido a su bajo consumo y esquema de recirculación.
- Los residuos sólidos no peligrosos serán manejados mediante empresas de recolección autorizadas.

En conclusión, el Proyecto "La Palmera" se localiza en una zona con accesibilidad vial adecuada y proximidad a infraestructura eléctrica regional, aunque carece de servicios urbanos directos, el diseño del proyecto contempla infraestructura autónoma suficiente para garantizar el suministro de servicios básicos y de apoyo, sin depender de ampliaciones municipales ni causar sobrecarga a los servicios públicos existentes.

La responsabilidad principal de construcción y operación de la infraestructura necesaria recaerá en el promovente, con la participación de terceros únicamente en la prestación de servicios públicos como electricidad y telecomunicaciones.

## II.2 Características particulares del proyecto

### II.2.1 Programa general del trabajo

El programa general del proyecto se estructura de manera secuencial y progresiva, evitando la intervención simultánea de grandes superficies. Las actividades se desarrollan conforme a un esquema modular que permite:

- Limitar la remoción de suelo y vegetación únicamente a las áreas estrictamente necesarias.
- Sincronizar las actividades de preparación y construcción con acciones inmediatas de control ambiental, como el manejo adecuado de materiales y la delimitación física de áreas de trabajo.
- Facilitar la implementación de medidas de restauración parcial conforme avanza el desarrollo del proyecto.

Este enfoque reduce la huella ambiental temporal y favorece un mejor control operativo durante cada fase del proyecto.

### II.2.2 Etapas del proyecto

El proyecto se desarrolla a través de etapas claramente definidas, cada una con obras y actividades específicas que incorporan criterios de diseño orientados a la prevención y mitigación de impactos ambientales.

El programa general de trabajo se ha estructurado en cinco etapas secuenciales:

**Tabla II. 6 Programa de actividades.**

| No. | Etapa | Acción-Actividad | AÑO | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | | | TRIMESTRES | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Exploración | Exploración Geológica | X | X | | | | | | | | | | |
| 2 | | Exploración Geofísica | | X | X | | | | | | | | | |
| 3 | | Perforación | | | X | X | | | | | | | | |
| 4 | Preparación del sitio | Delimitación y cerco perimetral | | | | X | | | | | | | | |
| 5 | | Desmonte selectivo | | | | X | X | X | X | | | | | |
| 6 | | Instalación de caseta de control, señalización y sistemas de vigilancia. | | | | | X | | | | | | | |
| 9 | | Colocación de servicios sanitarios portátiles ecológicos. | | | | | X | | | | | | | |
| 10 | | Campamento itinerante o móvil. | | | | | X | X | X | X | | | | |
| 11 | | Sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial para control de polvos en áreas de movimiento de tierras. | | | | | X | | | | | | | |
| 12 | Construcción de obras mineras | Rampas de acceso a bancos | | | | | | X | X | X | | | | |
| 13 | | Tajos | | | | | | X | X | X | | | | |
| 14 | | Taludes | | | | | | X | X | X | | | | |
| 15 | | Depósitos superficiales de tepetate | | | | X | | | | | | | | |
| 16 | | Depósitos superficiales de terreros: | | | | | | X | | | | | | |
| 17 | | Depósitos superficiales de suelo fértil: | | | | | | X | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | | Depósitos superficiales de suelo estéril: | | | | | | X | | | | | | | | |
| 20 | Construcción de obras asociadas o provisionales | Drenajes, cunetas y otros | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Cierre de operaciones y tareas asociadas al abandono del área | Ejecución de proyecto de restauración | | | | | | | | | | | | | | |

### *II.2.2.1 Preparación del sitio*

Durante esta etapa se realizan actividades preliminares indispensables para el inicio de la explotación minera, entre las que se incluyen:

Obras principales:

***Delimitación y cerco perimetral del polígono del proyecto***

La delimitación y cerco perimetral del polígono del proyecto constituye una de las primeras actividades de la etapa de preparación del sitio, y tiene como propósito establecer los límites físicos del área de intervención, asegurar el control de accesos y prevenir afectaciones no autorizadas fuera del polígono autorizado.

El cerco perimetral se concibe como una medida de control y seguridad que permite:

- Delimitar visual y físicamente el área del proyecto, evitando el ingreso no autorizado de personas y vehículos.
- Prevenir el acceso de ganado en libre pastoreo, actividad que actualmente se desarrolla en el predio de manera informal.
- Reducir el riesgo de accidentes al mantener alejada a la población de las áreas de operación minera.
- Facilitar el control ambiental al circunscribir las actividades dentro del polígono autorizado.

El diseño del cerco considera el uso de materiales y técnicas que minimicen el impacto visual y que sean compatibles con el entorno rural del municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. La instalación del cerco se realiza de manera previa al inicio del desmonte selectivo, asegurando que todas las actividades posteriores se desarrollen dentro de los límites establecidos.

Como parte integral de esta actividad, se implementa el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna y Vegetación Silvestre (**Anexo 4**), el cual inicia con un recorrido de reconocimiento previo a la instalación del cerco. Personal especializado realiza un recorrido dentro del polígono del proyecto y sus inmediaciones (buffer de 50 m) para identificar madrigueras, nidos, refugios y guaridas, así como para detectar la presencia de especies de lento desplazamiento que pudieran ser afectadas. Esta información permite ajustar el trazado del cerco para evitar, en la medida de lo posible, la interrupción de corredores biológicos y la afectación de áreas con alta concentración de fauna.

***Desmonte selectivo y acopio de suelo orgánico (capa vegetal) para su uso futuro en restauración***

El desmonte selectivo es una actividad fundamental dentro de la etapa de preparación del sitio, y consiste en la remoción controlada de la cubierta vegetal y la capa superficial del suelo (despalme), con el objetivo de habilitar las áreas necesarias para la construcción de obras mineras, sin afectar innecesariamente la vegetación circundante.

El polígono del proyecto se encuentra cubierto por selva baja caducifolia secundaria arbórea y arbustiva, en un estado de conservación regular. El inventario florístico realizado en campo registró 7 especies arbóreas con una densidad de 953.13 individuos/ha, 5 especies arbustivas con una densidad de 1,712.5 individuos/ha, y 5 especies herbáceas. Destaca la presencia de especies endémicas de México como *Acacia bilimekii* (Espino) y *Haematoxylum brasiletto* (Brasil), así como la especie exótica invasora *Melinis repens* (Cadillo), que no será objeto de rescate.

El desmonte selectivo se realiza bajo los siguientes criterios:

1. Selectividad: Se remueven únicamente los individuos vegetales necesarios para la habilitación de las áreas de explotación, dejando en pie aquellos que no interfieren con las operaciones.
2. Rescate de flora: Antes del desmonte, se implementa un Programa de Rescate y Reubicación de Vegetación Silvestre (**Anexo 4**), priorizando el trasplante de especies nativas y endémicas a sitios con características edafoclimáticas similares.
3. Minimización de la perturbación: El desmonte se limita estrictamente al polígono de 1.0982 ha, evitando afectaciones en las áreas colindantes.

El acopio de suelo orgánico (capa vegetal) es una medida de mitigación y compensación ambiental que permite preservar el recurso edáfico para su uso futuro en actividades de restauración. El procedimiento incluye:

- Retiro de la capa vegetal: Se remueve la capa superior del suelo (aproximadamente 0.20–0.30 m de profundidad), que contiene materia orgánica, nutrientes y propágulos (rizomas, bulbos y restos de raíces de las plantas que vivían sobre dicho suelo).
- Almacenamiento diferenciado: El suelo orgánico se almacena por separado del material estéril y de la intercarga, en depósitos superficiales con dimensiones aproximadas de 30 m × 50 m y altura máxima de 2 m, para un volumen estimado de 2,500 - 3,000 $m^3$.
- Manejo adecuado: Los depósitos se conforman con taludes suaves (aproximadamente 2H:1V) para conservar la estructura del suelo, reducir la compactación y permitir su posterior reutilización.
- Protección contra erosión: Se implementan obras de protección contra escurrimientos para evitar la pérdida de nutrientes y la contaminación de cuerpos de agua cercanos.

El Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo 4**) se ejecuta de manera paralela al desmonte selectivo, siguiendo un protocolo de cuatro fases:

1. Fase I: Preparación y reconocimiento del área: Previo al inicio del desmonte, se realiza un recorrido de reconocimiento para identificar madrigueras, nidos y refugios, y se seleccionan los sitios de reubicación.
2. Fase II: Ahuyentamiento: Minutos antes del ingreso de la maquinaria, se aplican estímulos auditivos (sirenas, golpeteo) y visuales (cintas reflectantes) para permitir que las especies de rápido desplazamiento (aves y mamíferos mayores) se refugien en zonas aledañas conservadas.
3. Fase III: Rescate y captura: Se aplica a las especies que no logren ser ahuyentadas o que, por su naturaleza (lento desplazamiento, etapa reproductiva, heridas), requieran intervención directa. Se prioriza el rescate de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de Amenazada (A), En Peligro de Extinción (P) o Sujeta a Protección Especial (Pr). Entre las especies registradas en el polígono del proyecto que requieren atención prioritaria se encuentran *Heloderma horridum* (Lagarto de chaquira, Amenazada), *Ctenosaura pectinata* (Iguana mexicana de cola espinosa, Amenazada) y *Aspidoscelis communis* (Huico moteado gigante, Protección Especial).

4. Fase IV: Reubicación y liberación: Los ejemplares rescatados son trasladados a los sitios de reubicación previamente seleccionados (UH-1 o UH-3) y liberados el mismo día de la captura, previo periodo de aclimatación.

El suelo orgánico acopiado será utilizado en la etapa de **abandono del sitio** para la restauración de las áreas intervenidas, mediante la conformación de taludes, la nivelación de terraplenes y el establecimiento de cobertura vegetal con especies nativas.

***Construcción de accesos provisionales utilizando caminos rurales existentes, sin apertura de nuevas brechas***

La construcción de accesos provisionales constituye una de las actividades de la etapa de preparación del sitio, y se ha diseñado con un enfoque de minimización de impactos ambientales, aprovechando la infraestructura vial existente para evitar la apertura de nuevas brechas.

El proyecto La Palmera cuenta con acceso terrestre funcional mediante infraestructura vial existente. La principal y única vía de acceso es a través del camino de saca que conecta la localidad rural de Los Dormidos, perteneciente al municipio de Tlaquiltenango, con la cabecera municipal de Tlaltizapán de Zapata. Este camino se ubica a 7,000 m de la Autopista Siglo XXI, lo que minimiza la necesidad de apertura de nuevas vialidades y reduce la afectación ambiental.

El diseño de los accesos provisionales se basa en los siguientes criterios:

- Aprovechamiento de la infraestructura existente: Se utilizan caminos rurales ya operativos, que de acuerdo con la Red Nacional de Caminos (RNC 2024), corresponden a vialidades tipo camino en operación, con circulación en dos sentidos, estatus habilitado, sin pavimento y recubrimiento de tierra.
- Ausencia de apertura de nuevas brechas: No se construyen nuevos caminos ni se amplía la huella de perturbación más allá de lo estrictamente necesario.
- Adecuaciones menores: Se realizan únicamente trabajos de nivelación, mantenimiento y limpieza de cunetas y alcantarillas para garantizar el transito seguro de vehículos pesados.
- Minimización de movimientos de tierra: Se evitan cortes y rellenos excesivos, adaptando el trazado a la topografía natural del terreno.

Las obras asociadas a los accesos provisionales incluyen:

- Mantenimiento de caminos rurales existentes: Nivelado periódico, limpieza de cunetas y alcantarillas, y rehabilitación de tramos deteriorados.
- Construcción de caminos internos: Dentro del polígono del proyecto, se construyen caminos de terracería con diseño que cumple con la normativa SCT de drenaje y taludes, garantizando la estabilidad de cortes y terraplenes.
- Señalización: Colocación de señalización preventiva en los accesos para garantizar la seguridad de los trabajadores y de la comunidad.

La selección de la ruta de acceso utilizando la infraestructura vial existente minimizó los impactos ambientales, al evitar la fragmentación de hábitats, la pérdida de cobertura vegetal y la generación de nuevas fuentes de erosión. Esta estrategia es congruente con los criterios de la Unidad Homogénea UH-2 (Lomerío típico con vegetación arbustiva secundaria), donde el proyecto se inserta en un área con impactos preexistentes atribuibles al pastoreo extensivo.

Durante la construcción de accesos, el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre se mantiene activo para atender cualquier eventualidad, especialmente durante los trabajos de mantenimiento de caminos que pudieran afectar madrigueras o refugios de fauna en los bordes del camino. Asimismo, se aplican medidas de control de polvo y erosión para reducir los impactos sobre la vegetación y la fauna circundante (Figura 7).




**Figura II. 7 Ilustración del proceso de preparación del sitio.**

Obras asociadas:

- Habilitación de áreas de almacenamiento temporal de materiales (combustible, cajas de núcleo) con sistemas de doble contención.
- Instalación de un sistema de comunicación satelital (Starlink) para evitar la construcción de torres de telefonía fija.
- Colocación de servicios sanitarios portátiles ecológicos.

Obras provisionales:

- Campamento itinerante o móvil.
- Sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial para control de polvos en áreas de movimiento de tierras.

Medidas de reducción de impactos ambientales:

- No se realiza remoción de vegetación arbórea hasta contar con la autorización de la Manifestación de Impacto Ambiental.
- Se cuenta con Constancia de No Afectación Arbórea y Constancia de Zonificación, que certifican la línea base y la compatibilidad del uso del suelo.
- El desmonte es mínimo y el suelo orgánico se almacena para restauración, evitando la pérdida de este recurso.
- Se implementarán Programas Ahuyentamiento Rescate y Reubicación de Fauna, así como Vegetación Silvestre (**Anexo 4**) y la implementación de un Proyecto de restauración y compensación ambiental (**Anexo 5**).

### *II.2.2.2 Construcción de obras mineras*

Esta etapa comprende la habilitación de los frentes de explotación y áreas operativas necesarias para la extracción del material mineral. Las principales características de diseño incluyen:

***Exploración***

Como parte de las actividades a realizar antes de la puesta en marcha de la obra minera, es requerido implementar una campaña de exploración en el interior del área objeto de este documento.

La exploración consiste en tres etapas fundamentales que a continuación se detallan en conjunto con las posibles implicaciones ambientales que pudiesen generar.

- Etapa de exploración geológica:

En esta etapa profesionales en el ramo de las Ciencias de la Tierra, delimitarán las mejores zonas para el inicio de la explotación.

El trabajo conlleva una primera etapa de estudio mediante el análisis de información documental, el procesamiento de imágenes satelitales y obtenidas mediante el uso drones, análisis de curvas de nivel y drenajes en la zona, así como otras técnicas de análisis de gabinete. En esta etapa el único contacto con el terreno será una sesión de 60 min en la cual se llevará a cabo el vuelo del dron (tiempo en campo: 1 día).

Posterior a la etapa de gabinete se procederá a realizar una visita de campo donde se colectará información geológica adicional y se confirmará todo lo obtenido mediante el trabajo de gabinete. Durante esta campaña se colectarán rumbos, echados y muestras de roca (250 g aprox. por muestra), así como se confirmarán o corregirán las observaciones realizadas en la etapa previa; esta exploración será en el área de interés y sus alrededores (tiempo en campo: 2 semanas).

Al finalizar la etapa de trabajo de campo se usará toda la información obtenida durante el mapeo para afinar el modelo geológico final, de ser necesario se podrían realizar nuevas visitas con el fin de ampliar o afianzar la información vertida en el modelo final, sin embargo, las visitas serán a puntos específicos y de corta duración.

- Exploración geofísica:

Con el fin de validar y afianzar los datos geológicos obtenidos en la etapa 1 de la exploración, se realizarán líneas de tomografía y sondeos eléctrico-verticales en áreas estratégicamente seleccionadas para determinar la distribución de las unidades de interés económico en el subsuelo y, de esta forma, general un modelo tridimensional del yacimiento a trabajar.

Una de las principales características de los estudios geofísicos es su bajo impacto en el medio en el que se practican, ya que son rápidos de levantar en campo, no dejan huellas de importancia en el terreno en el que son practicados y permiten analizar efectivamente el subsuelo (tiempo en campo: 4 semanas).

En cuanto a la metodología de exploración, a lo largo de líneas con eje norte-sur se hincarán electrodos de 0.019 m de diámetro a una profundidad máxima de 0.15 m; estos electrodos se conectarán mediante un cable a sistemas de emisión y recepción, que funcionan alimentados mediante el uso de un generador a gasolina marca Honda, modelo EG6500, con los que se obtendrán las mediciones de resistividad aparente del subsuelo. Cabe aclarar que el voltaje y amperaje inyectado por estos electrodos no produce ningún efecto en la biota del predio. Además, en aras de la conservación del área y mitigar aún más los posibles impactos ambientales durante esta etapa, se determinó que no habrá campaña de brecheo, y se transitará entre la vegetación buscando evitar daños a la misma.

- Etapa de perforación:

Una vez definidos los puntos de mayor interés para el inicio de la explotación, se realizará una perforación diamantina de diámetro NQ con el fin de recuperar testigo rocoso y afianzar con ello el modelo final geológico-geofísico y las leyes reales del material de interés a profundidad.

Al tratarse de un método de exploración directa se hará uso de una perforadora LongYear 34 con un motor diésel de 6 cilindros enfriado por aire, con un consumo promedio de 8–12 L/h de combustible en operación continua.

Para disminuir las posibles implicaciones ambientales se tomarán las siguientes determinaciones:

- No se hará uso de aditivos o químicos durante la perforación.
- El agua que se usará será proporcionada por un sistema de pipas de acuerdo con la demanda, el agua se recuperará, decantará para su reaprovechamiento las veces que sea posible hacerlo para disminuir la huella hídrica del proceso.
- El campamento será sólo para el trabajo diurno y consistirá en una zona de sombra e hidratación para los trabajadores y un área destinada como comedor.
- Todos los residuos producidos durante la jornada laboral serán clasificados, acopiados y dispuestos fuera del sitio del proyecto de acuerdo con la norma, particularmente el Reglamento del Servicio de Limpia y Recolección de Basura del H. Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata.
- En campo se colocará una geomembrana debajo de la máquina para evitar posibles filtraciones de líquidos pertenecientes a la máquina, como pueden ser diésel, aceite o grasa. Así como se realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta.
- El combustible será suministrado diariamente con el uso de bidones.

El proceso de perforación consiste en ir hincando una sarta de perforación en el subsuelo mientras se bombea agua para enfriar y lubricar la perforación, en el núcleo de la sarta se acumula roca que será recuperada para su posterior análisis.

La perforación tendrá una duración de 3 semanas; no se abrirán caminos nuevos ni se despejarán zonas para el emplazamiento de la máquina, ya que se aprovecharán áreas ya disponibles en el sitio.
Una vez terminados los trabajos de perforación se procederá a la limpieza del sitio para dejarlo en las condiciones previas a los trabajos de barrenación.

***Explotación***

La explotación del yacimiento se desarrollará mediante minería a cielo abierto, en fases sucesivas y con avance ordenado de los frentes de trabajo, de manera que se mantenga la estabilidad geotécnica, la selectividad minera y la eficiencia operativa. El proceso de explotación se realizará hasta obtener el material útil a pie de camión, permitiendo su carga directa para acarreo y manejo posterior. El diseño considera la extracción diferenciada de yeso y montmorillonita, así como la separación y manejo controlado de materiales estériles, tepetate, terreros y suelos para su almacenamiento temporal o uso posterior en rehabilitación. Con el fin de facilitar la incorporación de información específica del proyecto, los principales parámetros de diseño y operación se presentan a continuación con espacios para su llenado.

**Rampas de acceso a bancos.** Se proyecta la construcción de 1 rampa principal de acceso al banco de explotación, con un ancho de corona de 4 m, pendiente longitudinal de 8 %, radio mínimo de giro de 18 m y longitud aproximada de 43 m. El volumen estimado de material a remover para su habilitación será de 2320 $m^3$. Estas rampas permitirán el tránsito seguro de equipo de carga y acarreo, así como el acceso continuo a los frentes de explotación en las diferentes etapas del desarrollo minero.

**Desarrollo de bancos de explotación.** Los bancos de explotación se desarrollarán con alturas comprendidas entre 3–5 m, de acuerdo con las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio, con taludes estables y geometrías que reduzcan el riesgo de erosión, deslizamientos y caída de material. Se prevé la conformación de 25 bancos operativos, con altura promedio de 3.2 m y longitud aproximada de frente de 150 m por banco. El diseño escalonado permitirá una explotación selectiva del recurso y una mejor administración del drenaje superficial dentro del tajo.

**Tajo.** El proyecto contempla el desarrollo de 1 tajo, con una profundidad máxima estimada de 80 m y un área superficial aproximada de 1 hectárea. El ángulo de los taludes será de 70° a 72°, con alturas de

banco de 3.2 m, un número estimado de 25 bancos por tajo y un volumen total proyectado de material a remover de 14000 m³, de los cuales 11200 m³ corresponderán a mineral y 2800 m³ a material estéril. La geometría de cada tajo será ajustada progresivamente conforme avancen las labores y se disponga de información más detallada del comportamiento geomecánico de los materiales expuestos.

**Taludes.** Los taludes serán diseñados conforme a los dominios geotécnicos identificados en el área del proyecto. Se adoptarán ángulos de cara de banco en un rango de 70° a 72°, según la competencia del material, y ángulos de pendiente total de 56°, en función de la altura final del talud, la presencia de horizontes débiles, el grado de fracturamiento y las condiciones de humedad. Adicionalmente, se construirán bermas de captura con ancho de 1 m para contener desprendimientos de roca y evitar que estos materiales rebasen el área operativa. El valor específico aplicado a cada dominio y frente será de 70-72° para cara de banco, 56° para pendiente total y 1 m para ancho de berma, según corresponda.

**Depósitos superficiales de suelo fértil.** El suelo fértil removido durante el despalme será almacenado por separado en 1 depósitos temporal, con dimensiones aproximadas de 30 m por 50 m y altura máxima de 2 m, para un volumen estimado de 2500 - 3000 m³. Estos depósitos se conformarán con taludes suaves, de aproximadamente 2H:1V, a fin de conservar la estructura del suelo, reducir la compactación y permitir su posterior reutilización en actividades de restauración y revegetación. El perfil de cada depósito incluirá la cota de desplante, el espesor acumulado y las obras de protección contra escurrimientos.

**Depósitos superficiales de suelo estéril.** El suelo estéril será dispuesto en 1 área de almacenamiento, con dimensiones aproximadas de 20 m por 50 m y una capacidad estimada de 2000 m³. La estabilización de sus taludes se realizará mediante conformación controlada, compactación selectiva, obras de drenaje periférico y pendientes finales de 1.5H:1V. El perfil de cada depósito describirá la geometría final, el espesor promedio, la pendiente superficial y las medidas de control para evitar erosión hídrica o arrastre de sedimentos.

**Transporte de mineral.** El transporte del mineral se realizará a pie de camión, utilizando unidades con capacidad unitaria de 45 t por viaje.

**Otros.** Como parte de las obras auxiliares asociadas a la explotación se contempla la habilitación de patios, trincheras, plataformas, cunetas, obras de drenaje, zonas de maniobra y otros, con dimensiones aproximadas de 40 m por 30 m y un volumen estimado de remoción de 3600 m³. Estas obras tienen por objeto asegurar la funcionalidad operativa del proyecto, mejorar las condiciones de acceso, manejo de materiales y control hidrológico dentro del área de explotación.

La geometría de los frentes de explotación se adaptará a las condiciones geológicas locales, permitiendo optimizar el aprovechamiento del recurso y minimizar el volumen de material estéril removido. De igual forma, se emplearán técnicas de explotación acordes con la naturaleza de los minerales industriales presentes en el yacimiento, evitando procesos innecesarios que incrementen la generación de residuos. En conjunto, estas medidas contribuirán a una explotación más eficiente y con menor impacto sobre la topografía y el paisaje del área.

**Medidas de reducción de impactos ambientales.** La minería selectiva permitirá extraer únicamente las unidades de yeso y montmorillonita, minimizando el movimiento innecesario de material estéril. Los ángulos de talud conservadores y las bermas de captura reducirán el riesgo de inestabilidad y caída de rocas, evitando afectaciones fuera del polígono de explotación. Estas acciones, junto con el almacenamiento diferenciado de materiales y la restauración progresiva de áreas intervenidas, forman parte del enfoque preventivo de manejo ambiental del proyecto.

Estas medidas contribuyen a una explotación más eficiente y con menor impacto sobre la topografía y el paisaje del área.

- La minería selectiva permite extraer únicamente las unidades de yeso y montmorillonita, minimizando el movimiento de estéril.
- Los ángulos de talud conservadores y las bermas de captura reducen el riesgo de inestabilidad y caída de rocas, evitando afectaciones fuera de la concesión.
- Adaptación de la geometría de los frentes a las condiciones geológicas locales, lo que permite optimizar el aprovechamiento del recurso y minimizar el volumen de material estéril.
- Uso de técnicas de explotación acordes con los minerales industriales, evitando procesos innecesarios que incrementen la generación de residuos.
- Programas de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, así como vegetación silvestre (**Anexo 4**).
- Proyecto de restauración y compensación ambiental (**Anexo 5**).




**Figura II. 8 Ilustración del proceso de las obras mineras.**

### *II.2.2.3 Construcción de obras asociadas o provisionales*

No requiere construcción de infraestructura u obras permanentes, ya que el acceso al proyecto se realiza por un camino rústico ya existente que de acuerdo con la Red Nacional de Caminos (RNC 2024), se trata de una vialidad tipo camino en operación, con circulación en dos sentidos, estatus habilitado, sin pavimento y recubrimiento de tierra, ID de red 1082556 con una longitud de 2,498.3 m.

Las obras asociadas o provisionales están destinadas a apoyar las actividades de explotación minera y se caracterizan por su carácter temporal y su diseño funcional. Entre ellas se incluyen:

- Caminos internos de acceso y circulación, construidos en terracería y trazados aprovechando, en la medida de lo posible, la topografía natural del terreno, a fin de reducir cortes y rellenos.
- Áreas temporales para almacenamiento de material y maniobra de maquinaria, debidamente delimitadas y acondicionadas para evitar la dispersión de partículas y escurrimientos no controlados.

Las instalaciones para servicios, control operativo y administrativas serán provisionales, modelo "King Office Trailer 2005 de Équipement de garage KING" (Figura 9), el cual es una unidad móvil de oficina de tres ejes con suspensión neumática.

Es un semirremolque acondicionado como oficina móvil profesional, diseñado para aplicaciones industriales, minería, construcción, logística y operaciones técnicas en campo. Su configuración permite utilizarlo como:

- Oficina móvil,
- Centro de monitoreo,
- Centro médico,
- Comedor.




**Figura II. 9 Modelo de instalaciones para servicios móviles.**

***Instalaciones sanitarias***

Con el objeto de prevenir impactos negativos sobre los recursos suelo, agua subterránea y atmósfera (olores), así como garantizar condiciones sanitarias adecuadas para el personal del proyecto, se implementará el modelo de sanitario portátil Sanirent EcoPlus 300 en el área de trabajo.

a) Operatividad del sistema

El sanitario EcoPlus 300 opera mediante un sistema de doble cámara estanca: un tanque superior con capacidad de 15 litros para agua limpia mezclada con solución desinfectante y desodorizante biodegradable (certificación EU Ecolabel), y un tanque inferior de 30 litros para almacenamiento hermético de residuos. La descarga se activa manualmente o mediante pedal, liberando únicamente 0.3 litros por uso. Una válvula de retención evita el retorno de olores y la salida de líquidos. Las unidades

cuentan con indicador visual de nivel de llenado (3 segmentos) y anclaje al terreno para garantizar estabilidad.

El mantenimiento y vaciado será realizado exclusivamente por personal autorizado por Sanirent, con frecuencia variable (estimada cada 48-72 horas para una capacidad de 25 personas en operación continua). Los residuos serán extraídos mediante salida rotativa de 4 pulgadas y transportados en camión cisterna sellado hacia una planta de tratamiento de aguas residuales autorizada por la autoridad ambiental competente.

b) Beneficios ecológicos respecto a alternativas convencionales

- Ahorro hídrico: El consumo de 0.3 L/descarga representa un ahorro superior al 95 % frente a un inodoro de arrastre hidráulico (6–9 L), reduciendo la demanda de extracción de agua subterránea o superficial en la zona rural.
- Químicos de bajo impacto ambiental: Los productos utilizados son libres de formaldehído, cloro, fosfatos y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Poseen biodegradabilidad superior al 90 % en 28 días (OECD 301), sin persistencia en suelos ni acuíferos.
- Prevención de contaminación difusa: El sellado hermético de los depósitos evita infiltraciones, derrames o lixiviados que pudieran alcanzar cuerpos de agua superficial o niveles freáticos, comunes en entornos rurales mineros con alta permeabilidad.
- Materiales reciclables y baja huella de carbono: Fabricado con polietileno de alta densidad (HDPE) 100 % reciclable, con vida útil mayor a 10 años. Su diseño liviano (12 kg vacío) y apilable reduce el número de viajes de transporte, minimizando emisiones de GEI.

c) Capacidad y dimensionamiento

La capacidad operativa se ha dimensionado conforme al número máximo estimado de trabajadores en fase de explotación (N = 15 personas por turno). Se dispondrá de una unidad por cada 15 usuarios, de acuerdo con la recomendación de la OMS para campamentos remotos, totalizando 3 unidades EcoPlus 300. La autonomía combinada permitirá un intervalo de vaciado no menor a 48 horas, garantizando la continuidad operativa sin riesgos de desbordamiento.

d) Justificación de su uso en un proyecto minero rural

La adopción del sistema Sanirent EcoPlus 300 se justifica técnica y ambientalmente por los siguientes motivos:

1. Ineficacia de alternativas pasivas: Las letrinas convencionales o pozos sépticos no son viables debido a la alta permeabilidad de los suelos, y la imposibilidad de realizar obras permanentes en terrenos concesionados para extracción minera.
2. Cumplimiento normativo: El sistema garantiza el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021 (límites de contaminantes en aguas residuales vertidas a cuerpos receptores), la NOM-003-SEMARNAT-1997 (reutilización de residuos tratados) y la normativa de seguridad e higiene aplicable a campamentos mineros (STPS).
3. Reducción de riesgos a la salud y comunidad rural: Al evitar la defecación al aire libre o sistemas improvisados, se elimina la exposición de trabajadores y pobladores locales a patógenos (bacterias coliformes, helmintos, virus entéricos), reduciendo el ausentismo y los conflictos socioambientales por contaminación de fuentes de agua usadas por comunidades aledañas.
4. Compatibilidad con el plan de cierre de mina: Al ser un sistema portátil y removible, al término de la vida útil del proyecto no se generan pasivos ambientales asociados a infraestructura de saneamiento enterrada (fosas sépticas, tuberías, pozos de absorción). Las unidades serán retiradas y reutilizadas en otros proyectos o recicladas conforme a la jerarquía de residuos.

e) Medidas de manejo y monitoreo

Se llevará un registro diario de uso, nivel de llenado y fecha de vaciado de cada unidad. El contratista de saneamiento deberá presentar mensualmente los comprobantes de disposición final de residuos en planta autorizada.

La implementación del sistema Sanirent EcoPlus 300 constituye una medida de mitigación de impacto ambiental altamente efectiva, de bajo costo de implementación y nula generación de pasivos permanentes, resultando superior a cualquier solución de saneamiento fijo en el contexto rural del proyecto. Se asegura así la protección de los ecosistemas acuáticos, la calidad del suelo y la salud de los trabajadores y comunidades vecinas, en línea con los principios de sustentabilidad del proyecto.

***Contenedores de residuos sólidos***

Con el objetivo de prevenir impactos negativos sobre el suelo, el agua, el aire y la salud de los trabajadores y comunidades aledañas, se implementará un sistema integral de manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) en todas las áreas operativas, campamento y zonas de descanso del proyecto. Dicho sistema se basa en la colocación estratégica de contenedores codificados por colores, la

separación en fuente, el almacenamiento temporal y la disposición final conforme a la normativa ambiental aplicable.

a) Operatividad del sistema de contenedores

Se dispondrá de un conjunto de contenedores rígidos de polietileno de alta densidad (HDPE) con tapa hermética y sistema de cierre para evitar derrames, proliferación de vectores y emisión de olores. Los contenedores se instalarán en puntos estratégicos del proyecto: oficinas administrativas, comedor y áreas comunes.

El sistema operará bajo el principio de separación en fuente mediante la codificación por colores establecida en la NOM-161-SEMARNAT-2011 y complementada con lineamientos de la SEMARNAT para la gestión integral de RSU. Los colores y su destino serán los siguientes:

**Tabla II. 7 Disposición de contenedores de residuos.**

| Color | Tipo de residuo | Ejemplos |
|---|---|---|
| Verde | Residuos orgánicos | Cáscaras de frutas y verduras, restos de comida, filtros de café, huesos. |
| Azul | Plásticos y envases reciclables | Botellas PET, bolsas, recipientes de plástico. |
| Amarillo | Papel y cartón | Hojas, periódicos, revistas, cajas de cartón, documentos de oficina. |
| Naranja | Residuos no reciclables | Toallas sanitarias, colillas de cigarro, calzado usado, esponjas |
| Gris | Inorgánicos reciclables | Metales, vidrio, cerámica, algunos plásticos. |
| Rojo | Residuos peligrosos | Pilas, baterías, medicamentos caducos, químicos, aceites usados, trapos contaminados |

Cada contenedor contará con señalética clara y gráfica para facilitar la identificación por parte del personal. El personal de limpieza del campamento será capacitado en la correcta separación y manejo de los residuos, así como en la frecuencia de recolección y traslado al área de almacenamiento temporal.

b) Beneficios ambientales del sistema de separación por colores

La implementación del código de colores para la separación de residuos genera los siguientes beneficios ambientales y operativos:

- Aumento de la tasa de reciclaje: Los sistemas de separación por color pueden aumentar hasta en un 60% la tasa de reciclaje en empresas y espacios públicos.

- Reducción de contaminación cruzada: Se evita la mezcla de materiales reciclables con no reciclables o peligrosos, lo que facilita su valorización y reduce el volumen de residuos enviados a disposición final.
- Cumplimiento normativo: El sistema ayuda a cumplir con las disposiciones de la NOM-161-SEMARNAT-2011 y otras políticas locales en materia de residuos.
- Mejora en auditorías ambientales: Empresas que implementan programas de separación por colores obtienen mejores puntajes en auditorías ambientales y certificaciones ISO 14001.
- Reducción de costos: Los residuos mejor separados tienen menores costos de recolección y tratamiento.

c) Capacidad y dimensionamiento

La capacidad del sistema se ha dimensionado conforme al número máximo estimado de trabajadores en fase de explotación (N = 15 personas por turno) más personal administrativo. Se dispondrá de los siguientes elementos:

- Un punto de generación de residuos por cada 15 usuarios, totalizando 1 área de separación con los 6 tipos de contenedores.
- Un área de almacenamiento temporal techada, con piso impermeabilizado con una membrana plástica.
- Contenedores de 120 litros para residuos orgánicos y no reciclables (los de mayor generación), y de 60 litros para las demás fracciones.

La frecuencia de recolección será diaria para residuos orgánicos (para evitar descomposición y olores) y cada 48 horas para las demás fracciones.

d) Justificación de su uso en un proyecto minero rural

La implementación de un sistema de contenedores de RSU con separación en fuente se justifica técnica y ambientalmente por los siguientes motivos:

1. Ausencia de infraestructura municipal de recolección: Las zonas rurales carecen de servicios municipales de recolección de basura, lo que obliga al generador a gestionar sus propios residuos. El sistema propuesto opera de forma autónoma, sin depender de servicios externos.
2. Prevención de contaminación de suelos y cuerpos de agua: El depósito incontrolado de residuos en zonas rurales provoca lixiviados que contaminan suelos y acuíferos, así como la proliferación

de fauna nociva (roedores, insectos). Los contenedores herméticos y el almacenamiento temporal impermeabilizado eliminan estos riesgos.

3. Cumplimiento normativo: El sistema garantiza el cumplimiento de la NOM-161-SEMARNAT-2011 (clasificación y manejo de residuos de manejo especial y RSU), la NOM-083-SEMARNAT-2003 (especificaciones para disposición final) y el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
4. Reducción de riesgos a la salud de trabajadores y comunidades rurales: La gestión inadecuada de RSU genera focos de infección, enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dérmicas. El sistema de contenedores cerrados y separación en fuente reduce drásticamente la exposición a patógenos y vectores.
5. Compatibilidad con el plan de cierre de mina: El sistema de contenedores es removible y no genera pasivos ambientales asociados a infraestructura fija de disposición de residuos. Al término de la vida útil del proyecto, los contenedores serán retirados y reutilizados o reciclados conforme a la jerarquía de residuos.
6. Valorización de residuos: La separación en fuente permite desviar del relleno sanitario una fracción importante de residuos reciclables (papel, cartón, plásticos, metales, vidrio), reduciendo el volumen de disposición final y generando potenciales ingresos por venta de materiales reciclables.

e) Medidas de manejo y monitoreo

- Todo el personal del campamento recibirá capacitación inicial y periódica sobre la correcta separación de residuos, el código de colores y los procedimientos de manejo.
- Se llevará un registro diario de la generación de residuos por fracción (kg/día).
- Los residuos orgánicos serán trasladados diariamente al área de almacenamiento y posteriormente transportados a una planta de compostaje autorizada para su tratamiento y valorización.
- Los residuos reciclables (plástico, papel, cartón, vidrio, metal) serán almacenados separadamente y enviados a un centro de acopio o reciclador autorizado con una frecuencia semanal.
- Los residuos no reciclables serán transportados a un relleno sanitario autorizado conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- Los residuos peligrosos (pilas, baterías, aceites, etc.) serán manejados por separado y entregados a un gestor autorizado para su disposición final conforme a la normativa aplicable.
- Se realizarán auditorías trimestrales del sistema de gestión de residuos y se presentarán informes semestrales a la autoridad ambiental con los volúmenes generados, reciclados y dispuestos, así como los comprobantes de disposición final.

La implementación del sistema de contenedores para RSU con separación en fuente y código de colores constituye una medida de mitigación de impacto ambiental altamente efectiva, de bajo costo de implementación y nula generación de pasivos permanentes, resultando superior a cualquier solución improvisada de disposición de residuos en el contexto rural minero. Se asegura así la protección de los ecosistemas, la calidad del suelo y del agua, y la salud de los trabajadores y comunidades vecinas, en línea con los principios de minería sustentable y economía circular.

El diseño y ubicación de estas obras permite su retiro al término de las actividades correspondientes, facilitando la aplicación de medidas de rehabilitación y la recuperación funcional del sitio.

Medidas de reducción de impactos ambientales:

- La selección de la ruta de acceso utilizando la infraestructura vial existente minimizó impactos ambientales.
- El diseño de los caminos internos en la explotación de la mina cumplirá con la normativa SCT de drenaje y taludes, lo que garantiza la estabilidad de cortes, terraplenes además reducirá la erosión y sedimentación en cuerpos de agua cercanos.
- Las obras provisionales son retiradas al finalizar la construcción, y las áreas afectadas se restauran.
- No se emplean explosivos ni sustancias peligrosas en la construcción de obras asociadas, limitando el riesgo de contaminación de suelo y agua.

### *II.2.2.4 Operación y mantenimiento*

**Operación minera:** La extracción se realiza a cielo abierto con equipo convencional (excavadoras, cargadoras, camiones de acarreo, bulldozers, motoniveladoras). La minería es selectiva, separando en el frente de trabajo los materiales de yeso y montmorillonita para evitar contaminación cruzada. Se opera en turnos de 8 horas, 330 días al año. La producción nominal es de hasta 330,000 tpa de material con yeso y hasta 1,080,000 tpa de material con montmorillonita.

**Mantenimiento:** Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo a la flota de equipos. Los repuestos y componentes de desgaste se reemplazan conforme a los programas establecidos. Es importante señalar que estos mantenimientos se llevarán a cabo fuera del sitio del proyecto y serán responsabilidad del prestador de servicios o de talleres especializados bajo contrato.

Al realizarse fuera del área de operación, no se generan aceites usados, baterías u otros residuos que pudieran clasificarse como de manejo especial o peligrosos dentro del sitio del proyecto.

**Mantenimiento de infraestructuras:** Se inspeccionan y limpian periódicamente las bermas de captación, los sistemas de drenaje (cunetas y alcantarillas) y las áreas de almacenamiento. Se lleva un registro de los taludes de la mina para detectar signos de inestabilidad. El sistema satelital de comunicaciones (Starlink) asegura la transmisión de datos operativos y de monitoreo ambiental.

Los caminos internos y la carretera de acceso reciben nivelado periódico y limpieza de cunetas y alcantarillas.

### *II.2.2.5 Abandono del sitio*

En congruencia con la orientación técnica de los rubros anteriores, durante la etapa de abandono del sitio (post-operación) se prevé la ejecución de programas de operación y mantenimiento enfocados en asegurar condiciones adecuadas de seguridad, control ambiental y funcionalidad temporal de las instalaciones que permanezcan activas durante el cierre. De manera general, los servicios que se brindarán en esta fase comprenden la vigilancia y control de accesos, la supervisión ambiental del sitio, el mantenimiento básico de caminos internos y obras de drenaje pluvial, la operación temporal de sistemas auxiliares para manejo de aguas pluviales o residuales, así como las actividades necesarias para el retiro ordenado de infraestructura, limpieza del predio y seguimiento post-cierre. Las tecnologías por utilizar estarán orientadas principalmente a la prevención, recolección, conducción, tratamiento y control de trampas de sedimentos, cunetas y canales de desvío, sistemas de retención para aguas de contacto, contenedores para segregación de residuos, equipos de humectación para control de polvo, y maquinaria con mantenimiento preventivo para reducir emisiones atmosféricas y ruido.

Concluida la vida útil del banco de material, se ejecutará un programa de abandono del sitio orientado a eliminar riesgos, estabilizar las áreas intervenidas y restituir, en la medida de lo técnicamente viable, las condiciones ambientales y funcionales del predio. Este programa prioriza medidas de rehabilitación física y biológica, compensación por impactos residuales que no puedan eliminarse totalmente y restitución de servicios ecológicos, drenajes naturales y condiciones de seguridad para el uso posterior del sitio.

- **Desmantelamiento y retiro de infraestructura:** se desmontarán equipos, instalaciones temporales, líneas de conducción, almacenes y superficies endurecidas que ya no sean necesarias;

los materiales aprovechables se retirarán para reúso o reciclaje y los residuos se manejarán y dispondrán conforme a la normatividad aplicable.

- **Rehabilitación geomorfológica y estabilización:** los taludes, bancos y superficies alteradas se reperfilarán para alcanzar condiciones estables; se construirán o rehabilitarán cunetas, bajantes y obras de control de escorrentía para prevenir erosión, azolves y arrastre de sedimentos fuera del polígono del proyecto.
- **Rehabilitación de suelos:** se realizará descompactación, redistribución de suelo orgánico previamente acopiado, incorporación de materia orgánica y, en caso necesario, enmiendas para mejorar estructura, infiltración y capacidad de soporte para la revegetación.
- **Revegetación y restitución ecológica:** se establecerá cobertura vegetal con especies nativas, priorizando aquellas que favorezcan la estabilidad del suelo, la conectividad del hábitat y la recuperación progresiva de funciones ecológicas. La plantación se complementará con riego de establecimiento, reposición de marras y control de especies invasoras cuando sea necesario.
- **Medidas de compensación:** en caso de persistir impactos residuales no mitigables por completo, se aplicarán acciones compensatorias tales como restauración de superficies equivalentes o de mayor valor ambiental, enriquecimiento de vegetación nativa y apoyo a medidas de conservación local, procurando una ganancia neta en funcionalidad ecológica respecto de la condición final intervenida.
- **Medidas de restitución y seguridad del sitio:** se clausurarán accesos de riesgo, se colocará señalización preventiva donde proceda y se definirán restricciones de uso para áreas que requieran estabilización adicional. En paralelo, se buscará que el predio quede en condiciones compatibles con el uso futuro acordado para el terreno, ya sea conservación, regeneración natural asistida o aprovechamiento compatible de baja intensidad.
- **Monitoreo y mantenimiento post-cierre:** durante al menos tres años, o el periodo que determine la autoridad, se verificará la estabilidad física del sitio, el desempeño de la revegetación, la calidad del escurrimiento superficial y la eficacia de las medidas de control. Si se detectan fallas, se ejecutarán acciones correctivas hasta alcanzar criterios de estabilidad, cobertura vegetal y seguridad previamente definidos.

De manera referencial, el abandono del sitio se desarrollará en tres fases: **fase 1**, retiro y desmantelamiento de instalaciones; **fase 2**, rehabilitación física, manejo de suelos y restitución de drenajes; y **fase 3**, revegetación, compensación y monitoreo post-cierre. La conclusión de esta etapa estará sujeta a la verificación de que no subsisten riesgos inaceptables para las personas o el ambiente, que las superficies intervenidas presentan estabilidad física y cobertura vegetal funcional, y que las medidas de compensación y restitución han sido implementadas y documentadas satisfactoriamente.

### II.2.3 Utilización de explosivos

El proyecto no requerirá la utilización de explosivos.

### II.2.4 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Se describen los residuos y emisiones previstas durante las fases de construcción, operación y cierre del proyecto La Palmera, así como las medidas de manejo, control y disposición final propuestas, en concordancia con la normatividad ambiental aplicable en México (LGEEPA y reglamentos estatales de Morelos). El proyecto se caracteriza por el manejo de minerales industriales no peligrosos, una huella superficial limitada y la ausencia de almacenamiento de relaves.

#### *II.2.4.1 Residuos sólidos*

Tipos de residuos sólidos

Los residuos sólidos generados se clasificarán en:

- Residuos de manejo especial (no peligrosos):
  - Material estéril e intercarga: Rocas y sedimentos sin valor económico (contenido de yeso <50% y montmorillonita <25%), generados durante la extracción y la preparación del tajo.
  - Polvo capturado: Material particulado recuperado por los sistemas de control de emisiones (filtros de mangas, ciclones).

- Residuos peligrosos:
  - Aceites y lubricantes usados: Procedentes del cambio de aceite en equipos móviles (camiones, excavadoras, perforadoras) y componentes fijos (molinos).
  - Filtros de aceite y combustible, trapos contaminados.

Nota: Como ya se refirió anteriormente, el mantenimiento de quipo y maquinaria se realizaría fuera del sitio del proyecto, por lo tanto, esta clasificación solo se considera ante cualquier riego o peligro por derrame accidental.

- Residuos sólidos urbanos:

- Residuos orgánicos e inorgánicos de las instalaciones administrativas, comedor y vestidores (papel, plástico, restos de comida).

Manejo y disposición final

- **Material estéril e intercarga:** Colocado en áreas de almacenamiento temporal diseñadas dentro de la propiedad (botaderos), con control de taludes y drenaje. Se utilizará progresivamente para restauración morfológica y programa de abandono, mitigación y abandono durante el cierre de minas.
- **Residuos sólidos urbanos:** Almacenados en contenedores cerrados y diferenciados para su separación de acuerdo con la NOM y recolectados por el servicio municipal de limpia o transportados a un sitio de disposición final autorizado (en el relleno sanitario Rancho coronel).

No se generan relaves mineros ni depósitos de lixiviación, eliminando riesgos asociados a presas de jales.

### *II.2.4.2 Residuos líquidos y aguas residuales*

Tipos de efluentes líquidos

- **Aguas residuales domésticas:** Procedentes de sanitarios, lavamanos en oficinas y campamento.
- **Agua de proceso recirculada:** Agua utilizada en el proceso de beneficio (principalmente humectación para control de polvo y ajuste de humedad en arcilla). Su manejo es en circuito cerrado.
- **Escorrentía pluvial:** Agua de lluvia que entra en contacto con áreas de extracción, botaderos o patios de almacenamiento.

Manejo y disposición

- Aguas residuales domésticas: Acopiadas y dispuestas fuera de la obra por el proveedor de sanitarios portátiles NOM-001-SEMARNAT-2021. El efluente tratado se reutilizará para riego de áreas verdes o supresión de polvo.
- Agua de proceso: Se utilizará un sistema de recirculación de agua (estanques espesadores y de clarificación) con el fin de minimizar la extracción de agua fresca y lograr descarga cero de efluentes industriales.
- Escorrentía pluvial y aguas de lavado: Conducidas mediante canales perimetrales y zanjas de desviación a un sistema de captación y sedimentación (lagunas de tormenta). El agua

sedimentada se reutiliza en procesos o riego. Se evitará el contacto directo con áreas de almacenamiento de materiales.

- Política de descarga cero: No se prevé la descarga de aguas residuales industriales tratadas a cuerpos receptores superficiales o subterráneos.

### *II.2.4.3 Emisiones a la atmósfera y ruido*

***Emisiones de polvos y gases de combustión***

- Fuentes de emisión:
  - Polvo fugitivo: Operaciones de perforación, carga, transporte, trituración y clasificación; también en caminos no pavimentados.
  - Gases de combustión: Equipos móviles diésel (camiones, excavadoras), equipos fijos (generador de emergencia).

- Manejo y control:
  - Aspersión de agua en caminos y frentes de trabajo (camiones cisterna).
  - Cabinas cerradas en equipos móviles.
  - Mantenimiento adecuado de motores diésel para minimizar emisiones de NOx, CO y partículas.

- Compuestos orgánicos volátiles (COVs): No se utilizan reactivos orgánicos ni disolventes en el procesamiento principal, por lo que no se generan emisiones significativas de COVs.

***Emisión de ruido***

a) Intensidad en decibeles y duración del ruido por actividad

**Tabla II. 8 Niveles de emisión de ruidos.**

| Actividad / Fuente | Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq) a 1 m [dB(A)] | Duración / Patrón | Etapa |
|---|---|---|---|
| Perforación (rotación/percusión) | 110 – 120 | Intermitente / Diurna (8-10 h) | Mina |
| Excavadoras (desgarre/carga) | 95 – 105 | Continua durante turno | Mina |
| Cargadores frontales / retroexcavadoras | 85 – 95 | Continua durante turno | Mina |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Camiones de acarreo (maniobras) | 85 – 90 | Continua durante turno | Mina / Transporte |

Nota: Los niveles presentados son valores típicos para equipos minero-industriales de similar capacidad y serán verificados durante el Estudio de Viabilidad. Los límites permisibles de ruido en el exterior de la propiedad industrial se rigen por la NOM-081-SEMARNAT-1994 y los ordenamientos estatales (máximo 68 dB(A) en horario diurno y 65 dB(A) en nocturno para zona industrial).

b) Fuentes emisoras de ruido de fondo (operación normal)

- Maquinaria pesada móvil: perforadoras, excavadoras, cargadores, camiones de acarreo, bulldozers, motoconformadoras, camiones cisterna.
- Sistemas auxiliares: bombas de agua (recirculación), para sistemas de perforación en la etapa de exploración.

No se emplean turbo-generadores ni contrapozos de gran escala en el proyecto.

c) Emisión estimada del ruido y modelación

Para la estimación de la propagación del ruido se utilizará el **modelo de simulación ISO 9613-2:1996** *"Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation"*.

Los supuestos a considerar son:

- **Perfil del terreno:** Topografía semi-plana con pendientes suaves, cobertura de pastizal y selva baja caducifolia (absorción mixta).
- **Condiciones atmosféricas:** Temperatura promedio 22°C, humedad relativa 60%, presión atmosférica estándar, viento predominante de dirección NE-SO (se considera condición de propagación favorable).
- **Fuentes:** Modeladas como fuentes puntuales (equipos fijos) y fuentes lineales o móviles (camiones, equipos en movimiento).
- **Receptores:** Límites de la propiedad industrial y puntos sensibles (viviendas más cercanas a 800 m del límite del predio).

- **Atenuación:** Se considera atenuación geométrica (divergencia esférica), absorción atmosférica (según ISO 9613-1), efecto de suelo (porosidad), y apantallamiento por topografía y barreras acústicas.

d) Dispositivos de control de ruido

**Tabla II. 9 Fuentes de ruido y medidas de control.**

| Fuente emisora | Dispositivo / Medida de control | Ubicación |
|---|---|---|
| Perforadora, excavadora, camión de acarreo | Silenciadores de escape (tipo reactivo/absorbente), cabinas insonorizadas (con acristalamiento y paneles fonoabsorbentes), mantenimiento de rodamientos y tren motriz. | A bordo de cada equipo. |
| Vías de acarreo internas | Limitación de velocidad (≤30 km/h), mantenimiento continuo de superficie (reducen emisión por vibración). | Caminos en mina. |
| Límite de propiedad (perimetral) | Construcción de barreras acústicas de tierra (bermas) o pantallas de madera/panel metálico fonoabsorbente de 2.5-3.0 m de altura en dirección a los receptores sensibles más cercanos. | Colindancias sur y sureste del predio. |

Adicionalmente, se implementará un programa de monitoreo de ruido ocupacional para los trabajadores (NOM-011-STPS-2001) y un plan de comunicación con la comunidad para atender cualquier queja.

### *II.2.4.4 Infraestructura para el manejo y disposición adecuado de los residuos*

Contenedores de residuos sólidos.

### *II.2.4.5 Otras fuentes de daños.*

***Contaminación lumínica***

En general el turno de actividades será diurno, limitando a actividades nocturna solo las correspondientes a vigilancia.

a) Fuentes generadoras

- Luces de equipos móviles (camiones, excavadoras).
- Posibles emisiones de luz directa hacia el cielo.

b) Cálculo estimado y duración

El flujo luminoso total instalado se estima en 450,000 lúmenes (equivalente a unos 4,500 W de potencia LED). La intensidad lumínica efectiva en el horizonte (contribución a la contaminación luminosa) depende del apantallamiento. Sin medidas de control, el brillo del cielo nocturno podría incrementarse localmente hasta en un 5% en un radio de 1 km, estas actividades nocturnas solo se limitan a actividades de vigilancia.

c) Medidas de control

- Empleo de luminarias tipo **full cutoff** (corte total) que dirigen el 100% de la luz hacia abajo.
- Temperatura de color ≤ 3000 K (ámbar) para reducir la dispersión atmosférica.
- Apagado o atenuación de iluminación no crítica durante horas de baja actividad.
- Sensores de movimiento en áreas de circulación intermitente.
- No se utilizarán proyectores apuntando al cielo.

Con estas medidas, la contaminación lumínica será insignificante y no afectará a ecosistemas sensibles ni a comunidades cercanas. No se requiere modelación avanzada.

## II.3 Posibles accidentes con daño ambiental

a) Accidentes aplicables al proyecto La Palmera

Dado que el proyecto no incluye minería subterránea, no posee presa de jales (relaves), no realiza lixiviación en montones ni utiliza cianuro (NaCN), los accidentes típicos de la gran minería metálica no aplican. Los riesgos ambientales relevantes se limitan a:

1. Derrumbes de paredes del tajo a cielo abierto.
2. Colapso de botaderos de estéril o intercarga.
3. Derrames de hidrocarburos (aceites, diésel) de los equipos.
4. Incendios forestales.

A continuación, se analiza con detalle el derrumbe de taludes, por ser el más relevante geotécnicamente.

b) Derrumbe de paredes del tajo a cielo abierto

- **Probabilidad:** Baja a moderada. Se han definido dominios geotécnicos y ángulos de talud conservadores (28° a 40° según dominio). El principal mecanismo de fallo esperado es cuñas o desprendimientos a escala de banco, no derrumbes masivos inter-rampas. La probabilidad de un colapso de gran magnitud (>100,000 $m^3$) se estima en <5% durante la vida útil, asumiendo cumplimiento del diseño.
- **Área afectada:** Dentro del propio tajo y eventualmente sobre bermas o caminos internos; podría sobrepasar el límite del predio si el talud es muy alto y orientado hacia fuera, pero el diseño geométrico evita esa condición.
- **Recursos dañados:** Pérdida de suelo vegetal en el área de caída, interrupción de caminos, daños a equipos, posible obstrucción de drenajes. No afectarían ecosistemas protegidos fuera de la concesión.

- Medidas preventivas:
  - Implementación estricta de los parámetros de diseño de taludes.
  - Monitoreo geotécnico con prismas y extensómetros en bancos críticos.
  - Inspección visual diaria y escalado de rocas sueltas.
  - Desvío de escorrentías para evitar saturación de horizontes arcillosos.
  - Restricción de operaciones en condiciones de lluvia intensa.

- Medidas de contingencia:
  - Plan de respuesta ante derrumbe: evacuación de la zona afectada, retiro de equipos, estabilización del talud mediante pernos o banqueo adicional.
  - Notificación a la autoridad ambiental local (SDS Morelos) y a la comunidad si hubiera riesgos externos.
  - Rehabilitación geomorfológica del área y revegetación.

c) Colapso de botaderos de estéril

- Probabilidad: Baja, ya que los botaderos se construirán en terrenos estables, con taludes escalonados (ángulo ≤ 28°), drenaje y compactación controlada.
- Área afectada: Restringida al área del botadero y zonas aguas abajo hasta 200 m (caída de detritos).
- Recursos dañados: Cubrimiento de vegetación nativa (selva baja caducifolia) dentro de la propiedad, posibles afectaciones a corrientes intermitentes si el colapso es severo.

- Medidas preventivas: Diseño ingenieril con control de estabilidad, bermas de contención, monitoreo topográfico de asentamientos, y restricción de alturas de banco.
- Contingencia: Reparación del talud, retiro del material deslizado, restauración hidrológica.

d) Derrames de hidrocarburos e incendios

- Probabilidad: Moderada (por operación de flota de equipos diésel). Se dispondrá de un plan de manejo de residuos peligrosos y derrames.
- Área afectada: Localizada (áreas de carga y estacionamiento). Puede alcanzar suelo y, por escorrentía, una quebrada cercana si no se contiene.
- Medidas preventivas: No se almacenarán combustibles y aditivos en el sitio del proyecto.
- Contingencia: Contención mecánica con barreras absorbentes, extracción de suelo contaminado y entrega a gestor autorizado. Notificación a la autoridad ambiental si afecta cuerpos de agua.

e) Otros accidentes (no aplicables):

- No hay presa de jales ; se excluye riesgo de falla.
- No hay minería subterránea ; se excluye colapso de minas subterráneas.
- No hay lixiviación con NaCN ; se excluye formación de nubes tóxicas.
- Poblaciones humanas cercanas: La comunidad más próxima se encuentra a más de 800 m, sin riesgos tóxicos a distancia.
- Especies bajo protección: En caso de accidente con derrame de combustible de vehículos o maquinaria en área de vegetación nativa, se implementará un programa de rescate y reubicación de flora y fauna conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 Programas Ahuyentamiento Rescate y Reubicación de Fauna, así como Vegetación Silvestre (**Anexo 4**).

## II.4 Método de evaluación y memorias de calculo

Ninguno de los escenarios analizados representa un riesgo fatal para el medio ambiente o las comunidades aledañas, siempre que se implementen las medidas de prevención y contingencia descritas.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo III

## CONTENIDO

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO ..... 3
III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) ..... 3
III.2 Tratados Internacionales ..... 4
III.3 Legislación Federal ..... 4
III.3.1 Leyes y sus Reglamentos ..... 4
III.3.2 Normas Oficiales Mexicanas ..... 8
III.3.3 Instrumentos sectoriales ..... 10
III.4 Legislación Estatal ..... 11
III.5 Legislación Municipal ..... 11
III.6 Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial ..... 13

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla III. 1 Vinculación con la CPEUM. ..... 3
Tabla III. 2 Vinculación con tratados internacionales. ..... 4
Tabla III. 3 Vinculación con la LGEEPA. ..... 5
Tabla III. 4 Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de Impacto Ambiental. ..... 6
Tabla III. 5 Vinculación con la Ley Minera. ..... 6
Tabla III. 6 Vinculación con la LGDFS. ..... 7
Tabla III. 7 Vinculación con la LGPGIR y LFRA. ..... 7
Tabla III. 8 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental (SEMARNAT). ..... 8
Tabla III. 9 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad y ambiente laboral (STPS). ..... 10
Tabla III. 10 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental (SSA). ..... 10
Tabla III. 11 Vinculación con el PSE. ..... 11
Tabla III. 12 Vinculación con la legislación municipal. ..... 12
Tabla III. 13 Vinculación con el POEGT. ..... 14
Tabla III. 14 Vinculación con el POEREM. ..... 15

# III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

Conforme a las disposiciones legales que determina la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en la sección V. Evaluación de Impacto Ambiental, y el Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) en su capítulo II. De las obras o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental y de las excepciones, y capítulo III. Del procedimiento para la evaluación del impacto ambiental, en este capítulo, se identifica y se analiza el marco jurídico ambiental aplicable a nivel Federal, Estatal y Municipal, a los cuales deberá ceñirse el desarrollo y ejecución de las acciones y actividades del proyecto La Palmera. Adicionalmente, se incluyen los instrumentos de planeación que determinan el uso de suelo en el área establecida para el proyecto e instrumentos jurídico administrativos aplicables.

## III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

*Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Última reforma, 3 de marzo de 2026.* La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce el derecho humano a un medio ambiente sano, establece la distribución de competencias ambientales entre los tres órdenes de gobierno y prevé obligaciones vinculadas con el trabajo digno y la prestación de servicios municipales. En ese sentido, el proyecto La Palmera deberá ejecutarse bajo criterios de prevención, mitigación, restauración y cumplimiento normativo, particularmente respecto de la protección de flora y fauna, manejo de residuos, seguridad laboral y observancia de las autorizaciones ambientales aplicables.

**Tabla III. 1 Vinculación con la CPEUM.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **Artículo 4.** Derecho a un medio ambiente sano y protección de los animales. | El proyecto se ejecutará cumpliendo la LGEEPA y demás disposiciones ambientales. Se prevén monitoreos de flora y fauna, medidas de protección a especies nativas, rescate de fauna durante el desmonte selectivo, ausencia de explosivos y reducción de riesgos mediante control operativo. |
| **Artículo 73, fracción XXIX-G.** Facultades del Congreso para establecer concurrencia ambiental entre Federación, entidades federativas y municipios. | El proyecto observa la legislación federal, estatal y municipal aplicable, incluyendo la LGEEPA, la Ley Minera, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la normatividad de residuos y los instrumentos de ordenamiento ecológico. |
| **Artículo 115.** Servicios públicos municipales, incluyendo limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. | Los residuos sólidos urbanos se almacenarán en contenedores cerrados y diferenciados, y se dispondrán en sitio autorizado por el municipio o mediante prestador autorizado, verificando el cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. |

| | |
|---|---|
| **Artículo 123.** Derecho al trabajo digno y socialmente útil. | El proyecto generará empleos directos e indirectos, priorizará mano de obra local y proporcionará equipo de protección personal conforme a las normas STPS aplicables. |

## III.2 Tratados Internacionales

*Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, adoptados el 25 de septiembre de 2015.* El proyecto se vincula con los ODS mediante medidas de gestión hídrica, producción responsable, empleo seguro y protección de ecosistemas terrestres. En particular, se prevé la operación con descarga cero de aguas residuales industriales, recirculación de agua de proceso, manejo integral de residuos, restauración progresiva y rescate de flora y fauna.

**Tabla III. 2 Vinculación con tratados internacionales.**

| Objetivo | Meta | Vinculación con el proyecto |
|---|---|---|
| ODS 6. Agua limpia y saneamiento | 6.3 Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación. | El proyecto operará con descarga cero de aguas residuales industriales, recirculará el agua de proceso y conducirá escorrentías pluviales a sistemas de captación y sedimentación. |
| ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico | 8.2 y 8.8 Productividad, diversificación y entornos laborales seguros. | La Palmera diversificará la economía local mediante aprovechamiento de yeso y montmorillonita, generando empleo con medidas de seguridad y capacitación. |
| ODS 12. Producción y consumo responsables | 12.5 Reducción, reciclaje y reutilización de desechos. | Se aplicará separación de residuos, reúso de materiales, manejo de residuos mineros y disposición autorizada de residuos sólidos urbanos. |
| ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres | 15.5 Reducir la degradación de hábitats y proteger especies amenazadas. | Se tramitará el CUSTF, se implementará rescate de flora y fauna, revegetación con especies nativas y restauración progresiva de áreas intervenidas. |

## III.3 Legislación Federal

### III.3.1 Leyes y sus Reglamentos

**Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).** *DOF 28 de enero de 1988. Última reforma 19 de enero de 2026.* El proyecto se vincula con los artículos 1, 5, 8, 28, 30, 83, 98, 99, 108, 109 y 121, al requerir autorización en materia de impacto ambiental por actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales, así como por el cambio de uso de suelo forestal. La Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular identifica impactos, propone medidas de

prevención, mitigación y restauración, y establece la política de descarga cero para aguas residuales industriales.

**Tabla III. 3 Vinculación con la LGEEPA.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Artículo 1 (objeto: garantizar medio ambiente sano, desarrollo sustentable, preservación, restauración, control de contaminación, etc.) | El proyecto se fundamenta en el cumplimiento de todas las directrices de esta Ley, asegurando el equilibrio entre el desarrollo sustentable y la conservación, protección, restauración y el derecho a un medio ambiente sano. |
| Artículo 5, fracciones X y XIV (facultades de la Federación: evaluación de impacto ambiental, regulación de actividades mineras por sus efectos ecológicos) | A través de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular, se busca la evaluación y autorización de la autoridad competente para llevar a cabo las actividades del proyecto La Palmera. |
| Artículo 8, fracción IV (facultades municipales en residuos sólidos urbanos no peligrosos) | Los residuos sólidos urbanos generados serán acopiados en contenedores y transportados al sitio de disposición final que determine el municipio. |
| Artículo 28, fracciones III y VII (obras que requieren autorización en materia de impacto ambiental: exploración, explotación y beneficio de minerales; cambio de uso de suelo forestal) | El proyecto realizará actividades de exploración, explotación y beneficio de yeso y montmorillonita, y se tramitará el CUSTF ante SEMARNAT, minimizando y mitigando el impacto ambiental. |
| Artículo 30 (contenido de la manifestación de impacto ambiental) | Se presenta la MIA Particular con la información requerida para obtener la autorización correspondiente. |
| Artículo 83 (aprovechamiento de recursos naturales en hábitat de especies) | Con base en los monitoreos de biodiversidad, se determinará el estatus de conservación de las especies y se generarán las mitigaciones necesarias. |
| Artículo 98 (criterios para preservación y aprovechamiento sustentable del suelo) | El suelo actualmente está impactado por agostadero. Se limitará la remoción, se acopiará suelo orgánico para restauración, se conformarán taludes estables, no se usarán explosivos, y al final se ejecutarán obras de conservación de suelo y agua. |
| Artículo 99, fracción XI (criterios ecológicos para actividades de extracción de materias del subsuelo) | Se consideran los lineamientos y criterios ecológicos durante todas las etapas del proyecto para conservar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. |
| Artículo 108 (expedición de NOMs para control de calidad del agua, protección de suelos, flora, fauna y depósitos de desmontes) | Se identifican las NOMs aplicables para ejecutar en total apego a ellas. |
| Artículo 109 (observancia de NOMs por titulares de concesiones mineras) | Ídem. |
| Artículo 121 (prohibición de descargas sin tratamiento) | No se generarán aguas residuales industriales (circuito cerrado). Las escorrentías se conducen a lagunas de tormenta. Las aguas sanitarias se tratan mediante sanitarios portátiles y se disponen fuera del predio. Política de descarga cero. |

**Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.** *DOF 30 de mayo de 2000. Última reforma 31 de octubre de 2014.* Conforme a los artículos 5, 9, 10, 11, 12, 17 y 47, el proyecto requiere la presentación de una MIA Particular ante SEMARNAT y deberá ejecutarse únicamente una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes, observando las condicionantes y Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

**Tabla III. 4 Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de Impacto Ambiental.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Artículo 5, fracción L (exploración, explotación y beneficio de minerales, así como cambio de uso de suelo forestal) | Se busca la autorización de SEMARNAT mediante esta MIA Particular, ya que el proyecto se ubica en zona ganadera con vegetación de selva baja caducifolia secundaria. |
| Artículos 9, 10, 11, 12, 17 (presentación de MIA en modalidad particular, contenido y anexos) | La MIA Particular se presenta conforme a lo dispuesto, contemplando la información requerida y la estructura solicitada. |
| Artículo 47 (ejecución sujeta a la resolución y a las NOMs aplicables) | El proyecto se ejecutará una vez obtenidas las autorizaciones y cumpliendo lo señalado por la Secretaría y demás normas. |

**Ley General de Minería.** *DOF 26 de junio de 1992. Última reforma 8 de agosto de 2023.* El proyecto comprende actividades de exploración, explotación y beneficio de yeso y montmorillonita como minerales industriales, por lo que deberá apegarse a los derechos y obligaciones del titular de la concesión, a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable previstos en los artículos 2, 3, 4, 6, 19 y 27.

**Tabla III. 5 Vinculación con la Ley Minera.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Artículos 2, 3 y 4 (definición de exploración, explotación, beneficio; inclusión de yeso y montmorillonitas como minerales industriales) | El proyecto La Palmera considera la exploración, explotación y beneficio de yeso y montmorillonita, por lo que se dará observancia y cumplimiento a las disposiciones de esta Ley. |
| Artículo 6 (actividades de utilidad pública, protección al ambiente, desarrollo sustentable) | Las actividades se han sujetado a las disposiciones de la autoridad competente, garantizando la protección ambiental y un desarrollo equilibrado y sustentable. |
| Artículo 19 (derechos del titular de la concesión) | El proyecto se alinea a la concesión minera que ampara las actividades, sin ocupar superficies fuera de la concesionada. |
| Artículo 27 (obligaciones del titular) | Se considera el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley y los lineamientos de las autoridades competentes. |

**Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento.** El proyecto tramitará la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales por la remoción de vegetación de selva baja caducifolia secundaria. Asimismo, deberá presentar el estudio técnico justificativo, realizar el

depósito de compensación ambiental al Fondo Forestal Mexicano y aplicar acciones de restauración y reforestación conforme a las disposiciones legales y reglamentarias.

**Tabla III. 6 Vinculación con la LGDFS.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Artículo 93 (autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, con estudio técnico justificativo) | Además de la MIA Particular, el proyecto tramitará la autorización de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales (CUSTF), toda vez que será removida vegetación de selva baja caducifolia secundaria. |
| Artículo 98 (depósito ante el Fondo Forestal Mexicano por concepto de compensación ambiental) | Se realizará el depósito correspondiente para acciones de restauración de los ecosistemas afectados. |
| Artículo 138 (terrenos forestales, aunque pierdan cubierta forestal) | Se solicitará la autorización de CUSTF presentando el estudio técnico justificativo conforme a los artículos 139 y 141. |
| Artículos 139 y 141 (contenido de la solicitud y del estudio técnico justificativo) | Se presentará la documentación e información que indican las disposiciones reglamentarias. |

**Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA).** Los residuos mineros, sólidos urbanos y peligrosos serán manejados mediante planes de manejo, separación, almacenamiento seguro, valorización y disposición autorizada. En materia de responsabilidad ambiental, los impactos deberán ser previamente identificados, evaluados, mitigados y autorizados mediante la MIA y el CUSTF, cumpliendo las condicionantes que emitan las autoridades competentes.

**Tabla III. 7 Vinculación con la LGPGIR y LFRA.**

| Artículo aplicable | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Artículo 1 (objeto: garantizar medio ambiente sano, desarrollo sustentable, prevención, valorización y gestión integral de residuos) | Toda generación de residuos será observada conforme a esta Ley, dando cumplimiento a la protección ambiental, economía circular y generación de empleos. |
| Artículo 5 (definiciones: disposición final, residuo, residuos de manejo especial, residuos mineros, residuos sólidos urbanos) | Se generarán residuos mineros (material estéril, intercarga, polvo capturado), residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos (aceites, lubricantes usados, filtros, trapos contaminados). Todos serán manejados conforme a la normatividad aplicable. |
| Artículo 6 (no se considera daño al ambiente cuando los impactos han sido manifestados, identificados, evaluados, mitigados y autorizados previamente mediante MIA o CUSTF) | El proyecto ejecutará actividades una vez que cuente con la autorización en materia de impacto ambiental (MIA Particular) y de cambio de uso de suelo forestal, cumpliendo con las condicionantes y asegurando el menor impacto al medio ambiente. |
| Artículo 10 (facultades municipales para manejo de RSU) | Los RSU serán recolectados en contenedores y transportados al relleno sanitario indicado por el municipio. |

| | |
|---|---|
| Artículo 17 (residuos mineros: responsabilidad permanente e intransferible del titular de la concesión) | En el proyecto no se consideran presas de jales ni patios de lixiviación. El material estéril e intercarga se colocará en botaderos temporales con control de taludes y drenaje, para uso progresivo en restauración. El polvo capturado se minimizará con humectación. La disposición final será bajo responsabilidad del promovente. |
| Artículo 31 (planes de manejo para residuos peligrosos, ej. aceites lubricantes usados) | El proyecto cuenta con un Plan de Manejo de residuos peligrosos y derrames. |
| Artículo 40 (manejo de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos conforme a la Ley, Reglamento y NOMs) | Se dará cumplimiento estricto. |

### III.3.2 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto comprenden disposiciones ambientales, de seguridad laboral y de salud ambiental. Su cumplimiento se reflejará en el control de partículas, emisiones, ruido, residuos peligrosos, residuos mineros, especies en riesgo, exploración minera, seguridad en minas a cielo abierto, manejo de materiales, uso de equipo de protección personal y calidad del aire.

**Tabla III. 8 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental (SEMARNAT).**

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-035-SEMARNAT-1993** – Establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. | Los residuos sólidos urbanos generados durante la estancia de los trabajadores en el predio (aproximadamente 0.5 t/mes) serán almacenados en contenedores cerrados y diferenciados para su separación. Su disposición final se realizará en el relleno sanitario regional autorizado por el municipio de Tlaltizapán de Zapata o en el sitio que indique la autoridad municipal competente. El promovente verificará que dicho sitio cumpla con las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, en particular en lo relativo a la impermeabilización de base, control de lixiviados, monitoreo de aguas subterráneas y cobertura diaria de residuos. En caso de que el municipio no cuente con un sitio conforme, se contratará a un prestador de servicios autorizado por SEMARNAT para el manejo y disposición final de RSU. |
| **NOM-043-SEMARNAT-1993** – Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. | Durante las etapas de exploración y explotación, el proyecto La Palmera se ajustará a los límites máximos permisibles de esta norma a través del control de polvo por humectación. El beneficio de los materiales no se llevará a cabo durante este proyecto. |

| | |
|---|---|
| **NOM-081-SEMARNAT-1994** – Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. | El proyecto La Palmera vigilará que la emisión de ruido por parte de la maquinaria y los trabajos realizados en el predio no sobrepase los límites referidos en esta norma, considerando la protección de la biodiversidad y las comunidades aledañas. |
| **NOM-083-SEMARNAT-2003** – Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. | Los residuos sólidos urbanos generados (aprox. 0.5 t/mes) serán almacenados en contenedores cerrados y diferenciados. Su disposición final se realizará en el relleno sanitario regional autorizado por el municipio de Tlaltizapán de Zapata. El promovente verificará que dicho sitio cumpla con las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, incluyendo impermeabilización de base, control de lixiviados, monitoreo de aguas subterráneas y cobertura diaria de residuos. En caso de que el municipio no cuente con un sitio conforme, se contratará a un prestador de servicios autorizado por SEMARNAT. |
| **NOM-052-SEMARNAT-2005** – Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. | Los aceites y lubricantes usados provenientes del mantenimiento de maquinaria serán clasificados por sus características de toxicidad, identificados y manejados conforme a esta norma para evitar la contaminación del ecosistema. |
| **NOM-157-SEMARNAT-2009** – Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. | En el proyecto La Palmera, los residuos generados durante la extracción y preparación del tajo se definen según esta norma como “roca estéril” (contenido de yeso <50% y montmorillonita <25%). Se dará observancia a lo referido para los planes de manejo correspondientes, evitando la contaminación del suelo o del agua. |
| **NOM-059-SEMARNAT-2010** – Establece las especies de flora y fauna nativas de México, la lista de especies en riesgo, categorías de riesgo y las especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio del listado. | A través del monitoreo de la biodiversidad y su análisis, se establecerán planes que contengan las medidas de conservación, protección y rescate conforme a las categorías de protección de cada especie. Asimismo, se definirán medidas de mitigación que conserven y restauren los ecosistemas. |
| **NOM-085-SEMARNAT-2011** – Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, así como los requisitos y condiciones para la operación de equipos de calentamiento indirecto por combustión. | El proyecto cumplirá con los niveles máximos permisibles establecidos en esta norma. No se prevé la operación de equipos de calentamiento indirecto por combustión durante la fase de exploración y explotación; sin embargo, de requerirse, se asegurará el cumplimiento de los límites y condiciones señalados. |
| **NOM-120-SEMARNAT-2020** – Establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados donde se desarrolle vegetación de | Las actividades de exploración, explotación y beneficio del proyecto La Palmera se realizarán en un área con actividades ganaderas dentro de selva baja caducifolia. Al respecto, se dará observancia y cumplimiento a las disposiciones de esta norma para la protección ambiental. |

| | |
|---|---|
| matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos. | |

**Tabla III. 9 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad y ambiente laboral (STPS).**

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-011-STPS-2001** – Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. | El personal que participe en el proyecto La Palmera utilizará el equipo de protección personal (EPP) necesario para prevenir riesgos derivados del ruido. Se fomentarán zonas libres de riesgo mediante la estabilización de taludes, rehabilitación de accesos y caminos, y la ausencia de sustancias químicas peligrosas. Asimismo, se vigilará el correcto uso de la maquinaria. |
| **NOM-023-STPS-2012** – Establece los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores en minas subterráneas y a cielo abierto. | Se cumplirán los requisitos de estabilidad de taludes, bermas de captura, señalización, planes de emergencia y capacitación. Los taludes se diseñaron con ángulos conservadores (28°-40°) y bermas de 5 a 8 m, conforme a lo descrito en el Capítulo II, apartado II.2.2.2. |
| **NOM-006-STPS-2024** – Manejo y almacenamiento de materiales – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. | El almacenamiento de materiales (combustible en bidones, aceites) se realizará con doble contención y en áreas debidamente señalizadas. El material estéril se colocará en botaderos controlados. |
| **NOM-017-STPS-2008** – Establece los requisitos mínimos para la selección, uso y manejo del equipo de protección personal (EPP) para proteger a los trabajadores de factores de riesgo, agentes o contaminantes del ambiente laboral. | Todo el personal contará con EPP adecuado (casco, botas, chaleco reflectante, guantes, lentes, protectores auditivos, respirador contra polvo). Se proporcionará capacitación continua sobre su uso correcto y mantenimiento. |

**Tabla III. 10 Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental (SSA).**

| Norma Oficial Mexicana | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| **NOM-025-SSA1-2014** – Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. | Se llevará a cabo el control de polvos mediante aspersión de agua en caminos y frentes de trabajo. Se monitorearán concentraciones de PM10 y PM2.5 en los límites de propiedad y en zonas cercanas a la operación. El control de polvo por aspersión y la limitación de velocidad de vehículos mantendrán los niveles dentro de los valores establecidos en la norma. |

### III.3.3 Instrumentos sectoriales

**Programa Sectorial de Economía 2025-2030 (PSE).** La Palmera contribuye a diversificar la economía regional, fortalecer cadenas de proveeduría local, generar información geológica, impulsar la

capacitación técnica y sustituir importaciones mediante la producción nacional de minerales industriales como yeso y montmorillonita.

**Tabla III. 11 Vinculación con el PSE.**

| Objetivo / Estrategia | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Objetivo 1. Diversificar la relocalización de empresas en sectores estratégicos. Estrategia 1.1 Impulsar polos de desarrollo y corredores del bienestar; 1.4 Promover vinculación y vigilancia en materia minera; 1.5 Generar y difundir información geológica. | El proyecto desarrolla la producción nacional de yeso de alta pureza y montmorillonita, integra cadenas de proveeduría locales, genera información geológica detallada. |
| Objetivo 2. Incrementar el contenido nacional en las cadenas productivas, con énfasis en MIPYMES. Estrategia 2.1 Capacitación y asistencia técnica a MIPYMES mineras; 2.5 Acceso a financiamiento. | Se priorizan proveedores locales (MIPYMES) para mantenimiento, suministros, transporte, alimentación y gestión de residuos. |

## III.4 Legislación Estatal

**Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos.** El proyecto se desarrollará en coordinación con la autoridad estatal competente, atendiendo las disposiciones relativas a evaluación de impacto ambiental, prevención y control de contaminación del aire, agua y suelo, gestión de residuos, restauración y cierre. La MIA presentada ante la Secretaría de Desarrollo Sustentable fue turnada a SEMARNAT por competencia federal, manteniéndose la coordinación interinstitucional.

**Ley de Residuos Sólidos y Economía Circular para el Estado de Morelos.** El proyecto adoptará principios de economía circular mediante separación en fuente, reducción de envases, reciclaje, reúso de materiales, manejo diferenciado de residuos de manejo especial y contratación de gestores autorizados para valorización y disposición final.

**Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado Libre y Soberano de Morelos.** La Palmera contribuirá al desarrollo económico sustentable mediante generación de empleos, capacitación de trabajadores locales, diversificación productiva, recaudación municipal e inversión responsable compatible con el respeto al medio ambiente.

## III.5 Legislación Municipal

En el ámbito municipal, el proyecto se vincula con la Constitución Política del Estado de Morelos, la legislación ambiental estatal con atribuciones municipales, el Plan Municipal de Desarrollo de Tlaltizapán de Zapata 2025-2027, el Reglamento de Licencias y Funcionamiento de Establecimientos

Comerciales y el Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio. La MIA constituye un instrumento técnico necesario para acreditar la viabilidad ambiental, apoyar la obtención de autorizaciones municipales y demostrar medidas de mitigación, restauración, manejo de residuos, control de polvo, control de ruido y protección arbórea.

**Tabla III. 12 Vinculación con la legislación municipal.**

| Instrumento y fecha de publicación | Capítulo y Artículo | Vinculación con el Proyecto La Palmera |
|---|---|---|
| Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos (20 de noviembre de 1930, con reformas) | Artículo 85-D | Proyecto alineado con el principio de desarrollo integral y sustentable, promoviendo beneficio económico, social y ambiental. |
| Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos (LEEPAEM) (9 de agosto de 1989, con reformas) | Artículo 8 | La MIA se presenta para evaluación, con medidas de prevención y control de contaminación establecidas en Cap. II.2.4 y Cap. VI para cumplir con las atribuciones municipales. |
| | Artículo 38 | La operación minera a cielo abierto es una obra o actividad que requiere ser evaluada a través de una Manifestación de Impacto Ambiental. |
| Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Morelos (4 de junio de 2008) | Artículo 1 | Justificación del proyecto: generar valor integral, empleo formal y aprovechamiento responsable de recursos minerales. |
| | Artículo 4 | Proyecto cumple con criterios de sustentabilidad: huella acotada, eficiencia hídrica, mínima generación de residuos y fomento a la contratación local. |
| Plan Municipal de Desarrollo, Tlaltizapán de Zapata 2025-2027 (12 de noviembre de 2025) | Eje Rector: Desarrollo Económico, Turismo e Imagen Urbana; Política de Protección Ambiental | El proyecto contribuye a la generación de empleo y dinamización de la economía local. Las medidas de restauración paisajística (Cap. VI) y el cumplimiento de la normativa ambiental se alinean con la política de protección ambiental del Plan. |
| Ley de Residuos Sólidos y de Economía Circular para el Estado de Morelos (17 de octubre de 2007) | Artículo 1 y 5 | La planeación del proyecto incluye una sección dedicada al manejo integral de residuos. Cumplimiento mediante separación en contenedores diferenciados, acuerdos con recolectoras autorizadas y disposición final en relleno sanitario autorizado "Rancho Coronel". |
| Reglamento de Licencias y Funcionamiento de Establecimientos Comerciales del Municipio de Tlaltizapán, Morelos (7 de abril de 2010) | Artículo 16 | La MIA es el instrumento técnico ambiental necesario para cumplir con uno de los requisitos fundamentales para la obtención de la licencia de funcionamiento municipal. |

| | | |
|---|---|---|
| Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos (26 de octubre de 2002, Periódico Oficial No. 4214) | Artículo 17, fracción I | Cumplimiento mediante medidas de mitigación como aspersión de agua para control de polvo y mantenimiento preventivo de maquinaria (Cap. VI). |
| | Artículo 18, fracción VIII | Uso de sanitarios portátiles ecológicos y sistema de captación de agua pluvial, por lo que no se generan descargas de aguas residuales. |
| | Artículo 19, fracciones II y V | Implementación de un sistema de manejo integral de residuos. |
| | Artículo 20 | El proyecto cuenta con la "Constancia de No Afectación Arbórea" emitida por el Ayuntamiento, y las medidas de restauración y compensación (Cap. VI) están alineadas con este artículo. |
| | Artículo 40, fracción XIX | Cap. II.2.4 y Cap. V incluyen el análisis y las medidas de control para que la operación no supere los niveles máximos de ruido establecidos. |

## III.6 Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial

**Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).** El área del proyecto se ubica en la Región Ecológica 18.19, Unidad Ambiental Biofísica 69, Sierras y Valles Guerrerenses, con política de restauración y aprovechamiento sustentable. El proyecto se vincula con dicha política mediante extracción selectiva sin explosivos, bajo consumo hídrico, aprovechamiento de caminos existentes, rescate de flora y fauna, reforestación con especies nativas, control de erosión, conservación de corredores biológicos y restauración progresiva.

Reactores de desarrollo: Forestal – Minería

**Estado del medio ambiente:** 69. Inestable. Conflicto Sectorial Nulo. No presenta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja a media. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población hab/km$^2$: Media. El uso de suelo es Forestal, Agrícola y Pecuario. Déficit de agua superficial. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 16.2. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Muy alto 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.

**Tabla III. 13 Vinculación con el POEGT.**

| Concepto / Estrategia | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Política de Restauración y Aprovechamiento Sustentable | El proyecto se alinea con el programa de restauración (presupuesto USD $177,778) que incluye reforestación con especies nativas, control de erosión y recuperación de suelos (Cap. II.1.6). El aprovechamiento sustentable se refleja en la extracción selectiva y planeación de cierre. |
| Estrategia 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas | **Extracción sin explosivos**, bajo consumo hídrico, sin relaves. Plan de rescate de flora y fauna durante desmonte selectivo (Cap. VI, medida PS-3). |
| Estrategia 7. Aprovechamiento sustentable de recursos forestales | Se tramitará el CUSTF compensando la afectación de 1.0982 ha de selva baja caducifolia secundaria mediante reforestación en proporción 1:1. |
| Estrategia 8. Valoración de servicios ambientales | Se mantienen corredores biológicos (UH-1) y se restauran áreas intervenidas, preservando captación de agua, regulación climática y hábitat. |
| Estrategia 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios | Programa de restauración: conformación de taludes, reforestación con especies nativas (*Acacia bilimekii*, *Haematoxylum brasiletto*), barreras vivas, terrazas de piedra, revegetación de botaderos (Cap. II.1.6 y Cap. VI). |
| Estrategia 15. Aplicación de investigación en sector minero al desarrollo sustentable | Se utilizan estudios geológicos (geofísica, perforación diamantina) para extracción selectiva, minimizando remoción de estéril. |
| Estrategia 15 bis. Coordinación entre sectores minero y ambiental | El proyecto se presentó ante SDS Morelos quien se declaró incompetente y SEMARNAT (CUSTF), demostrando coordinación intergubernamental y con la Dirección de Ecología municipal. |
| Estrategia 24. Mejorar condiciones de vivienda y entorno en pobreza | Generación de empleo directo (15-18 puestos) e indirecto priorizando mano de obra local y de localidades marginadas como Los Dormidos y Tlaquiltenango (Cap. II.1.3). |
| Estrategia 25. Prevenir y atender riesgos naturales y antrópicos | Análisis de riesgos (derrumbes, colapsos, derrames) y medidas preventivas: monitoreo geotécnico, bermas, plan de contingencia, simulacros (Cap. II.2.5). |
| Estrategia 26. Promover capacidades de adaptación al cambio climático | Reducción de emisiones GEI: sistema híbrido solar + baterías LiFePO4, ausencia de explosivos, mantenimiento de motores, restauración que captura carbono. |
| Estrategia 27. Incrementar acceso y calidad del agua potable y saneamiento | No se demanda agua potable municipal. Abastecimiento por pipa y recirculación. Sanitarios portátiles ecológicos sin descargas al suelo. |
| Estrategia 30. Construir y modernizar red carretera | Se utilizan caminos rurales existentes (Red Nacional de Caminos ID 1082556), evitando apertura de nuevas brechas. |
| Estrategia 31. Generar condiciones para ciudades seguras, competitivas y sustentables | Contribución a la competitividad económica mediante producción de minerales industriales que sustituyen importaciones (98% de EE. UU.). |
| Estrategia 32. Frenar expansión desordenada de ciudades | El proyecto no induce crecimiento urbano (área rural, sin campamento permanente, contratación local sin inmigración significativa) (Cap. IV.2.4.1). |
| Estrategia 35. Inducir acciones de mejora de seguridad social en población rural | Los empleos darán acceso a IMSS y capacitación en seguridad minera (STPS). Se priorizará contratación de jefes de familia y grupos vulnerables. |
| Estrategia 36. Promover diversificación de actividades productivas | Diversificación de la economía local más allá de agricultura y ganadería, incorporando un cluster minero-industrial de bajo impacto. |

| | |
|---|---|
| Estrategia 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables | Programa de contratación inclusiva sin discriminación. En el municipio hay 572 hablantes de lengua indígena (1.14%) y 433 afrodescendientes (0.8%). |
| Estrategia 38. Fomentar desarrollo de capacidades básicas en pobreza | Cursos de capacitación en operación de maquinaria, mantenimiento, manejo ambiental y seguridad, certificados por STPS. |
| Estrategia 39. Incentivar uso de servicios de salud | Botiquín de primeros auxilios y coordinación con unidades médicas de Tlaltizapán y Tlaquiltenango. Exámenes médicos periódicos. |
| Estrategia 41. Procurar acceso a protección social a personas en vulnerabilidad | Compromiso de reportar cualquier caso de vulnerabilidad extrema a las autoridades municipales (DIF). |
| Estrategia 42. Asegurar respeto a derechos de propiedad rural | El proyecto se desarrolla dentro de concesión minera No. 160611 y acuerdo de ocupación temporal con el propietario, respetando derechos agrarios y ejidales. |
| Estrategia 43. Integrar, modernizar y mejorar acceso al Catastro Rural | Generación de información cartográfica detallada (coordenadas UTM, Datum WGS 84, zona 14 norte, planos de localización) puesta a disposición de autoridades catastrales municipales. |
| Estrategia 44. Impulsar desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno | Coordinación con Ayuntamiento de Tlaltizapán (Constancia de No Afectación Arbórea, Constancia de Zonificación), con SDS Morelos (presentación de MIA Estatal) y con SEMARNAT (MIA P-CUSTF). |

**Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos (POEREM).** El proyecto se ubica en la UGA 350, con política ambiental de restauración y lineamiento orientado a recuperar las funciones ecológicas de la selva baja caducifolia. La MIA considera la congruencia con los criterios Ah08, If01, If02, If06, Ah14, Ah15, Ah16 y Ah19, así como estrategias ecológicas vinculadas con investigación ecológica, mitigación al cambio climático, manejo integral de residuos, ecotecnias y protección de escurrimientos intermitentes.

**Tabla III. 14 Vinculación con el POEREM.**

| Criterio de Regulación Ambiental | Vinculación con el proyecto |
|---|---|
| Ah08 – La evaluación de las MIA deberá garantizar congruencia con los programas de ordenamiento ecológico. | La MIA se ha elaborado considerando la UGA 350 (Restauración) y las políticas del POEREM. |
| If01 – Solo infraestructura estrictamente necesaria, evitando reducción de cobertura vegetal, interrupción de corredores biológicos y fragmentación. | El proyecto afecta solo 1.0982 ha de vegetación secundaria (0.003% del municipio). Se evita la UH-1 (corredor biológico). Se diseñan bermas y taludes que minimizan la fragmentación. |
| If02 – Carreteras existentes y nuevas deberán contar con pasos de fauna suficientes. | Los caminos internos serán de terracería de baja velocidad (<30 km/h). Se mantendrán pasos naturales bajo puentes y alcantarillas. |
| If06 – Congruencia de las MIA con los programas de ordenamiento ecológico (aplica para infraestructura). | La MIA es consistente con los criterios de la UGA 350. |

| | |
|---|---|
| Ah14 – Proyectos de crecimiento de asentamientos en terrenos forestales deben cumplir CUSTF. | El proyecto tramitará el CUSTF ante SEMARNAT por la afectación de 1.0982 ha de selva baja caducifolia secundaria. |
| Ah15 – Zonas con pendientes >30% en áreas urbanas deben mantenerse forestadas. | El proyecto no se ubica en áreas urbanas. Las pendientes >30% corresponden a la UH-1 (sierra), que se conserva íntegramente sin intervención. |
| Ah16 – En zonas agrícolas de riego con suelos aluviales, la MIA debe considerar análisis de riesgo de inundación a 100 años. | El proyecto no se ubica en zona agrícola de riego. Los suelos son Kastanozems y Leptosoles, no aluviales. No hay riesgo de inundación (predio a 7.6 km del río Yautepec, 890 msnm). |
| Ah19 – Por actividad del Popocatépetl, no permitir asentamientos humanos. | El proyecto no es un asentamiento humano. Se ubica a más de 60 km del volcán, pero se contempla un plan de contingencia en caso de caída de ceniza (suspensión de actividades, cubrimiento de maquinaria). |
| E1. Investigación ecológica | Se realizaron inventarios de flora (estratificados, índices de diversidad, curvas de acumulación) y fauna (mastofauna, avifauna, herpetofauna) que constituyen información ecológica de línea base para la UGA 350. |
| E11. Mitigación al cambio climático | Reducción de emisiones GEI mediante energía solar + baterías, mantenimiento de motores, restauración vegetal y ausencia de explosivos. |
| E26. Impulso al manejo integral de residuos sólidos | Separación en fuente con contenedores codificados por colores, reciclaje de papel, plástico, vidrio y metales, disposición final en relleno sanitario autorizado (Rancho Coronel). Registro diario y auditorías trimestrales. |
| E27. Fomento de ecotecnias | Sanitario portátil ecológico (Sanirent EcoPlus 300) con doble cámara y productos biodegradables. Captación de agua pluvial en tinacos para control de polvo. Energía solar fotovoltaica (paneles Canadian Solar 550W, baterías LiFePO4). |

## III.7 Fuentes de Consulta

- Constitución política
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917, 5 de febrero). *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 3 de marzo de 2026.
- Tratados internacionales
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030*. Adoptados el 25 de septiembre de 2015.
- Legislación federal
- Leyes y reglamentos

- Congreso de la Unión. (1988, 28 de enero). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 19 de enero de 2026.
- Congreso de la Unión. (1992, 26 de junio). *Ley General de Minería*. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 8 de agosto de 2023.
- Congreso de la Unión. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación.
- Congreso de la Unión. (2013). Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Diario Oficial de la Federación.
- Congreso de la Unión. (s.f.). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. (2000, 30 de mayo). *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.
- Normas Oficiales Mexicanas (SEMARNAT)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1993). *NOM-035-SEMARNAT-1993. Establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1993). *NOM-043-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1994). *NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *NOM-083-SEMARNAT-2003. Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). *NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *NOM-157-SEMARNAT-2009. Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros*. *Diario Oficial de la Federación*.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *NOM-059-SEMARNAT-2010. Establece las especies de flora y fauna nativas de México, la lista de especies en riesgo, categorías de riesgo y las especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio del listado*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *NOM-085-SEMARNAT-2011. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, así como los requisitos y condiciones para la operación de equipos de calentamiento indirecto por combustión*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *NOM-120-SEMARNAT-2020. Establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Normas Oficiales Mexicanas (STPS)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2001). *NOM-011-STPS-2001. Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). *NOM-017-STPS-2008. Establece los requisitos mínimos para la selección, uso y manejo del equipo de protección personal (EPP) para proteger a los trabajadores de factores de riesgo, agentes o contaminantes del ambiente laboral*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2012). *NOM-023-STPS-2012. Establece los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores en minas subterráneas y a cielo abierto*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2024). *NOM-006-STPS-2024. Manejo y almacenamiento de materiales – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Norma Oficial Mexicana (SSA)
- Secretaría de Salud. (2014). *NOM-025-SSA1-2014. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación*. *Diario Oficial de la Federación*.
- Instrumentos sectoriales
- Secretaría de Economía. (2025). *Programa Sectorial de Economía 2025-2030*. *Diario Oficial de la Federación*.

- Legislación estatal (Morelos)
- Congreso del Estado Libre y Soberano de Morelos. (1930, 20 de noviembre). Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos. Con reformas.
- Congreso del Estado Libre y Soberano de Morelos. (1989, 9 de agosto). Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos. Con reformas.
- Congreso del Estado Libre y Soberano de Morelos. (2007, 17 de octubre). Ley de Residuos Sólidos y Economía Circular para el Estado de Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos.
- Congreso del Estado Libre y Soberano de Morelos. (2008, 4 de junio). Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado Libre y Soberano de Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos.
- Legislación municipal (Tlaltizapán de Zapata, Morelos)
- Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata. (2002, 26 de octubre). Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos, No. 4214.
- Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata. (2010, 7 de abril). Reglamento de Licencias y Funcionamiento de Establecimientos Comerciales del Municipio de Tlaltizapán, Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos.
- Ayuntamiento de Tlaltizapán de Zapata. (2025, 12 de noviembre). *Plan Municipal de Desarrollo, Tlaltizapán de Zapata 2025-2027*.
- Programas de ordenamiento ecológico
- Gobierno de México. (s.f.). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)*. Estrategias y políticas ecológicas.
- Gobierno del Estado de Morelos. (s.f.). *Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos (POEREM)*. Unidad de Gestión Ambiental 350.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo IV

## CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO ..... 8
IV.1 Delimitación del área de estudio ..... 8
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental ..... 10
IV.2.1 Aspectos abióticos ..... 10
IV.2.2 Aspectos bióticos ..... 40
IV.2.3 Medio socioeconómico ..... 163
IV.2.4 Factores socioculturales ..... 172
IV.3 Diagnóstico ambiental ..... 177
IV.3.1 Integración e interpretación del inventario ambiental ..... 178
IV.3.2 Síntesis de inventario (unidades homogéneas) ..... 180
IV.4 Fuentes de consulta ..... 184

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura IV. 1 Sistema Ambiental. ..... 9
Figura IV. 2 Clima ..... 11
Figura IV. 3 Polígonos de Voronoi. ..... 12
Figura IV. 4 Temperaturas promedio. ..... 13
Figura IV. 5 Temperaturas máximas extremas. ..... 14
Figura IV. 6 Precipitación promedio. ..... 15
Figura IV. 7 Geología del Sistema Ambiental. ..... 19
Figura IV. 8 Geomorfología del Sistema Ambiental. ..... 22
Figura IV. 9 Relieve del Sistema Ambiental. ..... 23
Figura IV. 10 Fallas y fracturas del Sistema Ambiental. ..... 25
Figura IV. 11 Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio. ..... 26
Figura IV. 12 Sismicidad del Sistema Ambiental. ..... 27
Figura IV. 13 Derrumbes del Sistema Ambiental. ..... 29
Figura IV. 14 Peligro de sequías del Sistema Ambiental. ..... 32
Figura IV. 15 Vulcanismo del Sistema Ambiental. ..... 33
Figura IV. 16 Edafología del Sistema Ambiental. ..... 36
Figura IV. 17 Hidrología del Sistema Ambiental. ..... 38
Figura IV. 18 Acuífero del Sistema Ambiental. ..... 40
Figura IV. 19 Forma y arreglo de los sitios de muestreo del inventario florístico y dasométrico. ..... 42
Figura IV. 20 Ubicación de los sitios de muestreo. ..... 43
Figura IV. 21 Fotografías del sitio 1SA. ..... 44

Figura IV. 22 Fotografías del sitio 2SA. ..... 44
Figura IV. 23 Fotografías del sitio 3SA. ..... 45
Figura IV. 24 Fotografías del sitio 4SA. ..... 46
Figura IV. 25 Fotografías del sitio 5SA. ..... 46
Figura IV. 26 Fotografías del sitio 6SA. ..... 47
Figura IV. 27 Fotografías del sitio 7SA. ..... 47
Figura IV. 28 Fotografías del sitio 8SA. ..... 48
Figura IV. 29 Curva de acumulación de especies para el estrato arbóreo. ..... 57
Figura IV. 30 Curva de acumulación de especies para el estrato arbustivo. ..... 58
Figura IV. 31 Curva de acumulación de especies para el estrato herbáceo. ..... 58
Figura IV. 32 Ubicación de los sitios de muestreo en el área del proyecto. ..... 74
Figura IV. 33 Fotografías del sitio 1 proyecto. ..... 74
Figura IV. 34 Fotografías del sitio 2 proyecto. ..... 75
Figura IV. 35 Fotografías del sitio 3 proyecto. ..... 75
Figura IV. 36 Fotografías del sitio 4 proyecto. ..... 76
Figura IV. 37 Fotografías del sitio 5 proyecto. ..... 76
Figura IV. 38 Fotografías del sitio 6 proyecto. ..... 77
Figura IV. 39 Fotografías del sitio 7 proyecto. ..... 77
Figura IV. 40 Fotografías del sitio 8 proyecto. ..... 78
Figura IV. 41 Curva de acumulación de especies, estrato arbóreo proyecto. ..... 79
Figura IV. 42 Curva de acumulación de especies, estrato arbustivo proyecto. ..... 79
Figura IV. 43 Curva de acumulación de especies, estrato herbáceo proyecto. ..... 80
Figura IV. 44 Localización de las estaciones sencillas de fototrampeo en el SA. ..... 94
Figura IV. 45 Localización de las estaciones sencillas de fototrampeo en el polígono del proyecto. ... 95
Figura IV. 46 Localización de los transectos para muestreo de rastros y huellas de mamíferos en el SA. ..... 96
Figura IV. 47 Localización de transectos para muestreo de rastros y huellas de mamíferos en el polígono del proyecto. ..... 97
Figura IV. 48 Localización de los transectos para muestreo de aves en el SA. ..... 99
Figura IV. 49 Localización de transectos para muestreo de aves en el polígono del proyecto. ..... 100
Figura IV. 50 Localización de los transectos para muestreo de herpetofauna en el SA. ..... 102
Figura IV. 51 Localización de transectos para muestreo de herpetofauna en el polígono del proyecto. ..... 103
Figura IV. 52 Curva de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el SA. . 134
Figura IV. 53 Curva de acumulación de especies referente a las aves muestreados en el SA. ..... 135
Figura IV. 54 Curva de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el SA. ..... 136

Figura IV. 55 Imagen de *Sylvilagus cunicularius* captada por fototrampa..... 138
Figura IV. 56 Imagen de *Canis latrans* captada por fototrampa..... 138
Figura IV. 57 Imagen de *Mephitis macroura* captada por fototrampa..... 139
Figura IV. 58 Imagen de *Geococcyx velox* obtenida del muestreo en transectos. ..... 140
Figura IV. 59 Imagen de *Icterus pustulatus* obtenida del muestreo en transectos. ..... 140
Figura IV. 60 Imagen de *Momotus mexicanus* obtenida del muestreo en transectos. ..... 141
Figura IV. 61 Imagen de *Piaya mexicana* obtenida del muestreo en transectos ..... 141
Figura IV. 62 Imagen de Aspidoscelis communis obtenida del muestreo en transectos. ..... 142
Figura IV. 63 Imagen de Boa sigma obtenida del muestreo en transectos. ..... 142
Figura IV. 64 Imagen Ctenosaura pectinata obtenida del muestreo en transectos ..... 142
Figura IV. 65 Imagen de Aspidoscelis sackii obtenida del muestreo en transectos. ..... 142
Figura IV. 66 Curva de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el polígono del proyecto. ..... 146
Figura IV. 67 Curva de acumulación de especies referente a las aves muestreadas en el polígono del proyecto. ..... 147
Figura IV. 68 Curva de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el polígono del proyecto. ..... 148
Figura IV. 69 Punto de visualización ID 1. ..... 152
Figura IV. 70 Punto de visualización ID 2. ..... 152
Figura IV. 71 Punto de visualización ID 3. ..... 152
Figura IV. 72 Punto de visualización ID 4. ..... 153
Figura IV. 73 Unidades de paisaje. ..... 155
Figura IV. 74 Proporción de la población total por sexo perteneciente a Tlaltizapán de Zapata, Morelos. ..... 164
Figura IV. 75 Distribución poblacional de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. ..... 165
Figura IV. 76 Distribución poblacional de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. ..... 166

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla IV. 1 Climas del Sistema Ambiental. ..... 11
Tabla IV. 2 Indicadores promedio. ..... 15
Tabla IV. 3 Fenómenos hidrometeorológicos. ..... 16
Tabla IV. 4 Sistema de topoformas en el Sistema Ambiental. ..... 22
Tabla IV. 5 Ponderación de cada uno de los elementos involucrados en los procesos de remoción en masa. ..... 28
Tabla IV. 6 Unidades de suelo del Sistema Ambiental. ..... 33

Tabla IV. 7 Coordenadas en proyección UTM, datum WGS 84, zona 14 norte de sitios de muestreo para vegetación. ..... 43
Tabla IV. 8 Descriptores fitosociológicos de la vegetación. ..... 55
Tabla IV. 9 Riqueza y composición estrato arbóreo SA. ..... 59
Tabla IV. 10 Riqueza y composición del estrato arbustivo SA. ..... 60
Tabla IV. 11 Riqueza y composición del estrato herbáceo SA. ..... 61
Tabla IV. 12 Densidad por hectárea del estrato arbóreo SA. ..... 61
Tabla IV. 13 Densidad por hectárea del estrato arbustivo SA. ..... 62
Tabla IV. 14 Densidad por hectárea del estrato herbáceo SA. ..... 63
Tabla IV. 15 Índice de Valor de Importancia, estrato arbóreo. ..... 63
Tabla IV. 16 Índice de Valor de Importancia, estrato arbustivo. ..... 65
Tabla IV. 17 Índice de Valor de Importancia, estrato herbáceo. ..... 65
Tabla IV. 18 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbóreo. ..... 66
Tabla IV. 19 Índice de Shannon-Wiener, Estrato Arbustivo. ..... 67
Tabla IV. 20 Índice de Shannon-Wiener, Estrato herbáceo. ..... 68
Tabla IV. 21 Resumen de índices de diversidad SA. ..... 71
Tabla IV. 22 Coordenadas de los sitios de muestreo en el área del proyecto. ..... 73
Tabla IV. 23Riqueza y composición, estrato arbóreo proyecto. ..... 80
Tabla IV. 24 Riqueza y composición, estrato arbustivo proyecto. ..... 81
Tabla IV. 25 Riqueza y composición, estrato herbáceo. ..... 82
Tabla IV. 26 Densidad por hectárea, estrato arbóreo proyecto. ..... 82
Tabla IV. 27 Densidad por hectárea, estrato arbustivo proyecto. ..... 83
Tabla IV. 28 Densidad por hectárea, estrato herbáceo proyecto. ..... 83
Tabla IV. 29 Índice de Valor de Importancia, estrato arbóreo proyecto. ..... 84
Tabla IV. 30 Índice de Valor de Importancia, estrato arbustivo proyecto. ..... 85
Tabla IV. 31 Índice de Valor de Importancia, estrato herbáceo proyecto. ..... 85
Tabla IV. 32 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbóreo proyecto. ..... 86
Tabla IV. 33Tabla IV. 18 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbustivo proyecto. ..... 86
Tabla IV. 34 Índice de Shannon-Wiener, estrato herbáceo proyecto. ..... 87
Tabla IV. 35 Técnicas de muestreo utilizadas en el proyecto La Palmera. ..... 92
Tabla IV. 36 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de las estaciones sencillas de fototrampeo. ..... 93
Tabla IV. 37 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales en donde se llevó a cabo el rastreo de huellas y excretas. ..... 95
Tabla IV. 38 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales para el muestreo de aves. ..... 98

Tabla IV. 39 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales en donde se llevó a cabo el muestreo de herpetofauna. ..... 101
Tabla IV. 40 Listado de fauna silvestre con distribución potencial para el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. Información obtenida de Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. ..... 105
Tabla IV. 41 Listado de fauna silvestre registrada en el SA del proyecto “La Palmera” a través de los muestreos en campo. ..... 117
Tabla IV. 42 Régimen de protección de la fauna presente en el SA del proyecto “La Palmera”. ..... 120
Tabla IV. 43 Listado de endemismos presentes en la fauna del SA del proyecto “La Palmera”. ..... 129
Tabla IV. 44 Resultados del análisis de los índices de diversidad y equitatividad para los vertebrados del SA ..... 132
Tabla IV. 45 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el SA ..... 134
Tabla IV. 46 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a las aves muestreadas en el SA. ..... 135
Tabla IV. 47 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el SA ..... 136
Tabla IV. 48 Listado de fauna silvestre registrada en el polígono del proyecto a través de los muestreos en campo ..... 136
Tabla IV. 49 Mamíferos registrados durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie. ..... 138
Tabla IV. 50 Aves registradas durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie. ..... 139
Tabla IV. 51 Reptiles registrados durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie. ..... 141
Tabla IV. 52 Resultados del análisis de los índices de diversidad y equitatividad de los vertebrados muestreados en el polígono. ..... 144
Tabla IV. 53 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a los mamíferos muestreados en el polígono. ..... 146
Tabla IV. 54 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a las aves muestreadas en el polígono ..... 147
Tabla IV. 55 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a los reptiles muestreados en el polígono. ..... 148
Tabla IV. 56 Estaciones de Observación ..... 151
Tabla IV. 57 Criterios de ponderación multicriterio para definición de unidades de paisaje. ..... 154
Tabla IV. 58 Calidad visual del paisaje. ..... 156

Tabla IV. 59 Rangos de calidad visual del paisaje. ..... 158
Tabla IV. 60 Evaluación de la Fragilidad visual del paisaje. ..... 158
Tabla IV. 61 Rangos de fragilidad visual dle paisaje. ..... 159
Tabla IV. 62 Clase de paisaje. ..... 160
Tabla IV. 63 Empleos generados. ..... 168
Tabla IV. 64 Tabla de indicadores. ..... 171
Tabla IV. 65 Trabajadores por etapa. ..... 175

# IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

## IV.1 Delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende una poligonal de 1,585.45 hectáreas, cuya delimitación se estableció con base en los siguientes tres criterios principales:

**1. Hidrológico:** se consideró la "nano cuenca" o unidad hidrológica de la microcuenca Lorenzo Vázquez (Santa Cruz). Los límites norte y poniente quedan definidos por las microcuencas 18-06601-081 y Tlaquiltenango, respectivamente; mientras que los límites al oriente y sur se acotaron a partir de los parteaguas de la nanocuenca. Para ello se emplearon la capa vectorial de microcuencas del FIRCO (2020) y la Red Hidrográfica edición 2.0 del INEGI (2010).

2. Unidad de Gestión Ambiental (UGA): el predio del proyecto se encuentra inmerso en la UGA No. 350, cuya política ambiental es de Restauración según el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos (publicado el 29 de septiembre de 2014 en el Periódico Oficial del Estado de Morelos). Dicha unidad constituye la parte más baja de la cuenca y forma parte central del Sistema Ambiental. Adicionalmente, dentro del área de estudio se localiza una porción de las UGAS 335 (Preservación) y 329 (Protección-Restauración).

**3. Uso de suelo y vegetación:** se buscó que la poligonal del Sistema Ambiental fuera representativa de la vegetación y el uso de suelo presentes. Por ello, incluye vegetación arbustiva y arbórea secundaria de selva baja caducifolia, pastizal inducido y agricultura de temporal. Para este fin se utilizó la capa de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII (Continuo Nacional, INEGI, 2021).

En conclusión, el análisis integral del área de estudio, definida bajo los criterios anteriores, permitirá reconocer la estrecha interrelación entre los componentes físicos, bióticos, sociales, económicos y culturales que la conforman. Desde el punto de vista hidrológico, la delimitación a partir de la nanocuenca evidencia una unidad funcional donde los escurrimientos y la recarga hídrica dependen directamente de los parteaguas y de la red hidrográfica local. Asimismo, la inserción del predio en la UGA No. 350 (Restauración) y su cercanía con las UGAS 335 y 329 reflejan una clara vocación ambiental orientada a la restauración, aprovechamiento sustentable y protección.

En cuanto al uso de suelo y vegetación, la representatividad alcanzada selva baja caducifolia secundaria arbustiva y arbórea, pastizal inducido y agricultura de temporal revela un mosaico de condiciones de

disturbio y regeneración. La variabilidad estacional, marcada por una temporada de lluvias y otra de sequía, incide directamente en la disponibilidad de agua, el vigor de la vegetación, la erosión del suelo y las prácticas agropecuarias. Durante la época de lluvias se observa un incremento en la escorrentía superficial y en la productividad primaria, mientras que en la sequía se intensifican los procesos de degradación del suelo y la presión sobre los mantos freáticos.

El uso de fotografías aéreas resultó fundamental para verificar los límites de la nanocuenca, identificar cambios estacionales en la cobertura vegetal y detectar conflictos por el uso del suelo. Estas imágenes permitieron correlacionar los rasgos fisiográficos con los usos reales del territorio y el trazo de los parteaguas, complementando la información de las capas vectoriales y el ordenamiento ecológico.

Finalmente, se concluye que la delimitación del área de estudio con base en criterios hidrológicos, normativos y de vegetación resulta pertinente para la caracterización ambiental. La variabilidad temporal condiciona no solo el comportamiento ecológico, sino también las dinámicas sociales y productivas, por lo que cualquier estrategia de restauración o manejo deberá considerar dicha heterogeneidad temporal (Figura 1).

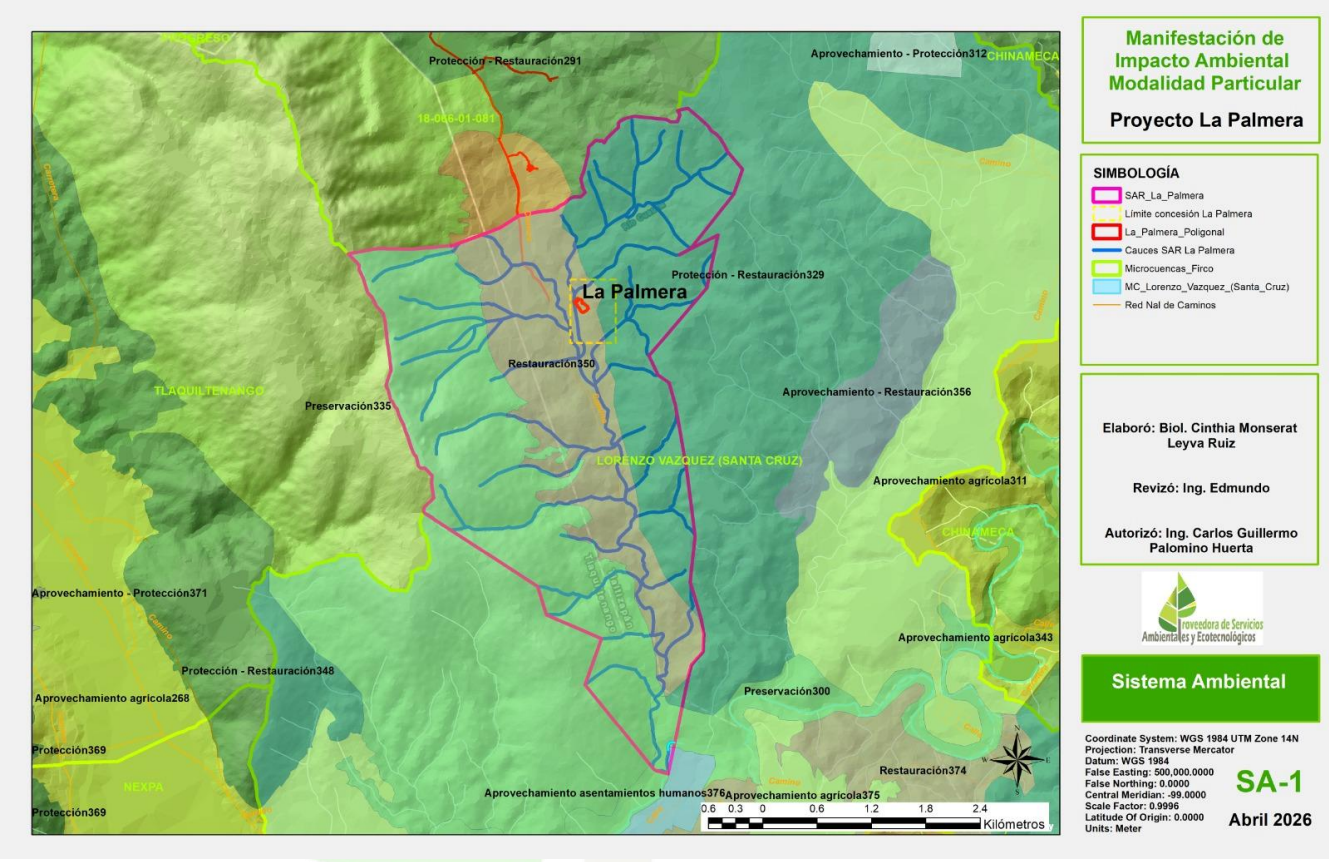



**Figura IV. 1 Sistema Ambiental.**

## IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

### IV.2.1 Aspectos abióticos

#### *IV.2.1.1 Clima*

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, el área del estudio Sistema Ambiental (SA) cuenta con el siguiente tipo de clima:

a) La mayor parte de la superficie (76.9 Has.) cuentan con un clima Cálido subhúmedo (Awo). Se caracteriza por presentar una temperatura media anual superior a los 22°C, con una temperatura del mes más frío también superior a los 18°C, lo que denota condiciones cálidas durante todo el año, sin una estación invernal térmicamente diferenciada.

En cuanto al régimen de humedad, el clima Awo se define por un patrón de lluvias de verano, con una precipitación del mes más seco inferior a 60 mm. Su característica más distintiva es el cociente de precipitación/temperatura (P/T), el cual es menor de 43.2, lo que lo caracteriza como el subtipo más seco dentro de los climas cálidos subhúmedos. En conjunto, estas condiciones térmicas y de humedad definen un ambiente cálido con una estación de lluvias en verano menos húmeda en proporción a la temperatura, lo que tiene implicaciones directas en la fisonomía de la vegetación, la disponibilidad de agua y los patrones de actividad de la fauna local (Figura 2).

b) Una menor superficie (364.2Has), se localizan en clima semicalido subhumedo del grupo C (A)C(w1), temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frio menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.

En cuanto al régimen de humedad, el clima C (A)C(w1), se define por un patrón de lluvias de verano, con una precipitación del mes más seco inferior a Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual (Figura 2).

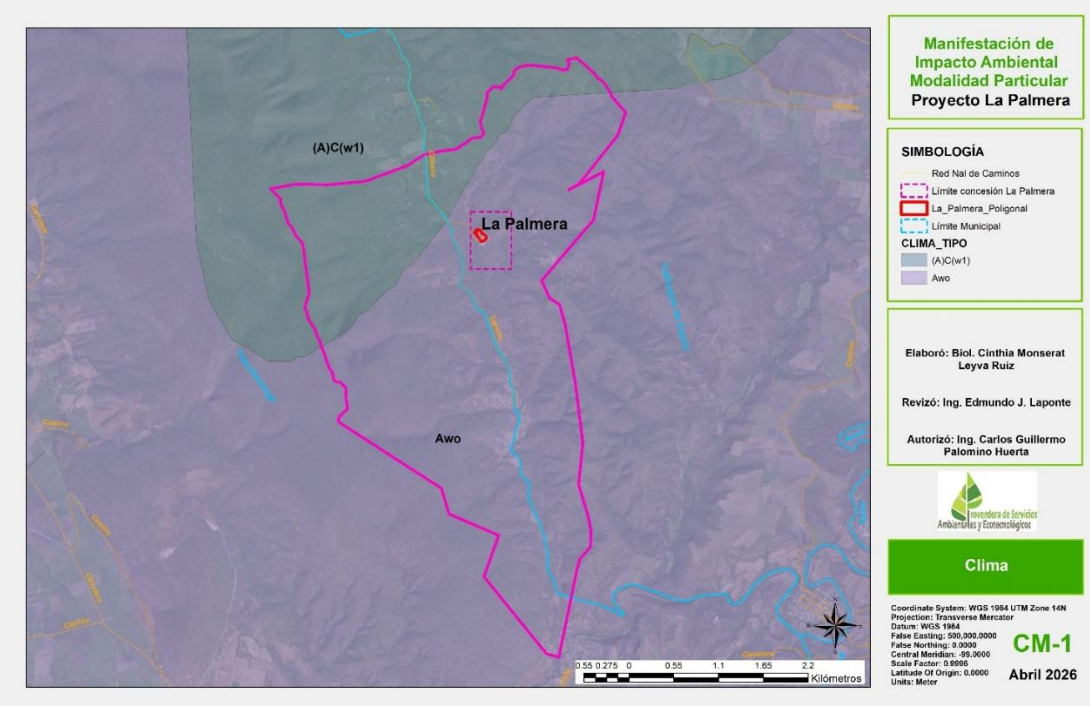



**Figura IV. 2 Clima.**

**Tabla IV. 1 Climas del Sistema Ambiental.**

| Descripción | Clave climatológica | Superficie (ha) | Porcentaje de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| SA | Awo | 1,221.2 | 76.96 |
| SA | C (A)C(w1) | 364.25 | 23.04 |
| | *Total* | *1,585.45* | *100.00* |

***Estaciones climatológicas***

*Obtención y procesamiento de datos climáticos*

Se localizaron y descargaron archivos en formato KMZ correspondientes a la red de estaciones climatológicas de México, a partir de fuentes oficiales (CONAGUA / Servicio Meteorológico Nacional). Posteriormente, los datos fueron importados al sistema de información geográfica QGIS, donde se recortaron espacialmente para delimitar únicamente las estaciones ubicadas dentro del estado de Morelos.

*Selección de estaciones activas y generación de polígonos de Voronoi*

Se realizó un filtrado para conservar exclusivamente las estaciones climatológicas activas actualmente, eliminando aquellas con registros discontinuos o fuera de operación. Con el conjunto de estaciones activas, se generaron polígonos de Thiessen (Voronoi), los cuales definen áreas de influencia teórica donde cada punto de la región se asocia a la estación más cercana en términos de distancia euclidiana.

*Identificación de la estación influyente en el área de estudio*

Una vez superpuestos los polígonos de Voronoi con el polígono correspondiente al área de estudio (SA), se identificó que únicamente una estación climatológica ejerce influencia sobre el sitio: la estación 17013 Temilpa.

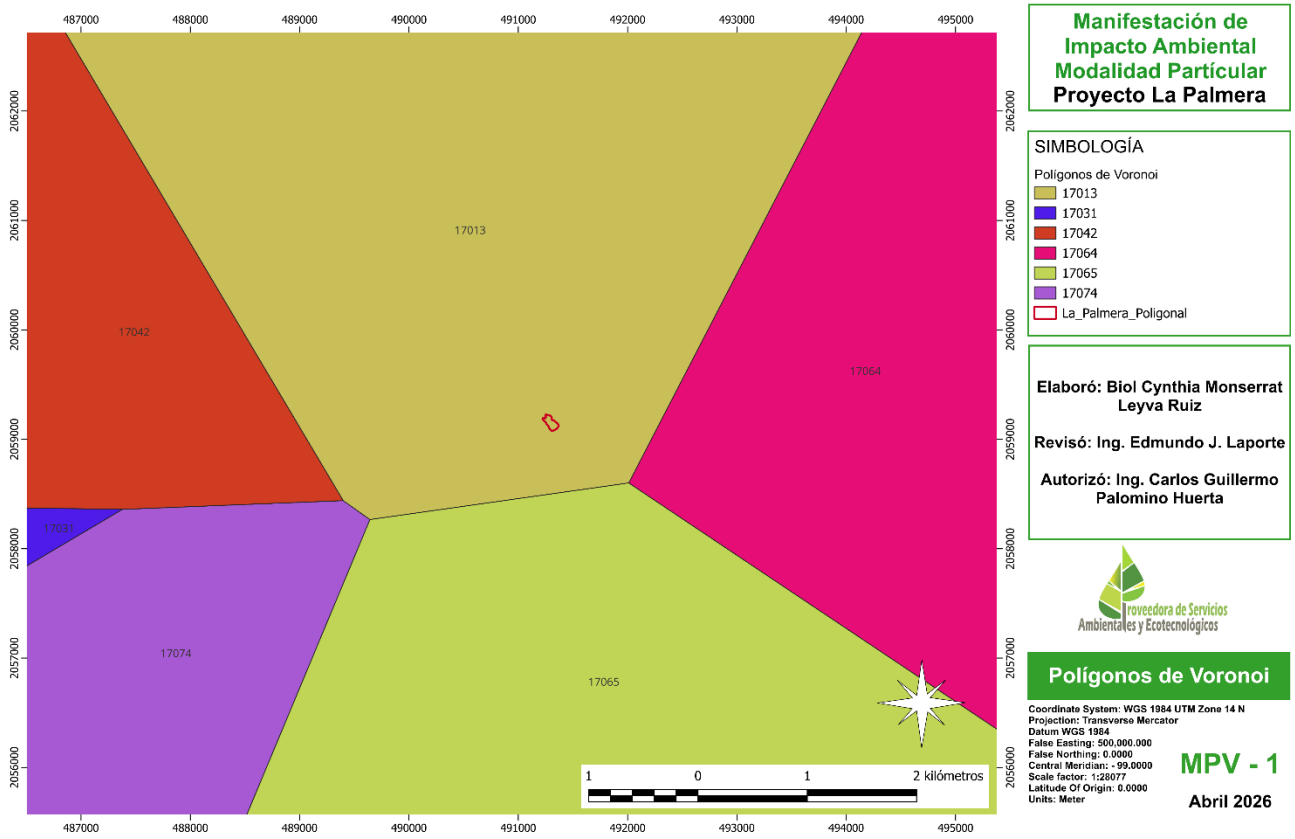



**Figura IV. 3 Polígonos de Voronoi.**

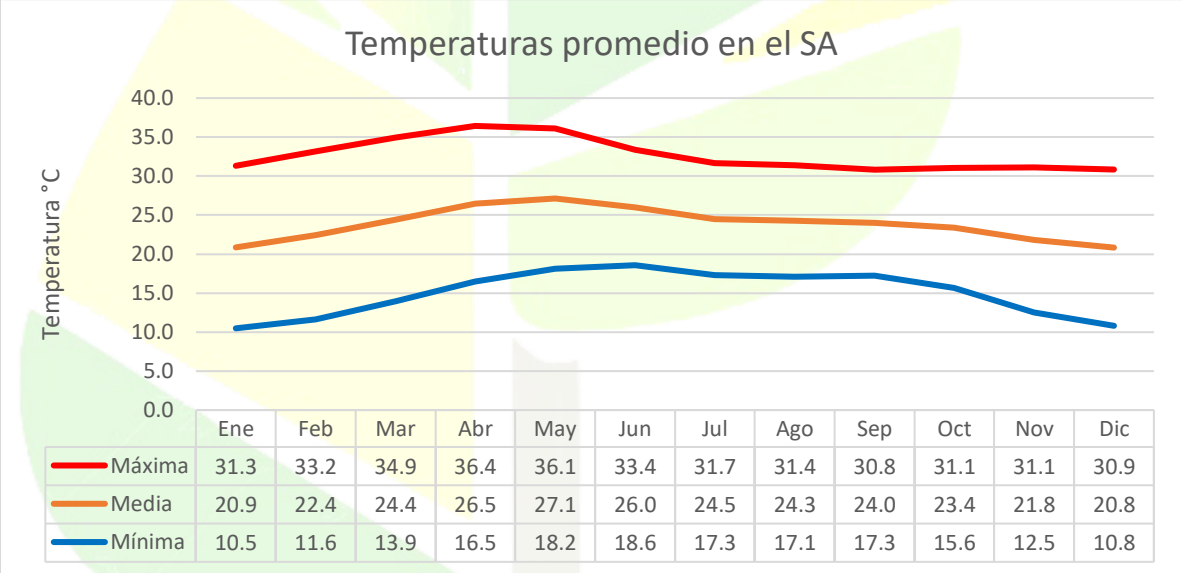
*Evaluación de representatividad de la estación Temilpa*

Se realizó un análisis de la idoneidad de la estación 17013 Temilpa como representante de las condiciones climáticas del área de estudio, considerando los siguientes criterios:

- **Coherencia espacial:** El polígono de Voronoi de la estación Temilpa es el único que intercepta el área de SA, confirmando su influencia geométrica exclusiva.
- **Condiciones de entorno:** Se verificó que el resto de las estaciones activas en la región se localizan en zonas urbanas o fuertemente antropizadas, lo que introduce sesgos micro climáticos (efecto isla de calor, modificación de patrones de precipitación, etc.) que las hacen no representativas de las condiciones naturales del sitio de estudio.
- **Similitud de cobertura vegetal:** Mediante la consulta de la Serie VII de uso de suelo y vegetación del INEGI y su verificación con imágenes satelitales, se confirmó que la estación Temilpa se ubica en un área con el mismo tipo de vegetación que el área de SA, lo que garantiza condiciones ambientales comparables.
- **Clasificación climática:** Con base en la información de la estación Temilpa, se determinó que el clima correspondiente para el área de estudio es Awo (cálido subhúmedo, el más seco de los subtipos Aw).

***Temperatura***

Los registros de temperatura de la estación 17013 Temilpa abarcan el periodo de 1955 a 2026. En la siguiente figura se presentan los valores promedio mensuales de temperatura máxima, media y mínima (Figura 4).



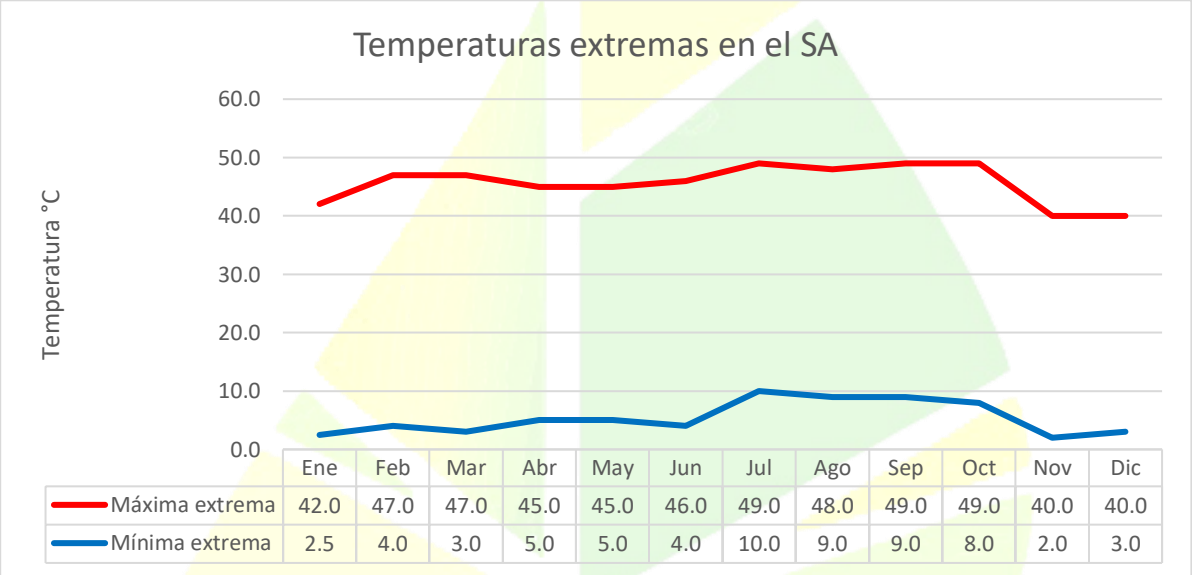

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Máxima | 31.3 | 33.2 | 34.9 | 36.4 | 36.1 | 33.4 | 31.7 | 31.4 | 30.8 | 31.1 | 31.1 | 30.9 |
| Media | 20.9 | 22.4 | 24.4 | 26.5 | 27.1 | 26.0 | 24.5 | 24.3 | 24.0 | 23.4 | 21.8 | 20.8 |
| Mínima | 10.5 | 11.6 | 13.9 | 16.5 | 18.2 | 18.6 | 17.3 | 17.1 | 17.3 | 15.6 | 12.5 | 10.8 |

**Figura IV. 4 Temperaturas promedio.**

La temperatura comienza a aumentar en abril, alcanzando sus valores máximos entre mayo y junio (27.1 °C y 26.0 °C respectivamente). A partir de septiembre desciende, dando paso a la temporada fresca de noviembre a febrero. El mes más frío es diciembre con 20.8 °C. En el periodo analizado, las temperaturas mínimas promedio se mantuvieron por encima de los 10 °C y las máximas no superaron los 37 °C.

***Temperaturas extremas***

Las temperaturas máximas y mínimas extremas registradas en el área de estudio se muestran en la tabla siguiente:



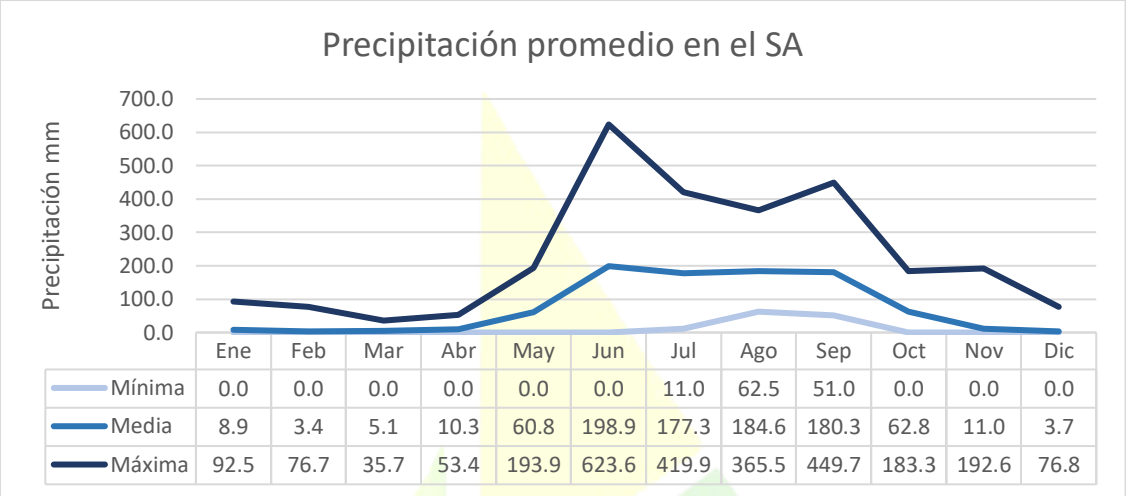

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Máxima extrema | 42.0 | 47.0 | 47.0 | 45.0 | 45.0 | 46.0 | 49.0 | 48.0 | 49.0 | 49.0 | 40.0 | 40.0 |
| Mínima extrema | 2.5 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 10.0 | 9.0 | 9.0 | 8.0 | 2.0 | 3.0 |

**Figura IV. 5 Temperaturas máximas extremas.**

Las temperaturas máximas extremas alcanzan su punto más alto entre abril y septiembre, con valores de hasta 49 °C. Las mínimas extremas se presentan de noviembre a marzo, siendo noviembre el mes más frío con 2 °C

***Precipitación***

La temporada de lluvias abarca de junio a octubre. Junio es el mes más lluvioso con 198.9 mm, mientras que febrero es el más seco con 3.4 mm. La precipitación acumulada anual promedio es de 881.2 mm.




| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mínima | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.0 | 62.5 | 51.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Media | 8.9 | 3.4 | 5.1 | 10.3 | 60.8 | 198.9 | 177.3 | 184.6 | 180.3 | 62.8 | 11.0 | 3.7 |
| Máxima | 92.5 | 76.7 | 35.7 | 53.4 | 193.9 | 623.6 | 419.9 | 365.5 | 449.7 | 183.3 | 192.6 | 76.8 |

**Figura IV. 6 Precipitación promedio.**

***Resumen de indicadores climáticos***

De acuerdo con los datos de la estación climatológica 17013 Temilpa, correspondiente al periodo 1955-2026, el área de estudio presenta una precipitación total anual promedio de 881.2 mm y una temperatura media anual de 23.8 °C, lo que arroja un cociente P/T de 37.0. Este valor es inferior a 43.2, por lo que, según la clasificación de Köppen modificada por García (2004), el clima se clasifica como Awo (cálido subhúmedo, el más seco de los subtipos Aw). La precipitación invernal representa el 1.9% del total anual, lo que confirma un régimen de lluvias concentradas en verano. La temperatura máxima promedio anual es de 32.7 °C y la mínima de 14.9 °C, con una oscilación térmica anual de 17.8 °C. El mes más cálido es mayo con 27.1 °C, el más frío es diciembre con 20.8 °C, el más seco es febrero con 3.4 mm y el más lluvioso es junio con 198.9 mm. La temperatura máxima extrema alcanzó 49.0 °C y la mínima extrema descendió a 2.0 °C, mientras que la evaporación total anual promedio fue de 1496.3 mm. Estas condiciones definen un clima cálido con una estación de lluvias en verano bien definida y una temporada seca prolongada.

**Tabla IV. 2 Indicadores promedio.**

| Indicador | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Precipitación total anual promedio | 881.2 | mm |
| Temperatura media anual promedio | 23.81 | °C |
| Cociente P/T | 37.01 | Adimensional |
| Precipitación invernal promedio (Ene+Feb+Mar) | 16.72 | mm |
| Porcentaje de lluvia invernal | 1.90 | % |
| Temperatura máxima promedio anual | 32.67 | °C |
| Temperatura mínima promedio anual | 14.94 | °C |

| | | |
|---|---|---|
| Oscilación térmica anual promedio | 17.73 | °C |
| Evaporación total anual promedio | 1496.27 | mm |
| Mes más cálido | MAY 27.13 | °C |
| Mes más frío | DIC 20.83 | °C |
| Mes más seco (nombre) | FEB 3.38 | mm |
| Mes más lluvioso (nombre) | JUN 198.92 | mm |
| Temperatura máxima extrema absoluta | 49.00 | °C |
| Temperatura mínima extrema absoluta | 2.00 | °C |

### *IV.2.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos*

De acuerdo con el Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán (CENAPRED, 2011), el municipio está expuesto a diversos fenómenos hidrometeorológicos que representan peligros potenciales para la población y la infraestructura. A continuación, se presenta el grado de peligro para cada fenómeno en el área de estudio.

**Tabla IV. 3 Fenómenos hidrometeorológicos.**

| Fenómeno | Grado de peligro en el área de estudio | Características principales |
|---|---|---|
| Ciclones y huracanes | Bajo (indirecto) | No afectan directamente por ubicación continental. Efecto indirecto: lluvias intensas por barrera orográfica de la Sierra Chichinautzin. |
| Ondas tropicales | Bajo (indirecto) | No afectan directamente. Aumento de nubosidad y precipitación proveniente del Pacífico. |
| Tormentas eléctricas | Alto | Promedio de 20 tormentas al año. Estación Temilpa (17013) registró eventos en junio, agosto, septiembre y diciembre (1971-2000). Impactos de rayos registrados en balnearios Santa Isabel y Las Estacas. |
| Sequías | Alto a muy alto | Periodos con sequía moderada y severa en Morelos (2005-2011). Afectaciones agrícolas e hidrológicas registradas. |
| Temperaturas máximas extremas | Muy alto | Estación Temilpa registró temperaturas >49°C en 1997 (julio, septiembre, octubre, noviembre). Temperaturas >33°C de marzo a junio. |
| Vientos fuertes | Alto | Mayor intensidad de abril a junio y octubre a diciembre. Evento con afectaciones en Huatecalco y cabecera municipal (1994-1997). |
| Inundaciones | Muy alto (principal peligro) | Área de estudio (Temilpa Viejo) sobre planicie de inundación del río Yautepec. Inundación con niveles >4.30 m en estación hidrométrica Ticumán. Altura de inundación de hasta 1 m. Eventos en 2001, 2009 y 2010 (declaratoria de desastre natural). |

Fuente: CENAPRED (2011). Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán, Morelos. SEDESOL, Gobierno Municipal de Tlaltizapán. Mendoza Mendoza, J. (Coord.).

### *IV.2.1.3 Geología y geomorfología*

***Características litológicas del área***

De acuerdo con el Compendio de Aspectos Geográficos de Morelos 2022 (INEGI, 2024), el estado de Morelos se ubica en las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico (56.76 % del territorio) y la Sierra Madre del Sur (43.24 %). El área correspondiente al SA, ubicada en el municipio de Tlaltizapán, se localiza dentro de esta última provincia, específicamente en la subprovincia de Sierras y Valles Guerrerenses. A nivel estatal, el relieve predominante es el sistema de topoformas de lomerío, que ocupa el 20.09 % del territorio morelense. En este contexto, el proyecto del SA se asienta precisamente en dicho sistema de lomerío, caracterizado por elevaciones suaves de pendientes moderadas, intercaladas con valles estrechos.

En el estado predominan las rocas ígneas extrusivas (36.88%), seguidas por las sedimentarias. En el municipio de Tlaltizapán afloran principalmente calizas del Cretácico y depósitos de aluvión del Cuaternario (INEGI, 2024; CENAPRED, 2011). Los depósitos aluviales están compuestos por sedimentos no consolidados de arenas, gravas y limos.

El sistema de topoformas de lomerío (pendientes suaves y valles estrechos), sumado a la presencia de calizas del Cretácico y depósitos aluviales no consolidados, confirma que el proyecto se asienta en un entorno de baja complejidad topográfica y geológica. Esta condición:

Valida la selección del sitio, al tratarse de un área con pendientes moderadas que minimizan riesgos de inestabilidad, reducen movimientos de tierra y facilitan el uso de caminos existentes, alineándose con el criterio de menor perturbación incremental.

Respalda la naturaleza de bajo impacto, ya que los depósitos aluviales permeables y la ausencia de rocas competentes permiten operar sin explosivos y con baja intensidad hídrica, evitando procesos metalúrgicos complejos y la generación de jales.

Obliga a medidas específicas de control ambiental, entre ellas:

- Manejo de erosión y sedimentos en laderas suaves (barreras vivas, terrazas, revegetación).
- Control de polvo fugitivo sobre materiales aluviales no consolidados (aspersión, límites de velocidad).

- Facilita el abandono del sitio, pues la topografía de lomerío permite una reintegración morfológica natural, el reperfilado de taludes estables y la restauración con especies nativas adaptadas a suelos calcáreos y yesosos.

El área de estudio se encuentra conformada exclusivamente por rocas sedimentarias agrupadas en seis polígonos pertenecientes a dos eras geológicas. La era Mesozoica, representada por el Cretácico Superior, domina con el 86,31 % del territorio. La Lutita-Arenisca (Ks(lu-ar)) constituye la unidad de mayor extensión, con 933,06 ha (58,85 % del total), seguida por la Caliza (Ks(cz)), que suman 435,39 ha (27,46 %). Este conjunto de calizas del Cretácico Superior es característico de ambientes de plataforma carbonatada somera, formados por la acumulación de sedimentos en mares epicontinentales con baja profundidad y alta productividad biogénica (Padilla y Sánchez, 2007). En el centro y noreste de México se han descrito extensas plataformas de calizas arrecifales del Cretácico medio, mientras que el Cretácico Superior está representado por facies alternantes de calizas negras laminadas, sedimentos clásticos tipo *flysch* y margas (López Ramos, 1982). Por su parte, la unidad de Lutita-Arenisca corresponde a una sedimentación de tipo siliciclástico, evidenciando ambientes deposicionales de energía variable, típicos de sistemas deltaicos o de plataforma marina influenciada por aportes terrígenos provenientes del occidente de México (INEGI, 1982).

La era Cenozoica, específicamente el Paleógeno, aporta el 13,69 % restante mediante dos cuerpos de Conglomerado (Ti(cg)), que en conjunto alcanzan 217,01 ha (Hoja1, filas 4 y 7). Estos conglomerados corresponden a depósitos clásticos continentales que se acumularon tras el inicio de la Orogenia Laramide. El cambio abrupto de la sedimentación, de carbonatos a clásticos, ocurrió hacia el Cretácico Tardío, como respuesta tectónica al levantamiento de la Sierra Madre Oriental (Padilla y Sánchez, 2007). En diversas regiones de México, los depósitos de conglomerado del Paleógeno han sido interpretados como abanicos aluviales y sistemas fluviales proximales, desarrollados en cuencas de antepaís asociadas a la deformación compresiva (Nieto-Samaniego *et al.*, 2023). La edad de inicio de la deformación Laramide en el centro de México se ha fechado entre ca. 105 Ma en el poniente y ca. 55 Ma en el oriente, proceso que también provocó el levantamiento y la exhumación de secuencias marinas previas (Cuéllar-Cárdenas *et al.*, 2012). Esta transición de ambientes marinos de plataforma (Cretácico Superior) a sistemas continentales de alta energía (Paleógeno) refleja un cambio paleogeográfico fundamental, directamente vinculado a los efectos de la Orogenia Laramide y la consecuente emersión.

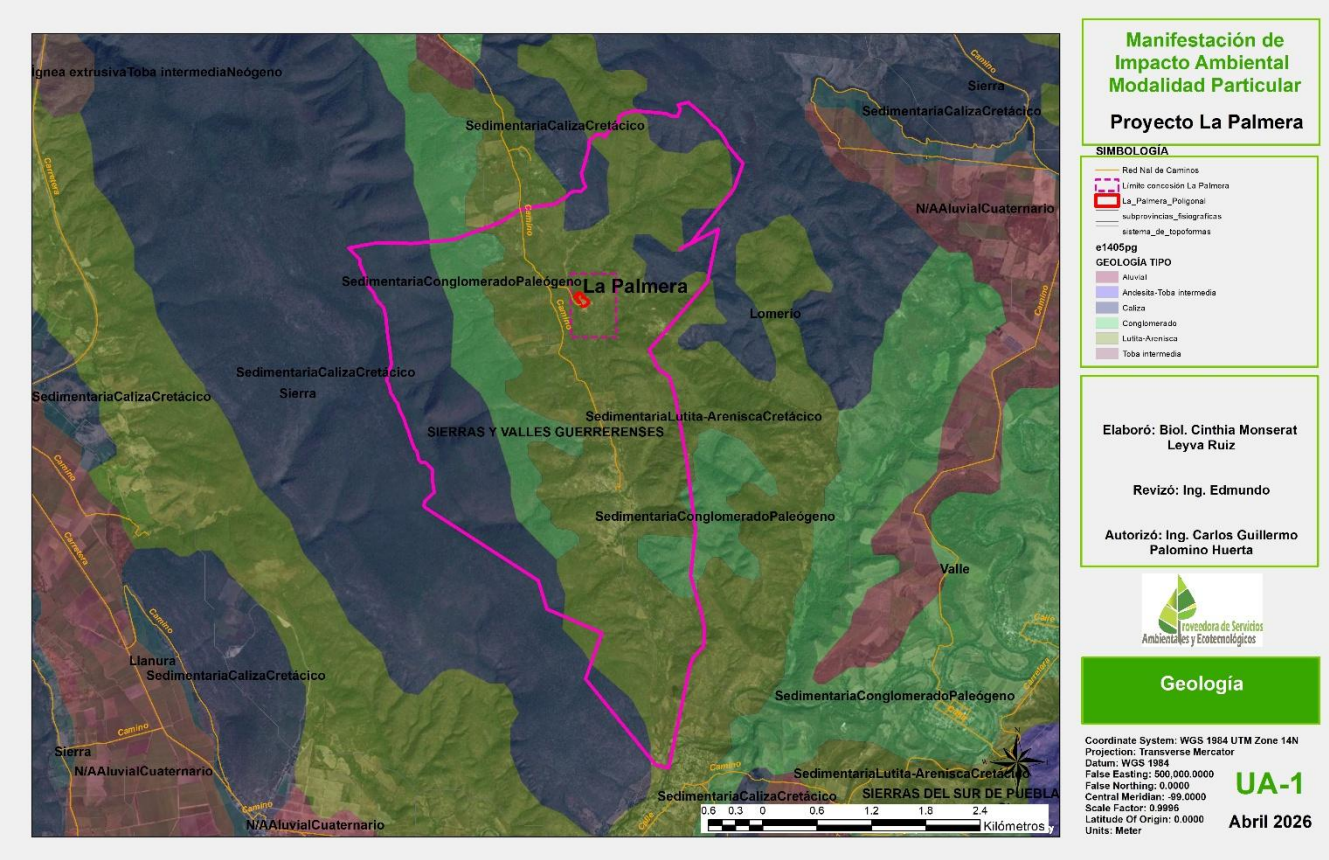



**Figura IV. 7 Geología del Sistema Ambiental.**

***Características geomorfológicas***

Las principales elevaciones que presenta Tlaltizapán son los cerros Negro (1620 msnm); La Trinchera (1580 msnm); Santa María (1500 msnm); Palo Grande (1420 msnm); Temimilcingo (1370 msnm.); El Chiquihuite y Cerro el Lindero. Lo anterior nos permite identificar que el territorio municipal comprende en su mayor superficie un sistema de lomeríos y valles que determinan que las principales localidades se localicen en una planicie aluvial sobre la cual pasa el río Yautepec, mismo que nace en el municipio del mismo nombre y que se origina en la Sierra Chichinautzin; esto define que Tlaltizapán se encuentre, en gran medida, determinado por las condiciones ambientales regionales, principalmente en cuanto a los sistemas del relieve, hídrico y climático.

Así, se identifican en Tlaltizapán las siguientes formas del relieve producto de una actividad tanto tectónica y volcánica como erosiva-acumulativa. Formas del relieve de origen volcánico:

- Coladas de lava basálticas. Es una forma que se dispone con forma de corriente, su longitud y espesor están determinadas por el grado de viscosidad y fluidez del basalto, así como por la pendiente del terreno. Se localiza al oeste del municipio cercano a la localidad de Santa Rosa Treinta al noreste del municipio.
- Formas del relieve de origen tectónico. De litología sedimentaria, principalmente de roca caliza, conglomerados y lutita-arenisca.
- Lomeríos cársticos denudatorios. Son anticlinales principalmente de calizas. Se localizan al centro norte y oeste del municipio, tienen pendientes que llegan a superar los 15° y presentan una red fluvial superficial con procesos de disolución en las depresiones.

Formas del relieve erosivo-acumulativo

- Planicie aluvial. Superficie amplia a manera de terraza acumulativa fluvial, se puede identificar como un conjunto de terrazas o llanuras de inundación. En Tlaltizapán, la planicie aluvial posee depósitos de aluvión, formados por corrientes fluviales que atraviesan el municipio en general en dirección norte-sur, se localizan en el centro de la zona en estudio y en la sección oeste.
- Piedemonte. Es una superficie marginal a las elevaciones de las que se distingue por una pendiente y alturas considerablemente menores.

En lo que se refiere al Sistema Ambiental, el análisis del sistema de topoformas revela un territorio dominado por dos grandes unidades del relieve: sierras de laderas escarpadas (51.47%) y lomeríos típicos (48.44%). Estas dos categorías abarcan de manera prácticamente equitativa la totalidad del área, dejando una fracción mínima (0.09%) para los valles de laderas tendidas.

Esta configuración topográfica implica un paisaje donde predominan las pendientes fuertes y las elevaciones montañosas, alternadas con áreas de lomeríos más moderados, pero con una ausencia casi total de superficies extensas de valle o llanura.

Caracterización de las Unidades de Topoformas

Sierra de laderas escarpadas (Clave 100-0/06)

Esta unidad constituye el sistema de topoformas de mayor extensión dentro del área analizada, abarcando 816.03 hectáreas, lo que representa el 51.47% del total.

Definición morfológica: Las sierras se definen como alineaciones montañosas caracterizadas por pendientes pronunciadas —generalmente superiores al 30%—, crestas afiladas o redondeadas y valles encajados. En el caso específico de la "sierra de laderas escarpadas", las vertientes presentan una inclinación fuerte a muy fuerte (usualmente >45%), con disección vertical acentuada y procesos de erosión regresiva. Estas geoformas suelen asociarse a relieves de origen tectónico o volcánico, donde los procesos denudativos han modelado laderas de alto gradiente.

Esta topoforma es frecuente en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur, donde los sistemas montañosos alcanzan altitudes significativas y generan contrastes topográficos abruptos. En el área de estudio, representa casi la mitad del territorio, lo que indica un predominio de relieves accidentados.

Lomerío típico (Clave 200-0/01)

El lomerío típico ocupa **767.94 hectáreas**, equivalentes al **48.44%** del total, posicionándose como la segunda unidad en importancia por su extensión.

**Definición morfológica:** El lomerío se define como una formación del relieve caracterizada por elevaciones de baja altitud relativa —generalmente no superiores a los 100 metros de desnivel—, con pendientes suaves a moderadas (típicamente entre 5% y 15%) y formas redondeadas o convexas. Los valles asociados a este tipo de relieve suelen ser poco profundos y de fondo ancho, y la red de drenaje tiende a ser de baja densidad.

Se trata de un relieve transicional entre las llanuras y las sierras, originado por movimientos tectónicos leves en los márgenes de las grandes montañas o por procesos de denudación sobre rocas blandas. El lomerío típico puede presentar una amplia variedad de sustratos litológicos, desde rocas sedimentarias hasta depósitos volcánicos.

Valle de laderas tendidas con lomerío (Clave 602-0/02)

Esta es la unidad de menor extensión dentro del análisis, con apenas **1.48 hectáreas** (0.09% del total).
**Definición morfológica:** Los valles se definen como geoformas deprimidas, alargadas, estrechas o anchas, siempre inclinadas en el mismo sentido desde aguas arriba hacia aguas abajo. En este caso particular —"valle de laderas tendidas con lomerío"— se trata de una depresión de fondo plano o ligeramente ondulado, flanqueada por laderas de baja pendiente (tendidas) que se integran con pequeñas elevaciones de tipo lomerío dentro del mismo valle.

Esta topoforma corresponde típicamente a valles intermontanos o valles fluviales ensanchados, donde los procesos de sedimentación han generado superficies subhorizontales, mientras que los lomeríos asociados representan remanentes de relieve residual o conos de deyección.

***Análisis de Superficie y Distribución***

**Tabla IV. 4 Sistema de topoformas en el Sistema Ambiental.**

| Clave | Sistema de Topoformas | Superficie (has) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| 100-0/06 | Sierra de laderas escarpadas | 816.03 | 51.47 |
| 200-0/01 | Lomerío típico | 767.94 | 48.44 |
| 602-0/02 | Valle de laderas tendidas con lomerío | 1.48 | 0.09 |
| | *Total* | *1,585.45* | *100.00* |

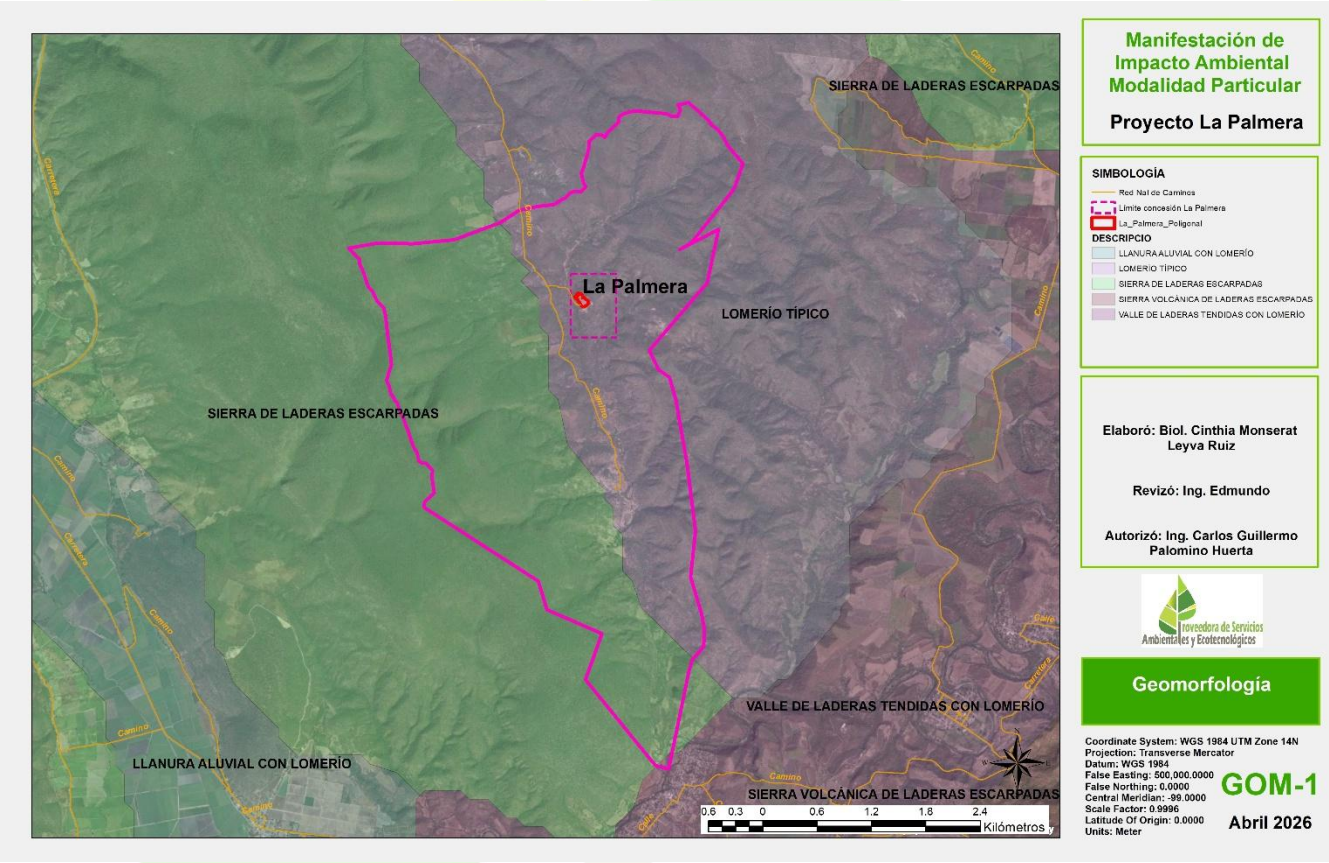



**Figura IV. 8 Geomorfología del Sistema Ambiental.**

***Características del relieve***

La altitud máxima del SA es de 1450 metros sobre el nivel del mar (msnm), localizado en el límite norponiente, esta zona comprende el parteaguas de la microcuenca, la zona más baja tiene una altitud 890 msnm, se localiza en la parte sur del SA que a su vez forma la parte más baja de la microcuenca.

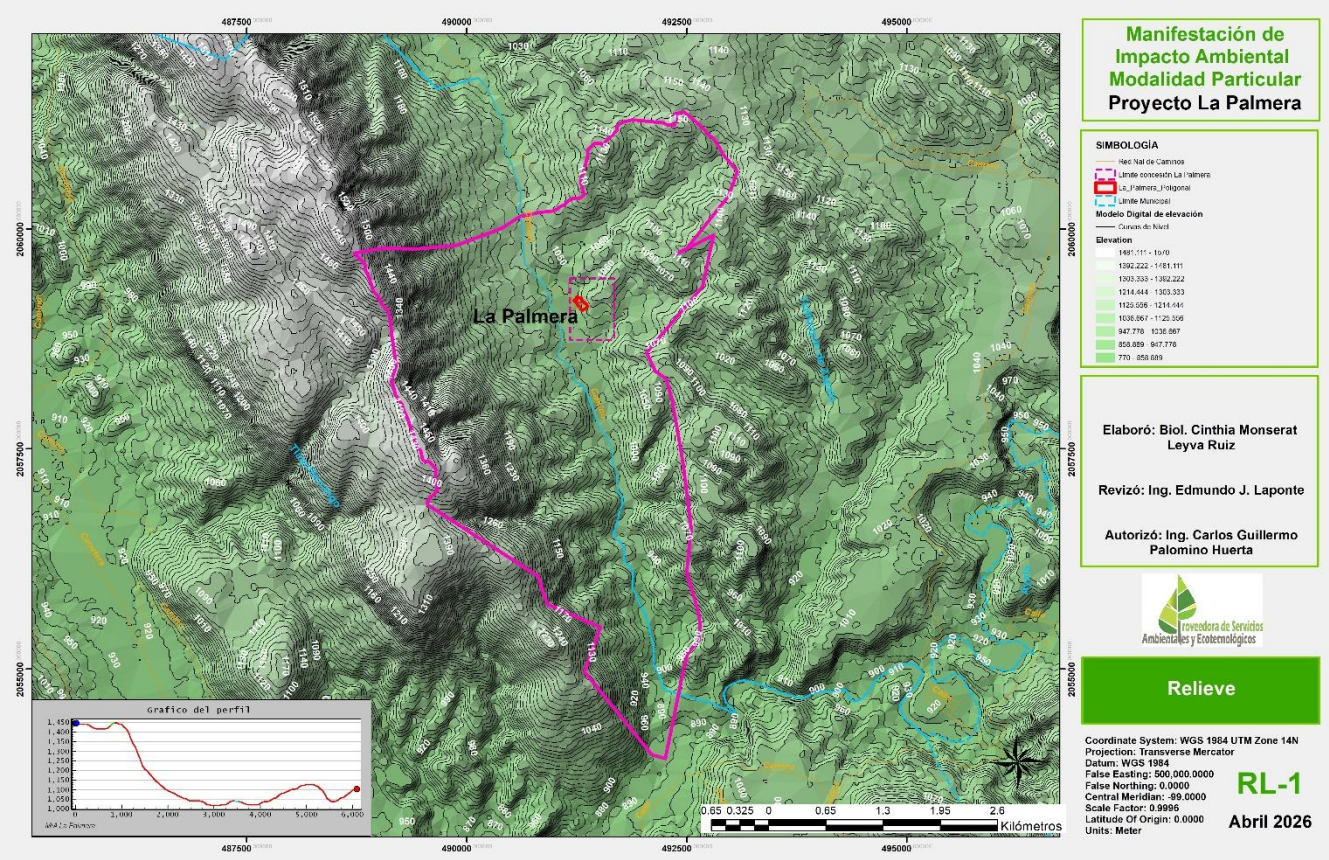



**Figura IV. 9 Relieve del Sistema Ambiental.**

***Presencia de fallas y fracturamientos***

La revisión cartográfica de INEGI escala 1:250,000, muestra que dentro del municipio se localizan tres fallas definidas paralelas entre sí: Una inversa, que define como morfoalineamiento a Sierra Monte Negro, localizada al norte de Tlaltizapán; una más, falla normal, al oeste de Ticumán, y una tercera localizada entre estas dos al norte de la cabecera municipal. Las tres se asocian principalmente a contactos litológicos y a movimientos tectónicos de compresión que generan anticlinales y sinclinales.

Actualmente no se tienen reportes de que las fallas estén activas y no existen evidencias de ello en la infraestructura poblacional. De igual manera una serie de fracturas distribuidas en todo el territorio municipal son identificadas en la cartografía de INEGI escala 1:250,000, sin que por ello se reporten

afectaciones directas a zonas de asentamientos humanos. La inactividad de las fallas indica que la vulnerabilidad de las localidades es baja ante estos peligros, sin embargo, su estrecha relación con la sismicidad regional, podrían eventualmente ampliar la probabilidad de que ocurra un desastre.

La identificación y caracterización de fallas y fracturas es un componente fundamental en la evaluación del peligro geológico, ya que estas estructuras representan zonas de debilidad en el terreno que pueden condicionar procesos de inestabilidad de laderas, subsidencia y sismicidad. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) establece que la zonificación de peligros debe basarse en un análisis jerarquizado de métodos, evidencias e indicadores de vulnerabilidad. A continuación, se evalúan un conjunto de nueve rasgos lineales (morfoalineamientos inferidos y fracturas definidas) asociados a la amenaza 9, conforme a los lineamientos del CENAPRED.

El análisis se fundamenta en la información contenida en los registros, la cual fue generada a partir de dos fuentes principales: a) Mendoza Consultoría Especializada S.C., y b) la Carta Geológica del INEGI a escala 1:250,000. La evaluación de la confiabilidad y el nivel de detalle de cada rasgo se realizó considerando los niveles de complejidad metodológica definidos por el CENAPRED, donde el "Método 1" representa el nivel más básico de estudio y obtención de información, incrementándose la complejidad y certidumbre con métodos de mayor jerarquía.

Resultados

Fuente: Mendoza Consultoría Especializada S.C. Se documentaron dos Morfoalineamientos asociados a fracturas de orientación Noroeste-Sureste, clasificados con un carácter "Inferido" e Intensidad 5. Sus longitudes son de 1013.80 m y 6226.95 m, respectivamente. ".

Fuente: Carta Geológica, INEGI escala 1:250,000. Se identificaron siete "Fracturas definidas" (Intensidad 4), con longitudes individuales de 520.79 m, 843.73 m, 1138.82 m, 143.61 m, 138.83 m, 278.31 m y 295.26 m.

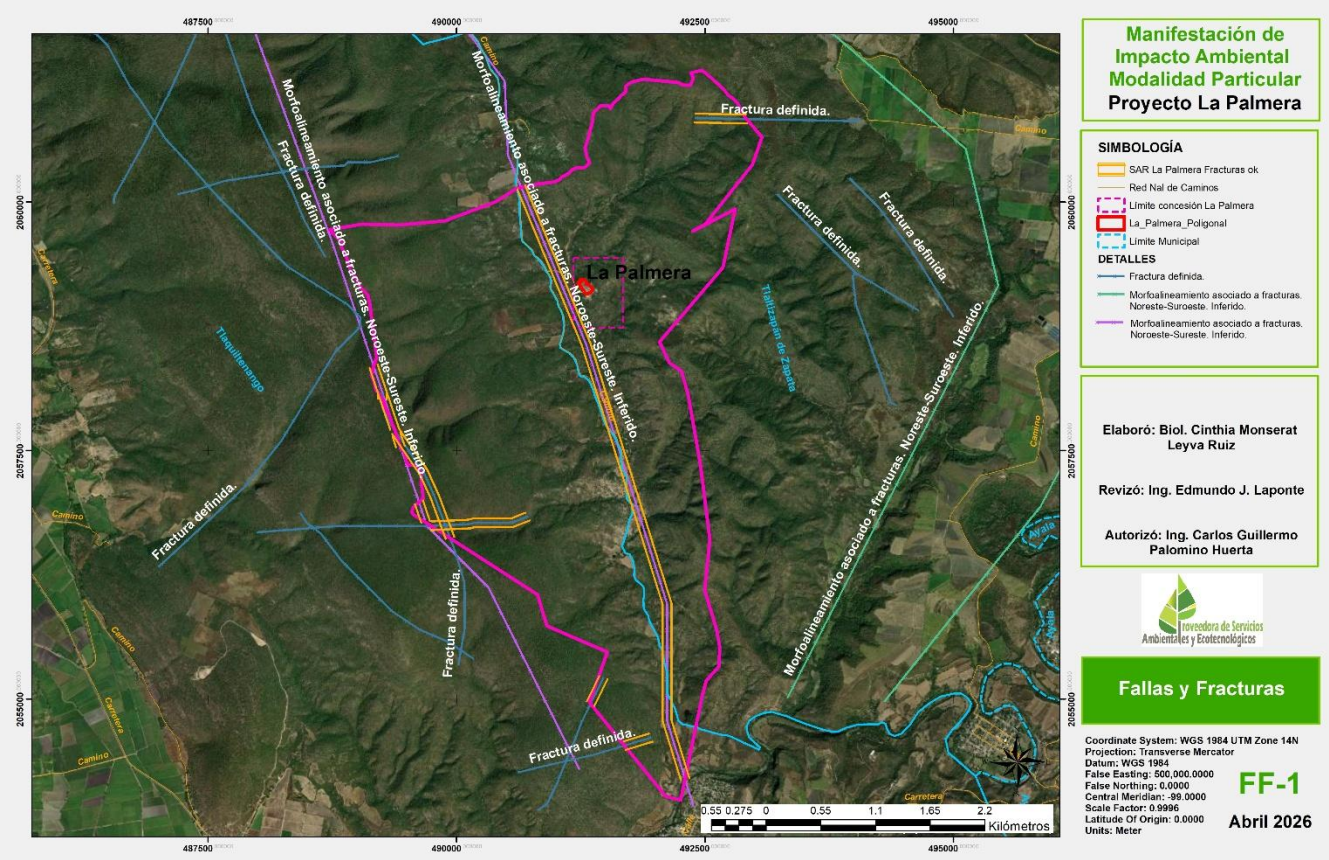



**Figura IV. 10 Fallas y fracturas del Sistema Ambiental.**

***Susceptibilidad***

*Sismicidad:*

La actividad sísmica del municipio se ve sujeta a la dinámica sísmica del territorio mexicano, misma que está representada por las fuerzas tectónicas de subducción por parte de las placas tectónicas Norteamericana y de Cocos, por un lado, y por el otro, por las fuerzas de separación de las placas de Rivera y del Pacifico (Figura 11).

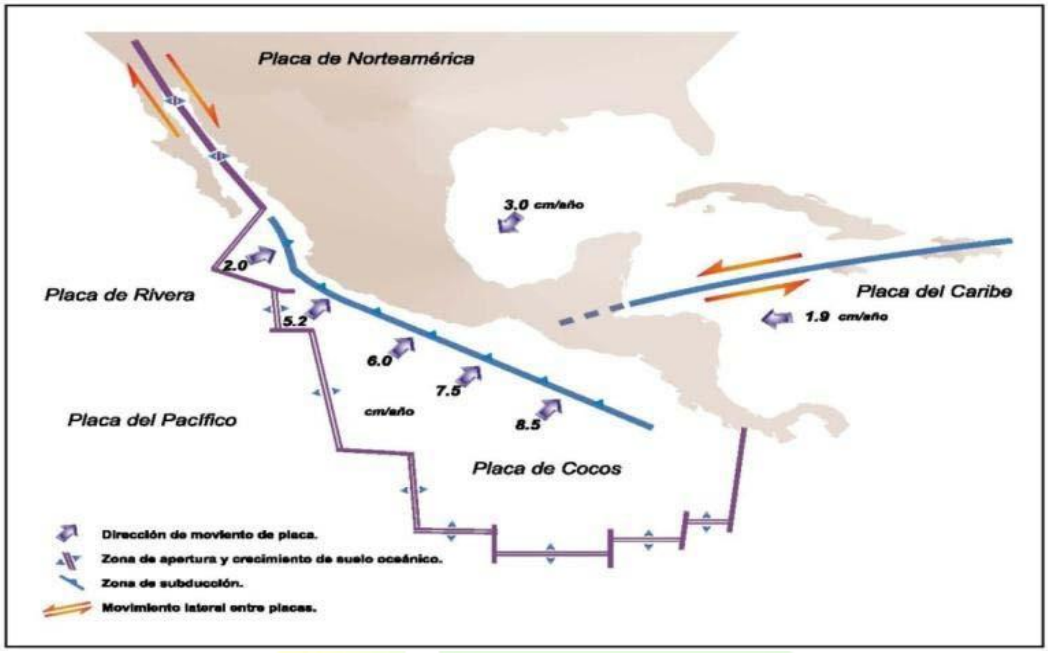



**Figura IV. 11 Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio.**

Según el mapa de Regionalización Sísmica de México desarrollado por la Comisión Federal de Electricidad, Tlaltizapán se localiza en la Región B y C, así, los niveles de sismicidad y de aceleración propios de estas zonas están acotados por los valores correspondientes de A y D; los temblores grandes son poco frecuentes y se estima que las aceleraciones se mantendrán por debajo del 70%.

Según los registros del Servicio Sismológico Nacional, los sismos históricos del estado de Morelos no superan los 4° de intensidad en la escala de Richter, aunado a esto, comentarios de pobladores del municipio no registran en su memoria, exceptuando el sismo del 19 de septiembre de 1985, algún otro evento sísmico de gran magnitud.

La peligrosidad sísmica que el municipio puede presentar se relaciona también con la base litológica del territorio, en términos generales, las zonas de más peligrosidad ente un fenómeno de mayor magnitud sísmica se pueden presentar en los depósitos aluviales, mismos que por su contenido de arcillas pueden actuar como una “gelatina” ante un sismo; con peligrosidad media las zonas de caliza, conglomerado, lutita y arenisca que dependiendo de su estado de intemperismo o consolidación de materiales, la pendiente del terreno y en el caso de la caliza, en el acomodo de sus estratos, podrían generar afectaciones a la población en combinación con un sismo; y con peligrosidad baja, las zonas de derrames basálticos, dada su dureza, estructura y forma en que está dispuesta.

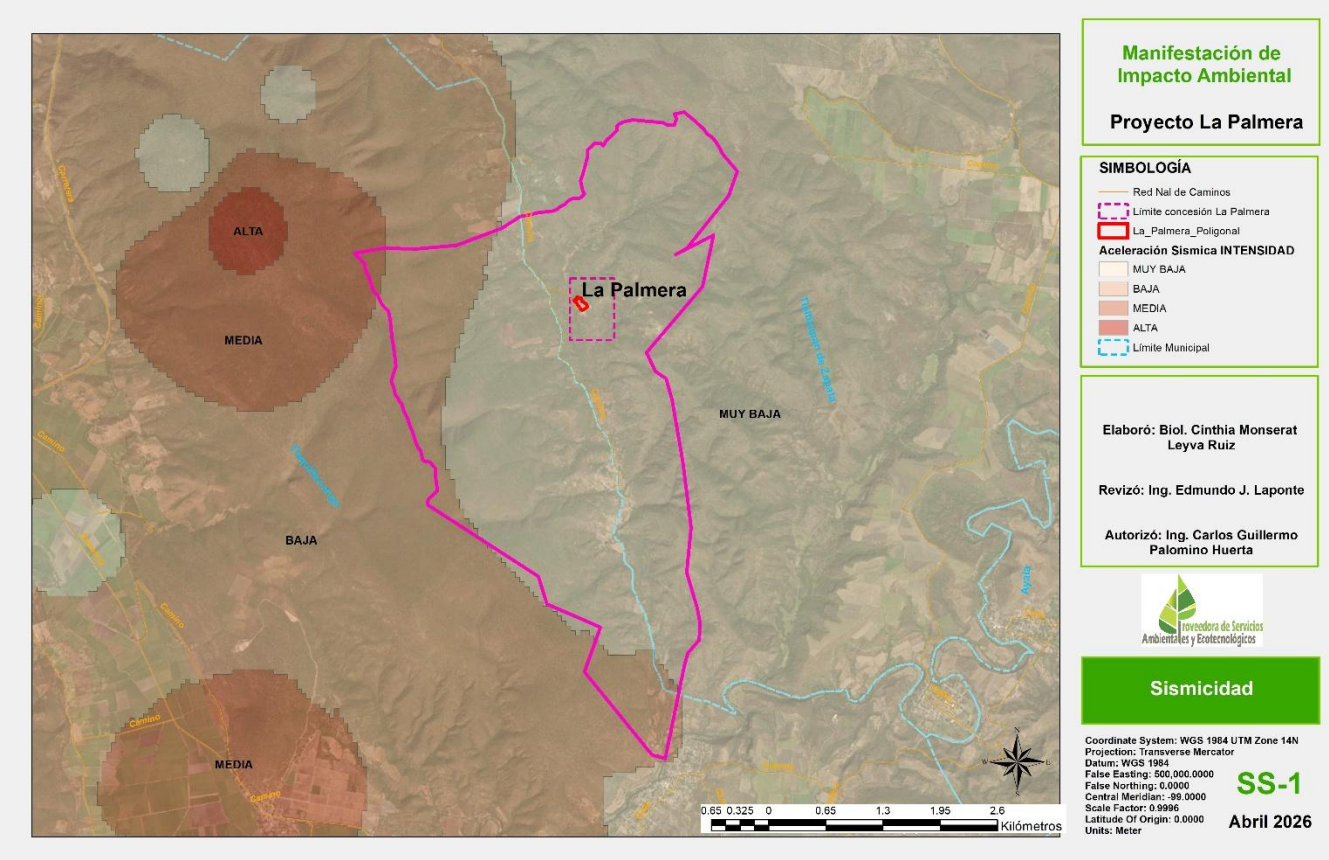



**Figura IV. 12 Sismicidad del Sistema Ambiental.**

Deslizamiento:
Los deslizamientos representan movimientos de remoción en masa que se analizaran en conjunto con los procesos de derrumbes y flujos (Ver Movimientos de remoción en masa).

Los procesos de inestabilidad de laderas se emplean para designar a “los movimientos talud abajo de materiales térreos” y suceden generalmente en las áreas de relieve escarpado (montañas, lomeríos), se desencadenan por algún factor como el exceso de agua en los taludes, un sismo, erupciones volcánicas, o por acción de la pendiente o la gravedad. Así, los deslazamientos, derrumbes y flujos son peligros que representan movimientos de remoción en masa que en general dependen de diversos factores que los producen:

- Pendientes del terreno superiores a los 20°.
- Materiales litológicos poco consolidados y/o de fácil reblandecimiento por exceso de agua.
- Lluvias intensas y/o constantes y/o extraordinarias.
- Obras civiles que generen alteraciones en las laderas de los cerros.

- Dinámica tectónica activa representada por fallas, fracturas y/o sismos.

En el municipio, tanto las pendientes de los lomeríos y planicies no representan un elemento que provoque este tipo de peligros; las pendientes más pronunciadas se presentan en Sierra Monte Negro y en los lomeríos al sur del municipio, lugares en los cuales la densidad de población es baja. Por otro lado, mediante trabajo de campo no fueron identificadas zonas propensas a sufrir movimientos de remoción en masa: no fueron identificados cortes de carreteas con laderas de altura considerable o cortes por levantamiento de infraestructura o materiales litológicos poco consolidados o visiblemente intemperizados. En el caso de los lomeríos de roca caliza, la vegetación presente sobre ellos no indica ningún tipo de movimiento reciente o antiguo. A partir de estas características, se concluyó que estos peligros no están presentes en el municipio. Fue realizado, sin embargo, mediante la elaboración de un modelo espacial de análisis multicriterio, un mapa a escala municipal de posibles movimientos de remoción en masa. Se utilizaron los siguientes mapas:

- Litología
- Edafología
- Pendientes
- Precipitación
- Vegetación y uso del suelo

**Tabla IV. 5 Ponderación de cada uno de los elementos involucrados en los procesos de remoción en masa.**

| Litología | | Edafología | | Precipitación | | Vegetación y Uso del Suelo | | Pendiente | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo | Valor | Tipo | Valor | Tipo | Valor | Tipo | Valor | Grados | Valor |
| Aluvial | 2 | Rendzina (textura fina - fase física lítica) y castañozem cálcico (textura media - fase física lítica) | 2 | 900 - 1000mm medios anuales | 2 | Agricultura de temporal, Pastizal inducido | 3 | 30 - 45 | 2 |
| Caliza, conglomerado, lutita y arenisca. | 3 | Feozem calcárico (textura media - fase física lítica profunda) y castañozem cálcico (textura media - fase física pedregosa) | 3 | 800 – 900 mm medios anuales | 3 | | | 15 – 30 | 3 |
| Derrames basálticos | 4 | Feozem calcárico (textura fina y media - fase física lítica pedregosa) y vertisol pélico (textura fina - fase física lítica profunda) | 4 | 700 - 800mm medios anuales | 4 | Agricultura de riego, Asentamiento humano, Selva baja caducifolia | 4 | 3 – 15 | 4 |
| | | | | | | | | 0 – 3 | 5 |

Donde los valores de ponderación corresponden con un rango de alta a muy baja susceptibilidad para generar procesos de remoción en masa, quedando de la siguiente manera:

2 = Alta
3 = Media
4 = Baja
5 = Muy baja

Derrumbes: Al igual que los deslizamientos, los derrumbes son procesos de remoción en masa, los cuales, en el Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán, Morelos, son definidos mediante análisis multicriterio (Ver Movimientos de remoción en masa).

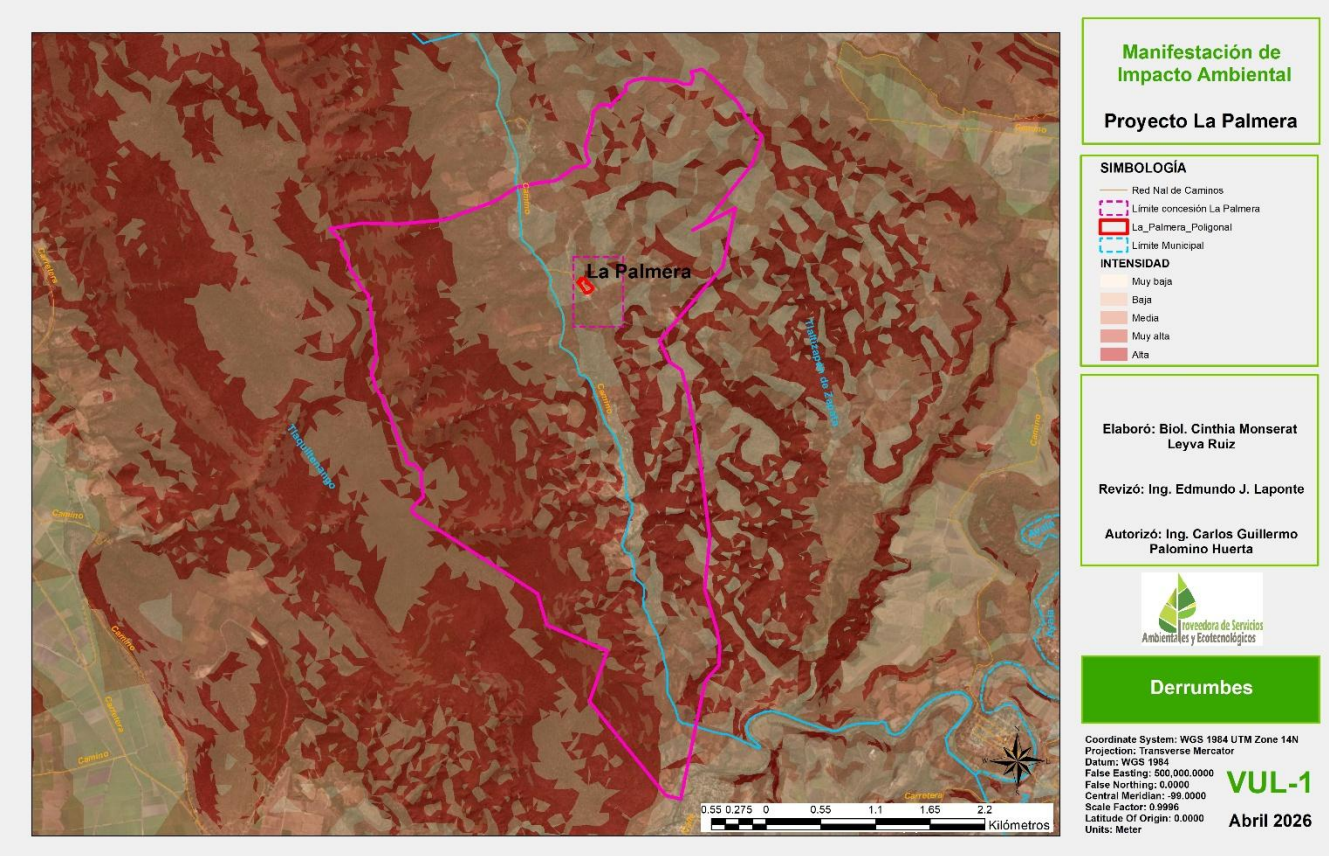



**Figura IV. 13 Derrumbes del Sistema Ambiental.**

Hundimientos: Es un movimiento vertical descendente de roca, suelo o material no consolidado, por acción y efecto de la gravedad. Son zonas en donde ha ocurrido colapso por gravedad, disolución y

derrumbes de techos de cavernas naturales o hechas por el hombre, como por ejemplo las minas subterráneas en terrenos poco consolidados. También comprende los hundimientos menores debido a compactación del terreno o por reacomodo del suelo por sobre extracción de aguas subterráneas.

Mediante observaciones en trabajo de campo no fueron observadas evidencias de que este fenómeno se haya presentado en el municipio, de igual manera, comentarios de habitantes del municipio entrevistados no recuerdan eventos pasados o presentes relacionados con hundimientos en el terreno. Inundaciones: Son el flujo o escurrimiento de agua originado por lluvias, desbordamientos de ríos, rompimiento de presas entre otros casos, que generan grandes cantidades de agua, agravado por la deficiencia de la capacidad de drenaje, acumulación de basura y condiciones topográficas de una zona o región que ponen en peligro la vida, las actividades humanas, los bienes y los servicios. Algunos de los factores que condicionan a las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos.

El principal peligro identificado en el municipio de Tlaltizapán se relaciona con la temporada de lluvias (verano) y con las lluvias extraordinarias; según los registros de desastres ocasionados por peligros naturales, el análisis de la cartografía base, y de acuerdo con el sistema regional, tanto meteorológico y climático como fisiográfico, permiten determinar que las inundaciones son el principal peligro al que está expuesto el municipio.

En el “Diagnóstico nacional de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres” preparado por Mansilla y Rubio en 2010, Tlaltizapán se clasifica dentro de los municipios con población objetivo por riesgo hidrometeorológico, prioridad 2, con 4 registros de eventos, una población total objetivo de 44,733 habitantes en 2005, y 49.15 de la población en situación de pobreza patrimonial.

Son varios los elementos del medio natural que interactúan entre sí para definir a Tlaltizapán como una zona altamente vulnerable a sufrir inundaciones:

- Más de 600 mm. anuales de lluvia y precipitaciones que llegan a superar los 100 mm. en un día, provocan que el caudal del río Yautepec aumente considerablemente durante la temporada de lluvias, mayo-julio, y lluvias extraordinarias.
- El aumento del caudal del Río Yautepec debido a la precipitación en la parte alta de la Sierra Chichinautzin provoca que en Tlaltizapán el Río crezca de manera súbita e inunde la planicie aluvial sobre la cual drena sus aguas.

- El río Yautepec discurre sobre una planicie de inundación en promedio de 1km de ancho que es defina por dos barreras orográficas paralelas al cauce del río, Sierra Montenegro al Oeste y Sierra Temilpa-Palo Grande al Este, con un desnivel que va de los 1038 metros al norte del municipio y 918 metros al sur. Estos 120 metros de diferencia entre la parte alta y baja generan una pendiente promedio de 1°. Lo anterior ha dado que el Río Yautepec forme en su recorrido meandros que actualmente facilitan el desbordamiento de sus aguas.

Temperaturas máximas extremas:

Fueron identificadas tres zonas de peligrosidad por este fenómeno:

Muy alta. Temperaturas superiores a los 33°C entre los meses de marzo, abril, mayo y junio principalmente, y en condiciones atmosféricas modificadas por fenómenos extraordinarios como El Niño, puede extenderse a todos los meses del año. En estos casos la condición de estrés de la vegetación es significativa, las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan. Su distribución abarca principalmente la planicie aluvial de Tlaltizapán y los lomeríos del sur del municipio.
Alta. Temperaturas de entre 30° y 33°C en todos los meses del año independientemente de fenómenos atmosféricos extraordinarios. Incomodidad extrema. La deshidratación se torna evidente. Las tolvaneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades. Se distribuye en zonas de lomeríos; por ejemplo, Sierra Monte Negro.

Media. Temperaturas menores a 30°C pero superiores a 27°C. Condiciones normales en el municipio. Incomodidad. La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos. Se relaciona con las partes de mayor altitud en Tlaltizapán y se distribuye en una pequeña zona al norte de este.

Sequias

Resultado del modelo descrito, fue la clasificación del territorio de Tlaltizapán en tres zonas con algún grado potencial de sufrir sequias:

Zonas con probabilidad muy alta de sufrir sequias, considerando presencia o ausencia de manantiales y/o tanques de agua, precipitación, temperaturas medias máximas y tipo de vegetación y uso del suelo. Se distribuye en el sur y este del municipio, principalmente en los lomeríos.

Zonas con probabilidad alta de sufrir sequias. Abarca la mayor superficie del territorio municipal, cubriendo tanto zonas agrícolas de riego y temporal como asentamientos humanos.

Zonas con probabilidad media de sufrir sequias. Localizada al norte del municipio en los límites con Yautepec, corresponde con la isoyeta de menor precipitación promedio registrada (50mm). La localidad de Barranca Honda se ubica en esta zona.

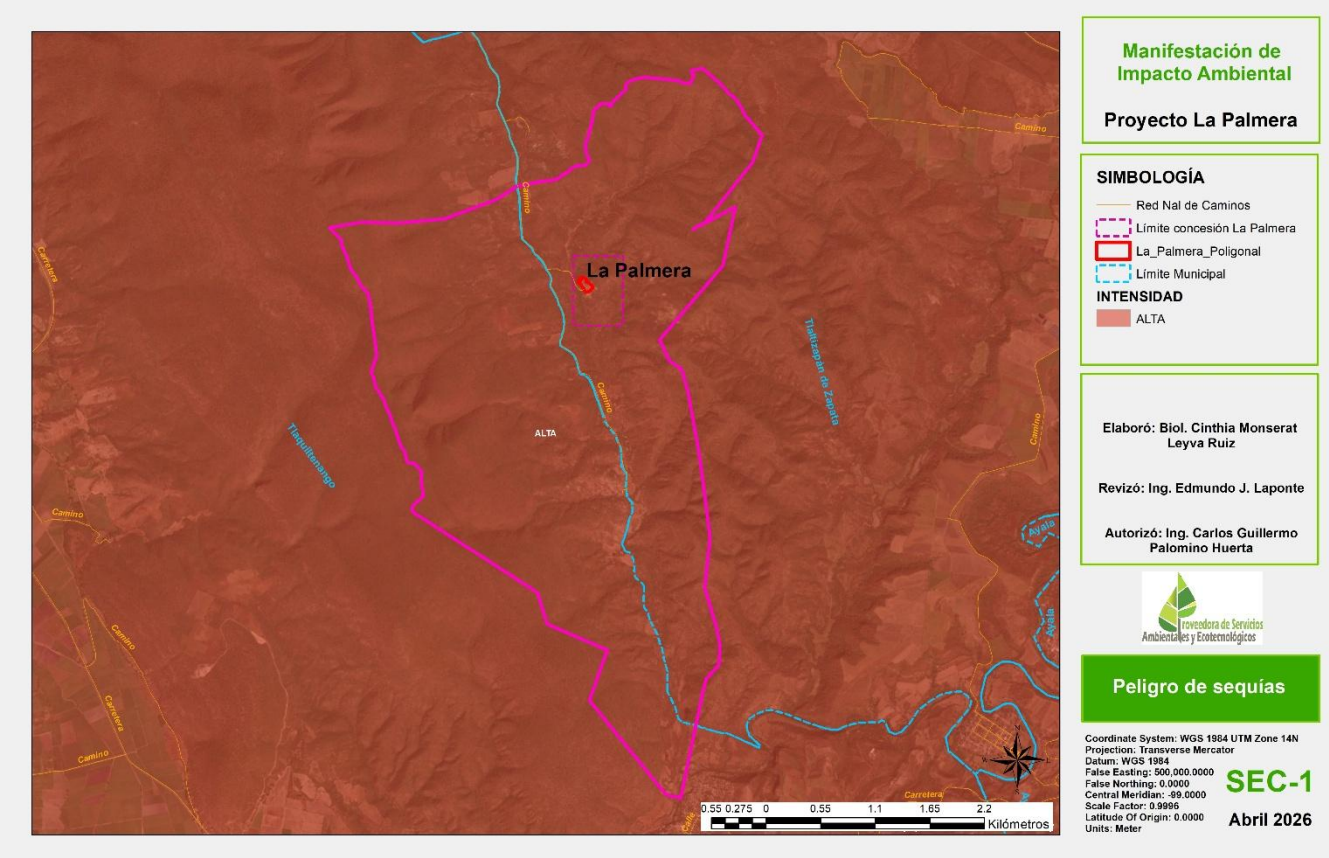



**Figura IV. 14 Peligro de sequías del Sistema Ambiental.**

Vulcanismo

Estas últimas son las más peligrosas debido a que pueden generar flujos piroclásticos a grandes temperaturas y tienen un radio de alcance mucho mayor que los otros tipos de erupción. Tlaltizapán se localiza a menos de 60km lineales del volcán Popocatépetl, uno de los volcanes más activos y peligrosos del Sistema Volcánico Transversal, tanto por sus características eruptivas tipo pliniana como por su cercanía con asentamientos urbanos como Puebla y la Ciudad de México.

De acuerdo con el Mapa de peligros del Volcán Popocatépetl, elaborado por la UNAM y el CENAPRED, el principal peligro al que está expuesto el municipio es la caída de materiales volcánicos, dicho mapa ubica al municipio dentro del área 3 por este tipo de peligro.

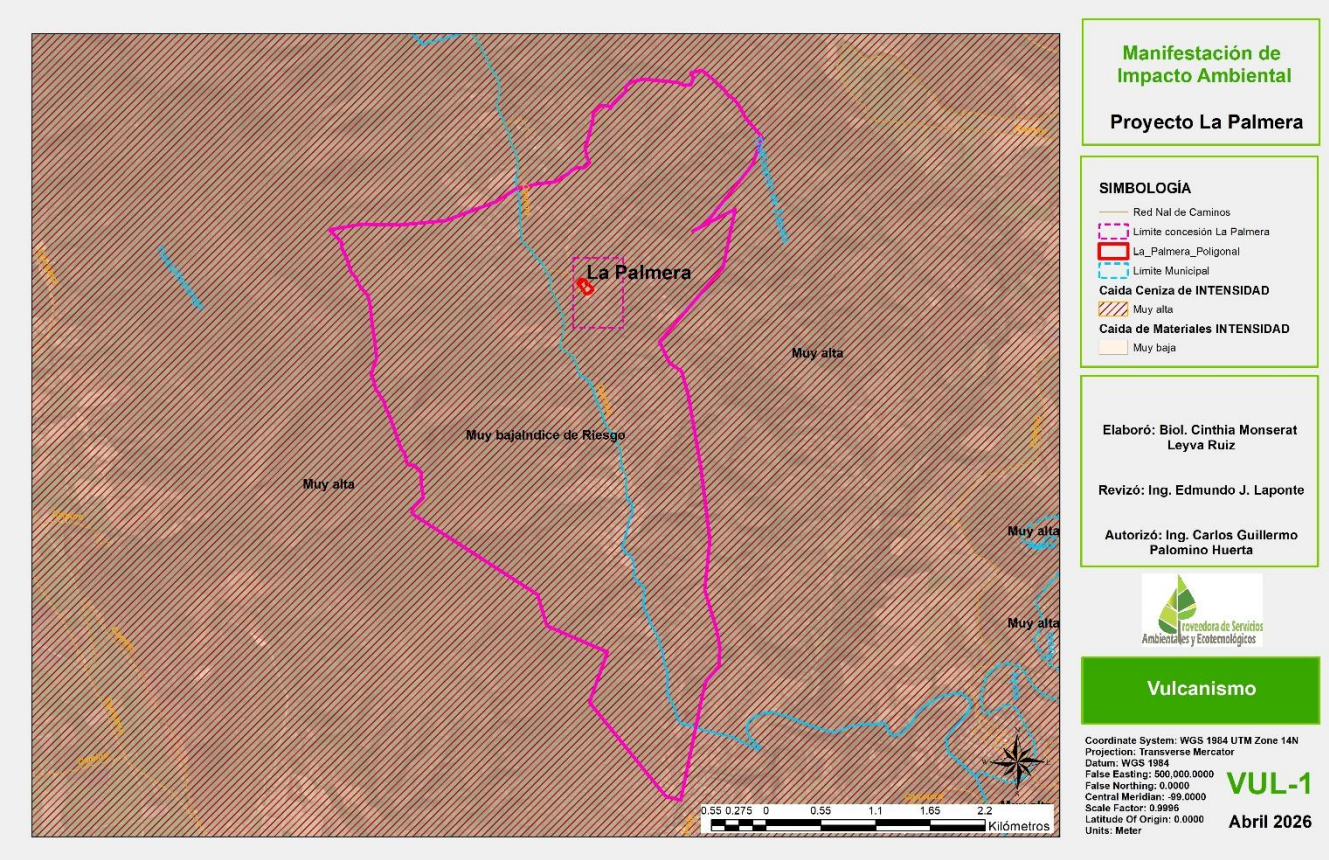



**Figura IV. 15 Vulcanismo del Sistema Ambiental.**

### *IV.2.1.4 Suelos*

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos escala 1:250,000 serie II (INEGI, 2024) y la clasificación de la World Reference Base for Soil Resources (WRB) (IUSS, 2022), en el Sistema Ambiental se identificaron las siguientes unidades de suelo, cuyas superficies y porcentajes se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla IV. 6 Unidades de suelo del Sistema Ambiental.**

| Clave WRB | Tipo de suelo | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|---|
| CHlv-lo+PHca/2P | Chernozem lúvico lóssico + Phaeozem cálcico | 209.11 | 13.23 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| KScc-lv+PHlen-ca/2P | Kastanozem cálcico lúvico + Phaeozem cálcico lénico | 922.16 | 58.33 |
| LPrz/2 | Leptosol réndzico | 449.68 | 28.44 |
| | Total | 1,580.95 | 100.00 |

***Chernozem (CH)***

De acuerdo con la WRB 2022, los Chernozems son suelos que tienen:

- Un horizonte chérnico (un horizonte superficial mineral de gran espesor, color muy oscuro, estructura bien desarollada, saturación de bases ≥50% y alto contenido de materia orgánica).
- Una capa con propiedades protocálcicas o un horizonte cálcico que comienza a ≤50 cm por debajo del límite inferior del horizonte móllico.
- Saturación de bases ≥50% en todo el intervalo desde la superficie hasta la capa con carbonatos secundarios.

En la microcuenca, el Chernozem se presenta con los calificadores lúvico (lv), que indica la presencia de un horizonte árgico (acumulación iluvial de arcillas y lóssico (lo), que refiere a material eólico como material originario. Asociado con Phaeozem cálcico (PHca).

***Kastanozem (KS)***

Los Kastanozems son suelos que tienen:

- Un horizonte móllico (horizonte superficial de color oscuro, saturación de bases ≥50%, estructura deSArollada).
- Una capa con propiedades protocálcicas o un horizonte cálcico que comienza a ≤70 cm de la superficie.
- Saturación de bases ≥50% hasta la capa con carbonatos secundarios.

El calificador cálcico (cc) indica la presencia de un horizonte cálcico, definido como un horizonte con acumulación de carbonatos secundarios ($CaCO_3$ ≥15%) y espesor ≥15 cm. El calificador lúvico (lv) indica la presencia de un horizonte árgico. El calificador lénico (len) se refiere a una acumulación en bandas (lamelas) de arcilla iluvial. El material lóssico (lo) indica origen eólico.

***Phaeozem (PH)***

Los Phaeozems son suelos que tienen:

- Un horizonte móllico (similar al Kastanozem).
- Saturación de bases ≥50% en todas partes hasta 100 cm de profundidad o hasta una capa limitante.
- Ausencia de carbonatos secundarios en el horizonte móllico (a menos que sea muy profundo).

El calificador léptico (lep) indica un suelo delgado, típicamente con roca continua a ≤100 cm. El calificador cálcico (ca) indica la presencia de un horizonte cálcico. El calificador lénico (len) indica acumulaciones en bandas (lamelas).

Leptosol (LP)

Los Leptosols son suelos que:

- Tienen roca continua que comienza a ≤25 cm de la superficie, o
- Tienen <20% (en volumen) de tierra fina más residuos vegetales, promediado en 75 cm de profundidad.
- Son suelos someros, muy pedregosos y de alta vulnerabilidad a la erosión.

El calificador mólico (mo) indica un horizonte móllico presente en el Leptosol. El calificador réndzico (rz) es un caso especial: un horizonte móllico que contiene o sobreyace directamente a material calcárico con ≥40% de carbonato de calcio equivalente. Los Leptosoles réndzicos (LPrz) son típicos sobre calizas. El calificador léptico (lep) indica delgadez.

El calificador léptico (lep) indica delgadez o presencia de roca cercana. El calificador cálcico (ca) indica acumulación de carbonatos secundarios.

Relevancia para la implementación del proyecto

Los suelos Chernozem, Kastanozem y Phaeozem dominan en el área donde se ubica el polígono del proyecto (1.0982 ha). Según la WRB 2022, estos suelos se caracterizan por:

- Alta fertilidad natural y saturación de bases ≥50%.
- Buena capacidad de carga debido a su profundidad y estructura.

Sin embargo, los Leptosols (suelos someros) presentes en el Sistema Ambiental (especialmente LPrz) tienen muy alta vulnerabilidad a la erosión. Por lo tanto, durante las actividades de preparación del

sitio y operación minera, se implementarán medidas estrictas de control de erosión: barreras vivas, terrazas, y manejo de escurrimientos.

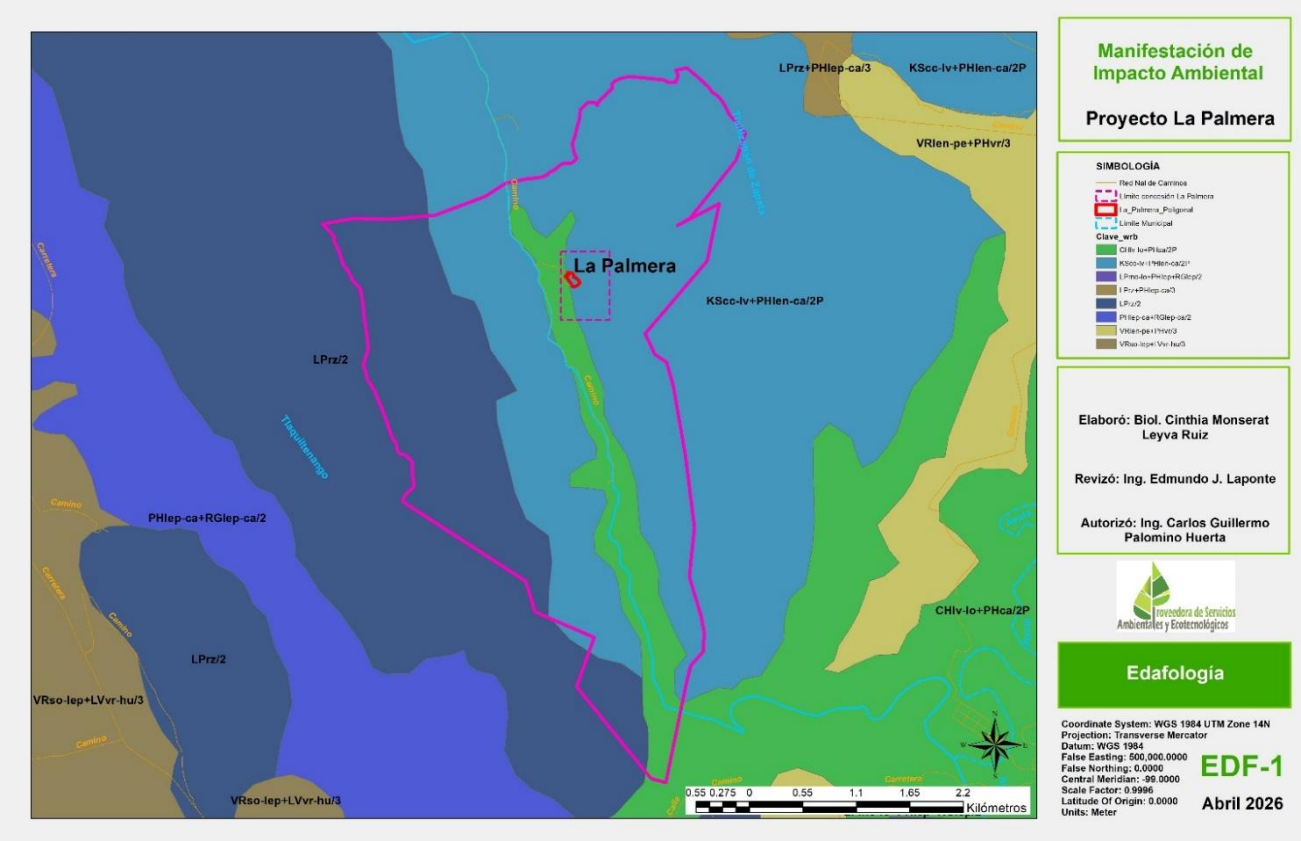



**Figura IV. 16 Edafología del Sistema Ambiental.**

### *IV.2.1.5 Geohidrología e hidrología superficial y subterránea*

***Hidrografía***

De acuerdo con la clasificación establecida por la Comisión Nacional del Agua, el Municipio al estar localizado dentro de la Región hidrológica IV-Balsas, subregión Alto Balsas, pertenece a la Región Hidrológica 18 (Cuenca del rio Grande de Amacuzac). Específicamente en la subcuenca del Rio Yautepec.

El río Yautepec que nace en las Sierra Chichinautzin y atraviesa el municipio del mismo nombre, pasa por Tlaltizapán en su sección centro en dirección norte-sur, es el principal afluente del municipio ya que

además atraviesa las localidades de Ticumán, al norte del municipio y Huatecalco al sur. El uso que se le da a las aguas de este río es tanto de abastecimiento urbano como industrial, agrícola y recreacional.

Sobre los ríos Cuautla, occidente y Ayala y Yautepec existen 21 pequeñas presas derivadoras con capacidad promedio de 110,000 m3 que en parte abastecen de agua a 14,000 ha de tres módulos de riego pertenecientes al Distrito de Riego No. 16.

La red hidrográfica del área Cuautla-Yautepec define un acomodo muy particular, en la porción norte no existe un arreglo hidrográfico definido, es hasta la ladera de la Sierra Chichinautzin donde se define una red de tipo dendrítica. En la ladera del Volcán Popocatépetl se presenta una red de drenaje tipo radial, que cambia a dendrítica en la parte baja; ambas confluyen a los colectores de la zona, el río Yautepec y el río Cuautla, afluentes del río Amacuzac. (CNA,2010).

En el predio la cercanía con estos cuerpos de agua corresponde a una distancia de 6.07 kilómetros del predio del banco al Río Cuautla, y con relación al río Yautepec se ubica a 7.6 km de distancia en relación con la propiedad del proyecto.

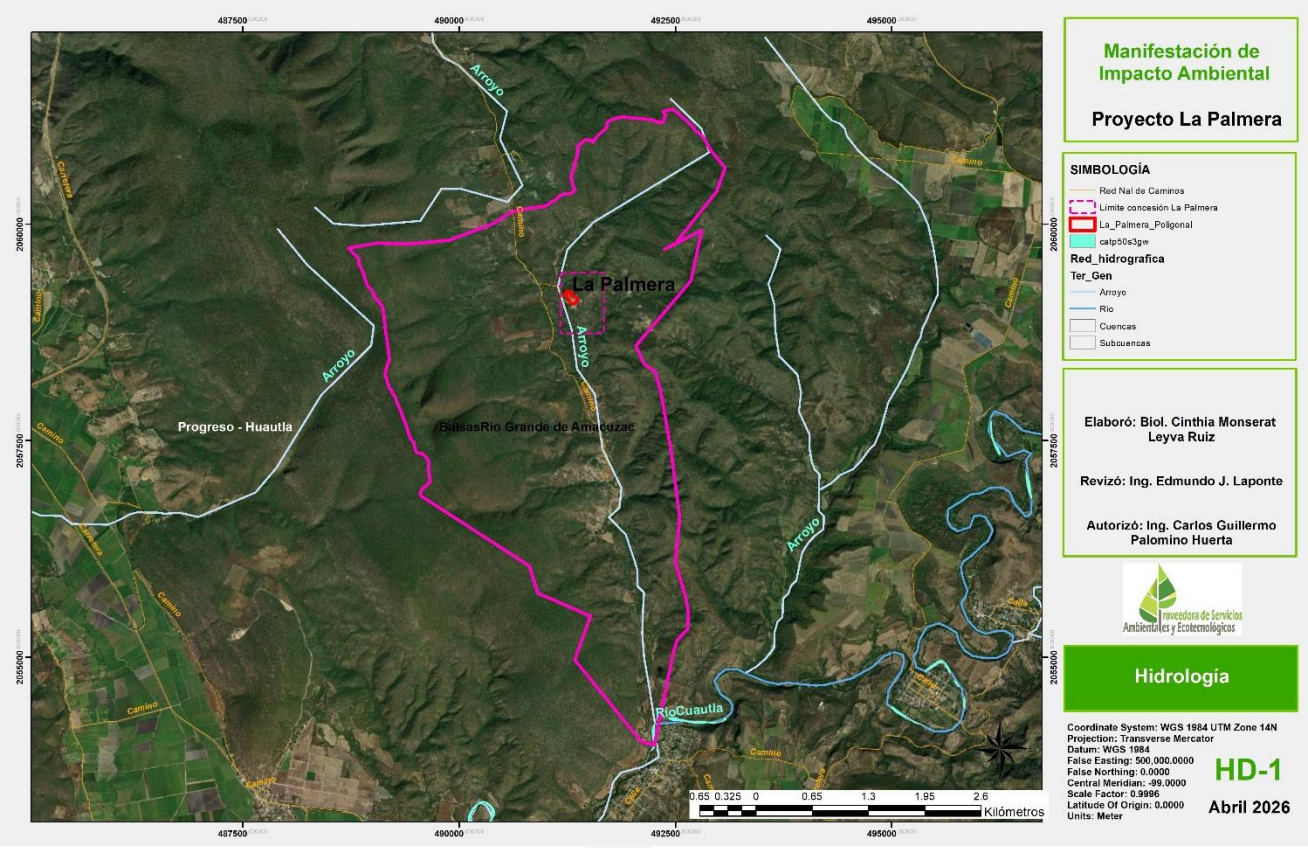


**Figura IV. 17 Hidrología del Sistema Ambiental.**

En el predio del proyecto únicamente se ubican escurrimientos perennes, por los cuales en el tiempo de lluvias son conducidos los excedentes pluviales hacia los tributarios de los ríos cercanos a la región. Asimismo, es de interés mencionar que las unidades de escurrimiento no serán alteradas por el presente proyecto, al contrario, se reservaran, ya que la alteración de estos representa el no poder realizar las operaciones de extracción ya que al tener encharcamientos no se puede operar la actividad para los que son aprovechados los recursos hídricos en la zona.

El agua de ríos y arroyos en el estado de Morelos son aprovechados en su mayoría para el uso agrícola, considerando el 87%, el 9% para uso público urbano y el restante 4% al uso industrial.

Estatus de contaminación por tipo de residuos

En el municipio de Tlaltizapán, pero principalmente los municipios ubicados aguas arriba del territorio (Tlalnepantla, Tlayacapan y Yautepec), generan contaminantes asociados a descargas municipales a los cauces superficiales que atraviesan el municipio de Tlaltizapán. Dicha problemática no es exclusiva de las zonas con actividad económica industrial, pues viviendas cercanas a los ríos suelen también descargar los desechos en los cauces o inclusive a los canales de riego que abundan en el municipio, provocando contaminación y por ende la limitación del recurso para otros sectores productivos.

En el caso del predio donde se pretende ejecutar el proyecto no existe contaminación de este tipo a razón de no existir poblaciones o asentamientos humanos cercanos por lo que la operación del proyecto deberá cumplir estrictas normas y controles para evitar contaminación al ambiente.

Acuífero

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido, en su porción superior, por los sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada que constituyen el lecho y llanura de inundación de los ríos y arroyos, así como las areniscas, conglomerados, basaltos y andesitas, que rellenan los valles con espesores de hasta 200 m.

Para la zona de estudio donde se ha elegido establecer el proyecto **explotación minera no metálica de yeso y arcilla/montmorillonita amparada por concesión minera**, se aloja en una secuencia de rocas

sedimentarias marinas, principalmente las calizas de las formaciones Morelos y Cuautla, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y/o disolución. Esta unidad puede presentar condiciones de confinamiento y semiconfinamiento debido a que están sobreyacidas por las lutitas y limolitas de la Formación Mexcala.

Con fundamento en el ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 09 de noviembre de 2023, la disponibilidad es la siguiente:

Disponibilidad Acuífero Cuautla-Yautepec

- Recarga total media anual (R): 348.60 hm³/año
- Descarga natural comprometida (DNC): 256 hm³/año
- Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS): 93.31 hm³/año
- Disponibilidad media anual (DMA) positiva: 0 hm³/año
- Disponibilidad media anual (DMA) negativa (Déficit): -0.71 hm³/año

Disponibilidad Acuífero Zacatepec.

- Recarga total media anual (R): 85.30 hm³/año
- Descarga natural comprometida (DNC): 17 hm³/año
- Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS): 59.24 hm³/año
- Disponibilidad media anual (DMA) positiva: 9.06 hm³/año
- Disponibilidad media anual (DMA) negativa (Déficit): 0 hm³/año
- Fecha de publicación en DOF: 2023-11-09
- Portal de Sistemas de Información del Agua, CONAGUA, 2026.

Condición acuífero Cuautla-Yautepec

- Subexplotado

Condición acuífero Zacatepec Condición:

- Subexplotado

Profundidad al nivel estático

De acuerdo con la configuración de la profundidad al nivel estático para el año 2010, los valores regionales varían entre 5 y 200 m, incrementándose hacia las inmediaciones de los ríos Cuautla y

Yautepec debido al efecto de la topografía. Sin embargo, en la zona específica considerada para el presente proyecto, la profundidad al nivel estático se ubica entre 400 y 500 m.

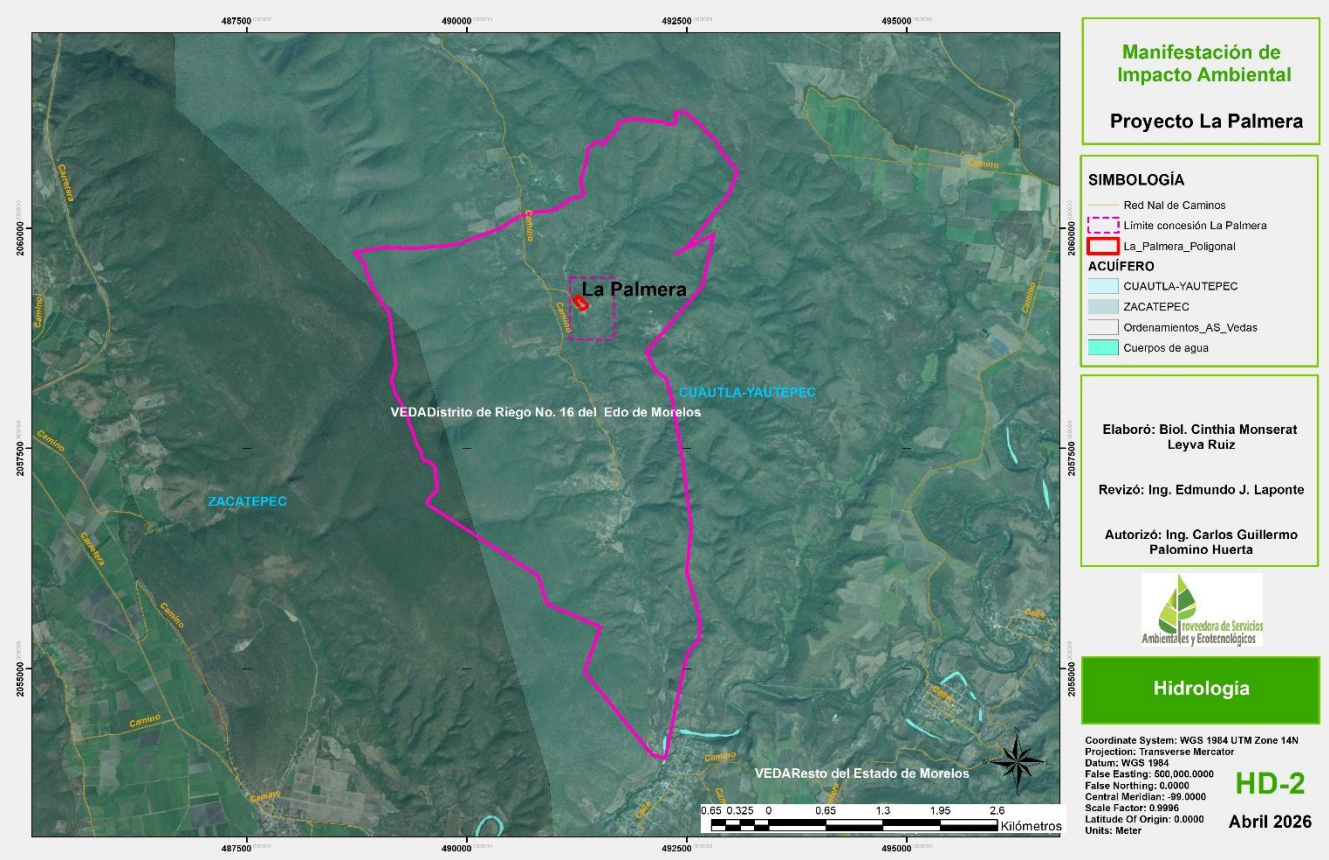



**Figura IV. 18 Acuífero del Sistema Ambiental.**

## IV.2.2 Aspectos bióticos

### *IV.2.2.1 Vegetación*

La vegetación que será afectada por el la implementación del proyecto corresponde exclusivamente al tipo **selva baja caducifolia secundaria**, ubicada en la porción centro-sur de la microcuenca, dentro del polígono solicitado de 1.0982 hectáreas. En el contexto de la microcuenca, este tipo de vegetación ocupa una superficie de **6,415.67 ha**, por lo que la afectación propuesta representa apenas el **0.017%** de la selva baja caducifolia presente en la microcuenca. Este bajo porcentaje, sumado a las medidas de restauración y compensación propuestas, garantiza que la biodiversidad, así como funcionalidad del ecosistema se mantendrán.

A continuación, se presenta la caracterización detallada de la vegetación, basada en los inventarios de campo realizados, la cual es representativa de las condiciones de la selva baja caducifolia secundaria en esta porción de la microcuenca.

***Caracterización de la vegetación***

La caracterización de la vegetación se realizó mediante inventarios. El muestreo consideró tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

***Metodología del muestreo***

El muestreo constituye una herramienta fundamental en los inventarios forestales y florísticos, ya que, a partir de una fracción representativa de la vegetación, es posible realizar inferencias confiables sobre el estado de conservación y las características volumétricas de una masa forestal o ecosistema, con un alto nivel de confianza.

Para garantizar la representatividad, el muestreo se restringe, dentro del área del (SA), exclusivamente al tipo de vegetación que será afectado por el Proyecto. Ello permite comparar los parámetros de diversidad de las especies de flora presentes en el área del proyecto (en adelante, el área del proyecto) y en la SA.

La definición de la población a muestrear se basó en la superficie de vegetación forestal existente en el área del área del proyecto, tomando como referencia el suelo y tipos de vegetación, generado *in situ* para el área de interés.

Con el fin de evaluar la densidad de la recolección de datos, se calculó la intensidad de muestreo. Para verificar la suficiencia de este, se empleó el método no paramétrico de curvas de acumulación de especies, el cual representa gráficamente la forma en que las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, ya sea en función del incremento en el número de unidades o del número de individuos. El tamaño de muestra resultante debe ser representativo, presentar una fiabilidad suficiente y cumplir con el criterio de independencia entre el muestreo realizado en la SA y el efectuado en el área del área del proyecto.

Tamaño y forma de los sitios de muestreo

Se evaluaron 3 **estratos** de la vegetación existente en el **Proyecto**: **Arbóreo, Arbustivo y Herbáceo**. Los individuos fueron categorizados con base en su forma de vida.

1. **Arbóreo** para la evaluación de los individuos de este estrato, se emplearon sitios circulares 400 $m^2$, cuyo radio fue de 11.28 m.
2. **Arbustivo:** para la evaluación de los individuos de este estrato, se emplearon sitios circulares de 100 $m^2$; cuyo radio fue de 5.64 m.
3. **Herbáceo:** para la evaluación de las herbáceas y pastos se emplearon sitios cuadrados de 1 $m^2$, cuyas dimensiones fueron de 1x1 m.

Los sitios se anidaron en un "conglomerado de sitios", semejante a los conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos; los sitios de muestreo son de diferentes tamaños por estrato, dado que los estratos tienen comportamientos diferentes en su distribución espacial (Densidad: individuos y por unidad de superficie), el diseño se observa en la siguiente figura.

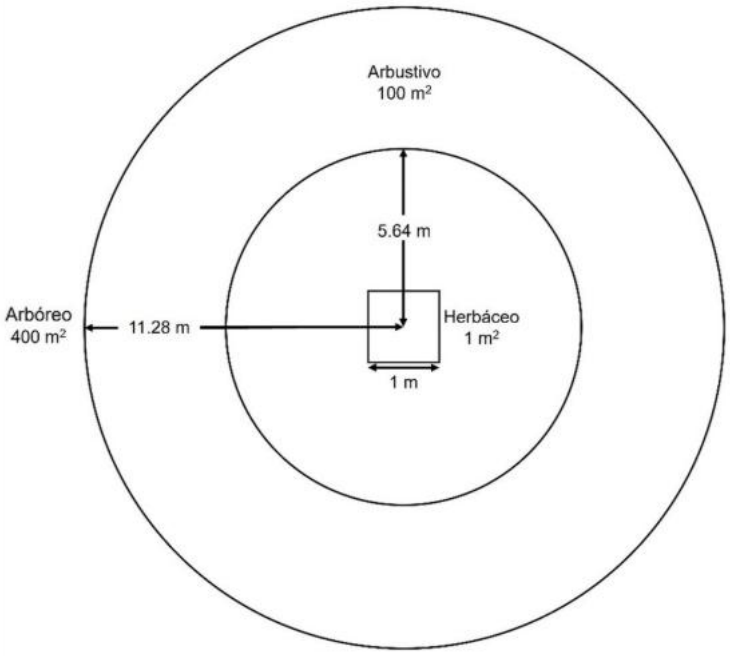



**Figura IV. 19 Forma y arreglo de los sitios de muestreo del inventario florístico y dasométrico.**

**Fuente:** Elaboración propia

El centro de cada sitio se ubicó en campo mediante un equipo GPS. Una vez georreferenciado, se marcaron el punto central y las áreas correspondientes a los estratos arbóreo y arbustivo. Para ello, se localizaron los puntos externos de cada sitio y subsitio, midiendo las distancias radiales desde el centro

hacia el exterior (excepto en el estrato herbáceo). Todos los puntos identificados fueron señalizados con cinta fluorescente.

**Tabla IV. 7 Coordenadas en proyección UTM, datum WGS 84, zona 14 norte de sitios de muestreo para vegetación.**

| Sitio | X | Y |
|---|---|---|
| SA1 | 491625 | 2060768 |
| SA2 | 492005 | 2060230 |
| SA3 | 490958 | 2059359 |
| SA4 | 490839 | 2059276 |
| SA5 | 491310 | 2059230 |
| SA6 | 489946 | 2058727 |
| SA7 | 492289 | 2059065 |
| SA8 | 492820 | 2058420 |

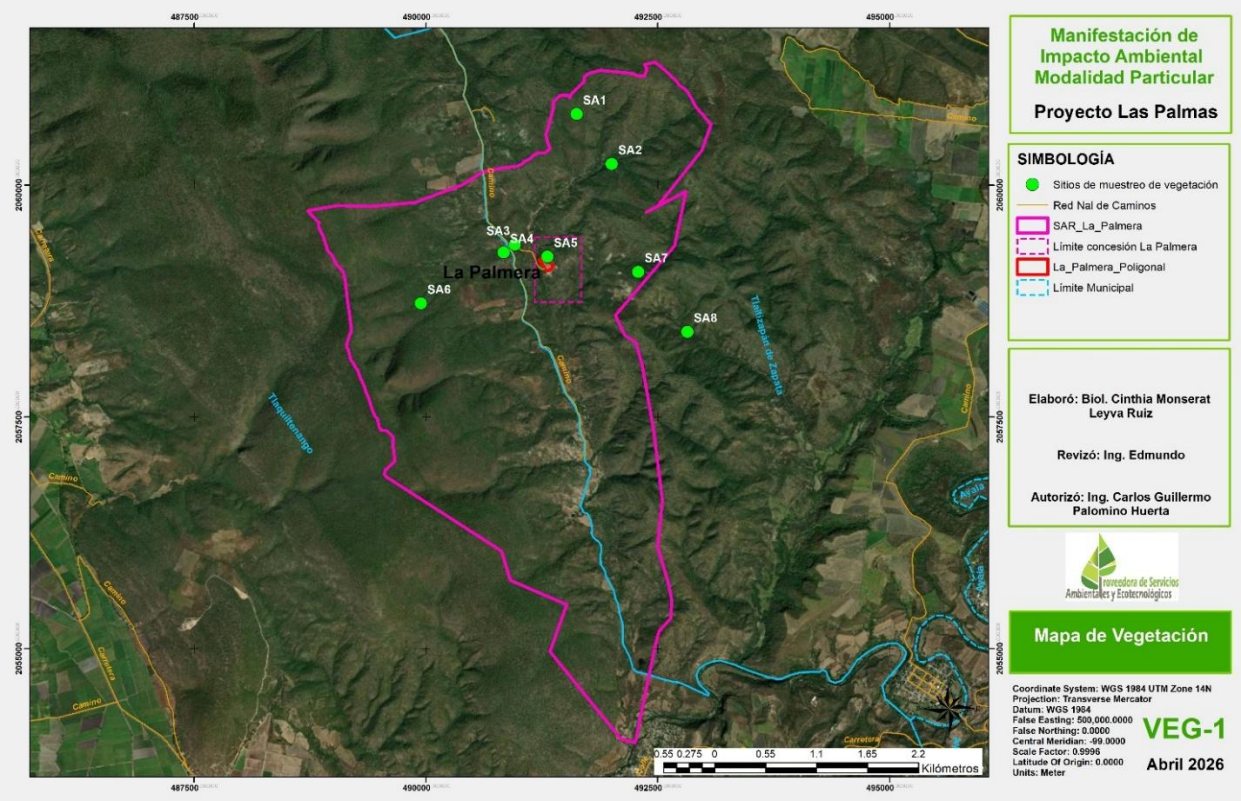



**Figura IV. 20 Ubicación de los sitios de muestreo.**

**Sitio 1 SA**



Figura IV. 21 Fotografías del sitio 1SA.

**Sitio 2 SA**



Figura IV. 22 Fotografías del sitio 2SA.

**Sitio 3 SA**



Figura IV. 23 Fotografías del sitio 3SA.

**Sitio 4 SA**



Figura IV. 24 Fotografías del sitio 4SA.

**Sitio 5 SA**



Figura IV. 25 Fotografías del sitio 5SA.

**Sitio 6 SA**



Figura IV. 26 Fotografías del sitio 6SA.

**Sitio 7 SA**



Figura IV. 27 Fotografías del sitio 7SA.

**Sitio 8 SA**



**Figura IV. 28 Fotografías del sitio 8SA.**

***Distribución y variables en los sitios de muestreo***

Con el fin de garantizar una mayor representatividad de la composición florística del tipo de vegetación, los sitios de muestreo en la SA se ubicaron en áreas que presentan el mismo tipo de vegetación que será afectado por el Proyecto. Para ello, se optó por un muestreo dirigido (o intencional).

El muestreo dirigido consiste en seleccionar las unidades elementales o muestrales de la población con base en el juicio y la opinión de los brigadistas o del responsable del muestreo. Tiene la ventaja de enfocarse, con certeza, en las unidades muestrales más relevantes. Como desventaja, la muestra no es aleatoria. No obstante, para compensar la falta de aleatoriedad, el responsable técnico forestal ubicó los sitios inicialmente en gabinete, mediante el uso de cartografía base (shape de uso de suelo y tipos de vegetación); posteriormente, los sitios fueron localizados en campo con ayuda de un GPS, con el objeto de evaluar las condiciones particulares de cada sitio (variables de interés).

Los datos que se levantaron fueron:

1. Datos de identificación del sitio:
    - Tipo de vegetación
    - Número de sitio
    - Fecha - Hora
    - Ubicación geográfica (coordenada X y Y)

2. Información ecológica (variables clasificatorias):
    - Nombre común
    - Nombre científico
    - Forma biológica
3. Información dasométrica del estrato arbóreo, arbustivo (variables cuantitativas):
    - Número progresivo del individuo hallado en el sitio
    - Diámetro normal (cm) o diámetro basal
    - Diámetro de copa (DC)
    - Altura total (m).
    - Número de brazos (arbóreo)
4. Información dasométrica del estrato herbáceo (variables cuantitativas):
    - Número progresivo del individuo hallado en el sitio de muestreo
    - Cantidad de individuos en el sitio de muestreo
    - Cobertura del estrato dentro del sitio de muestreo en porcentaje

**Nota:** En todos los estratos se midió la regeneración. Además, para evitar la sobreestimación se tomaron las siguientes consideraciones:

- Para el **estrato arbóreo**, para individuos de menos de 2 m de altura la medición fue a 1 m del suelo, para individuos de 2 m o más la medición fue a 1.30 m (diámetro normal, DAP).
- Para árboles de menos de 1.50 m el diámetro tomado fue a altura variable, entre el cuello del árbol (diámetro basal) hasta 50 cm del suelo, dependiendo de la forma del tronco.
- Para árboles de menos de 1 m la medición fue a nivel del cuello del árbol (diámetro basal).
- Para el **estrato arbustivo**, se consideraron brazos de un (uno) individuo, aquellos tallos que por su proximidad formaban "colonias", es decir un individuo con "n" cantidad de brazos. Cuando fue evidente su separación o su independencia, se registraron sus datos como organismo diferente.

***Intensidad del muestreo***

La intensidad o fracción de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, y se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

Donde:

IM = Intensidad de Muestreo
n = Número de unidades de muestra
N = Número de unidades de toda la población

Cuando se dice que se utilizará una IM de 6%, quiere decir que se muestrearán 6 de cada 100 ha y si se emplean sitios o unidades muestréales de 0.1 ha cada uno (1,000 $m^2$), se tendrán que medir 60 sitios en cada 100 ha.

Para la presente MIA, se tiene un tamaño de muestra de **8 sitios** de 400 $m^2$ cada uno, lo que equivale a 3,200 $m^2$, estos se propusieron desde gabinete sobre imagen de satélite del proyecto y se rectificaron de manera *in situ*. Con respecto a la superficie total del proyecto que es de 10,982 $m^2$ (1.0982 ha), tenemos una Intensidad de Muestreo de 29.13%.

Métodos no paramétricos

Este método se utiliza cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado. Para el presente MIA se optó por un método no paramétrico, que es la **Curva de acumulación de especies** para el tipo de vegetación estudiada. Y así obtener información florística para el cálculo y análisis de la diversidad florística, útil para el presente Capítulo.

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. En una gráfica de curvas de acumulación, el eje "Y" es definido por el número de especies acumuladas y el eje "X" por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos (Villarreal *et al*., 2006).

Para llegar a la curva de acumulación de especies se utiliza el software *EstimateS 9.10*, y los estimadores analizados son ACE, Chao 1 y Chao 2 basados en abundancia.

Procedimiento

1. Se tomó como punto inicial la base de datos construida con los datos del inventario realizado a nivel SA.

2. Se construyó una matriz de datos, en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo. Esta matriz contiene datos de abundancia. El archivo se guardó en formato de texto delimitado por tabulaciones.
3. El archivo se cargó en el programa EstimateS 9.10.
4. De la tabla de resultados tomamos en cuenta dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas.
5. Los resultados se exportaron a Excel® y se graficaron los resultados de las columnas correspondientes a S est, ACE, Chao 1 y Chao 2.

El criterio de decisión para determinar la representatividad es: A partir de proporciones **superiores al 70% l**as estimaciones de la riqueza asintótica se hacen estables (Hortal & Lobo, 2002).

La construcción y manejo de la base de datos fue a través de la Herramienta "Tablas dinámicas" de Excel®, hasta obtener una matriz de frecuencias; donde las filas corresponden a las especies encontradas y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo.

***Metodología de los indicadores de diversidad***

Para evaluar la diversidad estructural en el área de SA, se utilizó la distribución proporcional de cada especie a partir del **Índice Valor de Importancia** y para calcular la riqueza específica se utilizó el **Índice de Shannon.**

Valor de importancia relativo

La metodología empleada para determinar el Índice del Valor de Importancia se sustenta en lo descrito por Heverástico *et al*., 2003 en la Serie Botánica 74(2): 209-230 del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El **Índice de Valor de Importancia (IVI)** es la sumatoria de densidad relativa, frecuencia y dominancia relativas. El Índice de Valor de Importancia Relativo describe la estructura y composición florística de las especies en la muestra, es decir describe el nivel de relevancia de una especie determinada con respecto a las demás especies o del total de especies en función de la dimensión de los individuos. A continuación, se describe la metodología empleada para la obtención de la densidad relativa, frecuencia y dominancia relativas:

- Densidad relativa (Abundancia relativa):

La densidad (D) es el número de individuos por especie por unidad de superficie; la densidad relativa (DR) es la densidad (D) dividida por la sumatoria de las densidades de todas las especies x 100.

$$DR = \left(\frac{D}{\sum Densidades\ de\ todas\ las\ especies}\right) x\ 100$$

Donde:

DR: Densidad Relativa (Abundancia Relativa)
D: Número de individuos de una especie por hectárea (densidad o abundancia por especie)
La densidad (D) se tiene calcula a partir de la densidad por especie en la muestra dividida por el área del sitio de muestreo por estrato x 10,000:

$$D = \left(\frac{dm}{Área\ del\ sitio\ de\ muestreo\ por\ estrato}\right) x\ 10\ 000$$

Donde:

D: Densidad por especie (número de individuos de una especie por hectárea)
dm: densidad por especie en la muestra
El **área del sitio de muestreo** está dada por el diseño de muestreo, es decir para el **estrato arbóreo y epífitas** el área del sitio fue de **400 m²**, para el **estrato arbustivo** fue de **100 m²** y para el **estrato herbáceo 1 m²**.

La densidad por especie en la muestra (dm), se calcula a partir de la suma del número de individuos en la muestra por especie dividida por la suma del número de sitios por tipo de vegetación.

$$dm = \frac{\sum numero\ de\ individuos\ en\ la\ muestra\ por\ especie}{\sum número\ de\ sitios\ por\ tipo\ de\ vegetación}$$

- Frecuencia relativa:

La frecuencia (F) es el número de sitios en las que se presenta una especie y la frecuencia relativa (FR) es la frecuencia dividida por la suma de las frecuencias de todas las especies x 100.

$$R = \left(\frac{Frecuencia\ de\ la\ especie\ x}{\sum de\ las\ frecuencias\ de\ todas\ las\ especies}\right) x\ 100$$

Dominancia relativa:

La dominancia relativa en árboles, arbustos y cactáceas se calcula a partir del área basal de estos por especie, mientras que para herbáceas y pastos se puede expresar únicamente como porcentaje de cobertura por especie. Para el cálculo de área basal:

$AB = Dn^2\pi/4$
Donde:
AB: Área basal en $m^2$/ha
Dn: diámetro normal en m
π=3.1416

$$DmR = \frac{Área\ basal\ de\ la\ especie\ x}{\sum área\ basal\ de\ todas\ las\ especies}\ (100)$$

El **Índice de Valor de Importancia** (**IVI**), se obtiene de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{IVI} = DR + FR + DmR$$

Donde:
DR = Densidad Relativa
FR = Frecuencia Relativa
DmR = Dominancia relativa.

Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon-Wiener (H') como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad de la que se conoce el número total de especies (S). También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos (ni), es decir, que la

comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativas. Si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la de equitabilidad (J) debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (pi)\ x\ (ln\ x\ pi)$$

Donde:

H': Índice de Shannon-Wiener
Pi: Proporción de individuos de una especie en la muestra
S= Número total de especies en la comunidad
∑pi: Sumatoria del número de individuos de todas las especies en la muestra

De acuerdo con menciona que la base del logaritmo puede ser base "e", binario, decimal, etc. En este caso en particular se decidió optar por el logaritmo natural para cálculo de índice de diversidad para demostrar la excepcionalidad.

Ahora bien, para complementar el índice es preciso determinar la equidad 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, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

La expresión para su determinación es:

E = H'/H'max
Donde:

H´= Índice obtenido
H´max = diversidad máxima esperada
Y para la obtención de H'max es:

H´max = ln (S)

Donde:
S= Número total de especies en la comunidad

H´max = diversidad máxima esperada
LN = Logaritmo natural.

Descriptores fitosociológicos utilizados para caracterización de la estructura horizontal de la vegetación.

En el estrato herbáceo los datos que se tomaron en campo fueron cobertura (%), altura media (m) y el número de individuos, todos estos datos por especie por sitio, por tanto, para la dominancia absoluta y dominancia relativa al no contar con el diámetro y área basal como en los otros estratos, en este caso se tomó la cobertura para caracterizar la estructura horizontal del estrato herbáceo (cobertura absoluta y cobertura relativa).

Daubenmire sugiere los principales parámetros utilizados como descriptores fitosociológicos de la vegetación, los mismos que podrían ser utilizados para caracterizar la estructura horizontal de la vegetación, estos datos se indican en la siguiente tabla y son arreglados en valores crudos o absolutos y valores relativos, en relación a si representan los datos de una especie respecto de un área, o la relación entre esa especie respecto del total de especies, respectivamente.

**Tabla IV. 8 Descriptores fitosociológicos de la vegetación.**

| Parámetro | Valores Crudos | Valores Relativos | Fundamento |
|---|---|---|---|
| Densidad | No. De especies | Densidad relativa (DR) | Relación entre el número de especies |
| Cobertura | Cobertura absoluta | Cobertura relativa (CR) | Porcentaje de espacio que ocupa la especie en un área determinada |
| Frecuencia | Frecuencia absoluta (frecuencia de constancia) | Frecuencia relativa (FR) | Número de veces que se repite una especie en un área determinada |
| Dominancia | Área basal | Dominancia relativa (DoR) | Relación del área basal |
| - | Valor de Importancia Relativa | - | Relación entre DR+ FR + DoR o CR |

**Fuente**: Adaptado de Daubenmire (1968) y Mueller–Dombois & Ellemberg (1974); y Schneider & Irgang (2005).

Para este caso, se realizó utilizando la técnica de **Descriptores Fitosociológicos**, los cuales permitieron la obtención de datos relacionados a estructura y composición florística de la vegetación, adaptado de Daubenmire (1968) y Mueller–Dombois & Ellemberg (1974); y Schneider & Irgang (2005).

Para el estrato herbáceo se tomó como indicador o Descriptor Fitosociológico la cobertura (%): Cobertura Absoluta y Cobertura Relativa en el estrato herbáceo.

La **Cobertura Absoluta (%)** representa el porcentaje que cada especie del estrato herbáceo ocupó dentro de la muestra.

La **Cobertura Relativa: CR (%)** fue calculada relacionando la Cobertura Absoluta de cada especie del estrato herbáceo, entre la sumatoria de coberturas absolutas de todas las especies del estrato herbáceo encontradas por 100, mediante la siguiente fórmula:

$$CR = (CA/\sum CA \text{ de todas las especies}) * 100$$

Donde:
CA: Cobertura Absoluta (%).
CR: Cobertura Relativa (%).

***Análisis de diversidad de vegetación***

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de los inventarios de campo realizados en los ocho sitios de muestreo establecidos en la Cuenca Hidrográfica (SA), dentro de la vegetación de selva baja caducifolia secundaria. Los datos se organizan en tres componentes: riqueza y composición de especies, densidad por hectárea e índices de diversidad (Shannon-Wiener y Valor de Importancia).

Suficiencia del muestreo (Curvas de acumulación de especies)

Con el fin de evaluar si el esfuerzo de muestreo (ocho sitios, equivalentes a una intensidad del 29.28%) fue suficiente para caracterizar la composición florística de los tres estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo), se construyeron curvas de acumulación de especies con base en los datos de abundancia. Para ello se empleó el programa EstimateS 9.1.0 y los estimadores no paramétricos ACE, Chao 1 y Chao 2, siguiendo el criterio de Hortal & Lobo (2002), que establece que proporciones superiores al 70% en la certeza de la riqueza indican que las estimaciones son estables y representativas.

Los resultados obtenidos para cada estrato se describen a continuación:

- **Estrato arbóreo**: Se registraron 19 especies en total. La curva de acumulación de especies observadas (S est) muestra una tendencia a la estabilización a partir del sitio 6, y los estimadores de riqueza proyectaron valores muy cercanos a los observados (ACE = 20.09, Chao 1 = 19.25 y Chao 2 = 20.75). La certeza de la riqueza fue del 95% (ACE), 99% (Chao 1) y 92% (Chao 2), lo que

confirma que el inventario capturó prácticamente la totalidad de las especies arbóreas presentes en el área de estudio.

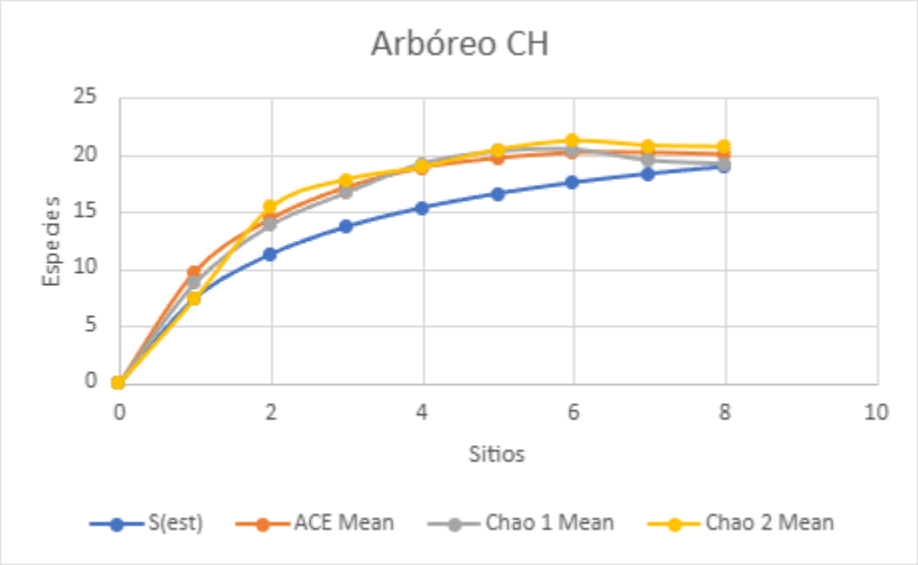



**Figura IV. 29 Curva de acumulación de especies para el estrato arbóreo.**

- **Estrato arbustivo**: Se identificaron 13 especies. La curva de acumulación también muestra un claro aplanamiento hacia los últimos sitios de muestreo, con valores estimados de ACE = 13.34, Chao 1 = 13.0 y Chao 2 = 13.53. La certeza respecto a la riqueza de especies alcanzó el 97% (ACE), 100% (Chao 1) y 96% (Chao 2), lo que indica que el muestreo fue altamente representativo para este estrato.

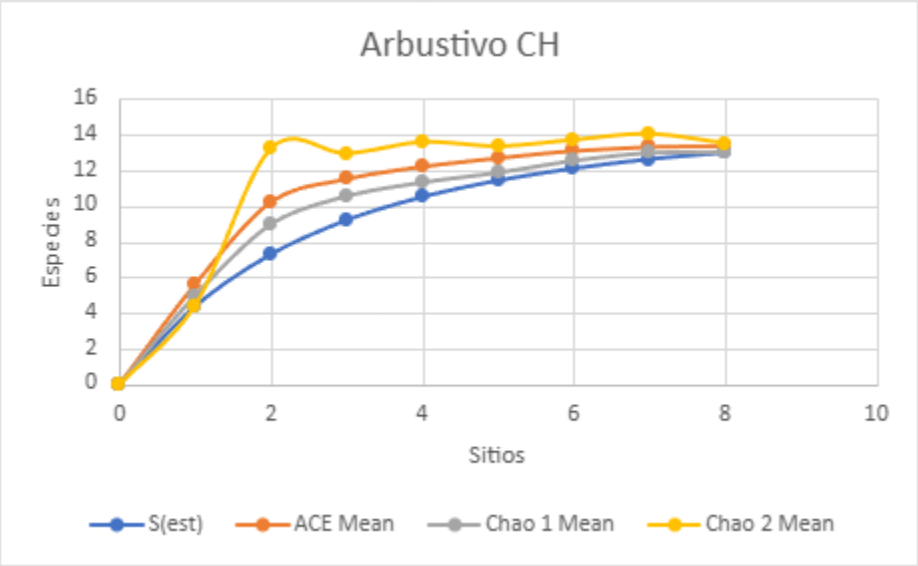



**Figura IV. 30 Curva de acumulación de especies para el estrato arbustivo.**

- **Estrato herbáceo**: Se encontraron 8 especies. La estabilización de la curva se alcanzó a partir del sitio 6, manteniéndose constante en los sitios 7 y 8. Los estimadores arrojaron valores de ACE = 8.01, Chao 1 = 8.0 y Chao 2 = 8.04, con una certeza del 100% en los tres casos respecto a la riqueza específica, lo que demuestra que la totalidad de las especies herbáceas presentes fueron registradas.

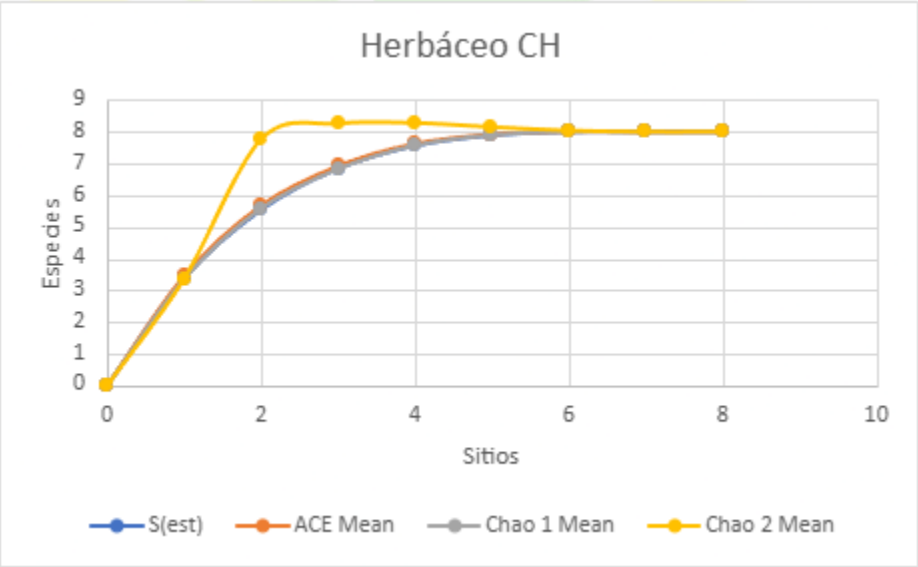



**Figura IV. 31 Curva de acumulación de especies para el estrato herbáceo.**

En todos los estratos, los porcentajes de certeza superan ampliamente el umbral mínimo del 70% recomendado en la literatura especializada. Con base en lo anterior, se valida que el tamaño de muestra empleado es estadísticamente suficiente para describir la riqueza, composición y estructura de la vegetación de la selva baja caducifolia secundaria en la Cuenca Hidrográfica, por lo que los resultados obtenidos son confiables para los análisis ecológicos y dasométricos que se presentan en los apartados subsecuentes.

Riqueza y Composición

En el área de la SA se registró un total de **551 individuos** distribuidos en **40 especies**, considerando los tres estratos de vegetación muestreados (arbóreo, arbustivo y herbáceo). A continuación, se describe la composición de cada estrato por separado.

**Estrato arbóreo.** Se registraron 294 individuos pertenecientes a 19 especies, distribuidas en 13 familias botánicas (la familia Fabaceae es la mejor representada con géneros como *Acacia*, *Haematoxylum*, *Lysiloma* y *Senna*). Las especies más abundantes en número de individuos fueron: *Acacia bilimekii* (espino), con 57 individuos; *Haematoxylum brasiletto* (brasil), con 46; *Acacia cochliacantha* (chicharillo), con 34; *Cascabela ovata* (ajojote), con 28; y *Agonandra racemosa* (limoncillo) y *Bursera fagaroides* (aceitillo), con 23 individuos. Estas especies son características de la selva baja caducifolia secundaria de la región, donde predominan leguminosas y burseráceas, típicas de ecosistemas tropicales estacionales.

**Tabla IV. 9 Riqueza y composición estrato arbóreo SA.**

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|
| Acacia bilimekii J.F. Macbr. | Espino | 57 |
| Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd. | Chicharillo | 34 |
| Acacia coulteri Benth. ex A. Gray | Guaje | 7 |
| Acacia farnesiana (L.) Willd. | Espino | 1 |
| Agonandra racemosa (DC.) Standl. | Limoncillo | 23 |
| Alvaradoa amorphoides Liebm. | Ardillo | 17 |
| Bauhinia dipetala Hemsl. | Spipiláquiui | 2 |
| Bursera fagaroides (Kunth) Engl. | Aceitillo | 23 |
| Bursera simaruba (L.) Sarg. | Palo mulato | 12 |
| Cascabela ovata (Cav.) Lippold | Ajojote | 28 |
| Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f. | Algodoncillo | 3 |
| Cordia morelosana Standl. | Cueramo | 19 |
| Crescentia alata Kunth | Ayale | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| Haematoxylum brasiletto H. Karst. | Brasil | 46 |
| Havardia acatlensis (Benth.) Britton & Rose | Tepeguaje | 6 |
| Ipomoea arborescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don | Casahuate | 2 |
| Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr. | Chacascauil | 7 |
| Senna wislizeni (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby | Carrozo | 4 |
| Tabernaemontana glabra (Benth.) A.O. Simões & M.E. Endress | Chiquilillo | 2 |
| *Grand Total* | | *294* |

**Estrato arbustivo.** Se registraron 186 individuos correspondientes a 13 especies. Las más abundantes fueron *Lippia origanoides* (canelilla) con 45 individuos, *Mimosa lacerata* (garabato) con 41, *Karwinskia umbellata* (capulín) con 26 y *Mimosa benthamii* (garruño) con 21. Estas especies, junto con *Opuntia tomentosa* (nopal) y *Agave vivipara* (amole), conforman un estrato arbustivo denso y diverso, característico de las etapas secundarias de la selva baja caducifolia, donde predominan las mimosáceas y las cactáceas.

**Tabla IV. 10 Riqueza y composición del estrato arbustivo SA.**

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|
| Agave vivipara L. | Amole | 6 |
| Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Ståhl & Källersjö | Tuliviejo | 4 |
| Calliandra eriophylla Benth. | Charrasquillo | 3 |
| Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg. | acebuche | 10 |
| Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | 1 |
| Chromoleana sp. | Vara de agua | 4 |
| Dalea foliolosa (Aiton) Barneby | Almaraduz | 4 |
| Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. | Capulin | 26 |
| Lippia origanoides Kunth | Canelilla | 45 |
| Mimosa benthamii J.F. Macbr. | Garruño | 21 |
| Mimosa lacerata Rose | Garabato | 41 |
| Opuntia tomentosa Salm-Dyck | Nopal | 14 |
| Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg. | Brincador | 7 |
| *Total general* | | *186* |

**Estrato herbáceo.** Se identificaron 71 individuos correspondientes a 8 especies. Las especies más representativas fueron *Melampodium gracile* (tajonal) con 14 individuos en la muestra, *Elytraria imbricata* (anisillo) con 12, y *Acmella repens* (botón de oro) y *Sida rhombifolia* (escobilla) con 9 individuos cada una. La alta densidad de estas herbáceas refleja una cobertura importante del suelo, típica de claros y bordes de vegetación secundaria.

Tabla IV. 11 Riqueza y composición del estrato herbáceo SA.

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|
| Acmella repens (Walter) Rich. | Botón de oro | 9 |
| Bidens pilosa L. | Acahual | 7 |
| Elytraria imbricata (Vahl) Pers. | Anisillo | 12 |
| Melampodium gracile Less. | Tajonal | 14 |
| Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 7 |
| Sanvitalia procumbens Lam. | Ojo de gato | 6 |
| Sida rhombifolia L. | Escobilla | 9 |
| Solanum rostratum Dunal | Ayohuiztle | 7 |
| *Total general* | | *71* |

Densidad por hectárea

**Estrato arbóreo.** La densidad total calculada para el estrato arbóreo fue de **919 individuos por hectárea**. Las especies que presentaron las mayores densidades fueron *Acacia bilimekii* (178 ind/ha), *Haematoxylum brasiletto* (144 ind/ha), *Acacia cochliacantha* (106 ind/ha), *Cascabela ovata* (88 ind/ha), y *Agonandra racemosa* y *Bursera fagaroides* (72 ind/ha). Estos valores indican que el estrato arbóreo está dominado por especies de porte mediano y alto, con una densidad moderada para este tipo de vegetación secundaria.

Tabla IV. 12 Densidad por hectárea del estrato arbóreo SA.

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos en la muestra | DIM = densidad individual muestral | Densidad (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acacia bilimekii J.F. Macbr. | Espino | 57 | 7.13 | 178 |
| 2 | Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd. | Chicharillo | 34 | 4.25 | 106 |
| 3 | Acacia coulteri Benth. ex A. Gray | Guaje | 7 | 0.88 | 22 |
| 4 | Acacia farnesiana (L.) Willd. | Espino | 1 | 0.13 | 3 |
| 5 | Agonandra racemosa (DC.) Standl. | Limoncillo | 23 | 2.88 | 72 |
| 6 | Alvaradoa amorphoides Liebm. | Ardillo | 17 | 2.13 | 53 |
| 7 | Bauhinia dipetala Hemsl. | Spipiláquiui | 2 | 0.25 | 6 |
| 8 | Bursera fagaroides (Kunth) Engl. | Aceitillo | 23 | 2.88 | 72 |
| 9 | Bursera simaruba (L.) Sarg. | Palo mulato | 12 | 1.50 | 38 |
| 10 | Cascabela ovata (Cav.) Lippold | Ajojote | 28 | 3.50 | 88 |
| 11 | Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f. | Algodoncillo | 3 | 0.38 | 9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Cordia morelosana Standl. | Cueramo | 19 | 2.38 | 59 |
| 13 | Crescentia alata Kunth | Ayale | 1 | 0.13 | 3 |
| 14 | Haematoxylum brasiletto H. Karst. | Brasil | 46 | 5.75 | 144 |
| 15 | Havardia acatlensis (Benth.) Britton & Rose | Tepeguaje | 6 | 0.75 | 19 |
| 16 | Ipomoea arborescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don | Casahuate | 2 | 0.25 | 6 |
| 17 | Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr. | Chacascauil | 7 | 0.88 | 22 |
| 18 | Senna wislizeni (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby | Carrozo | 4 | 0.50 | 13 |
| 19 | Tabernaemontana glabra (Benth.) A.O. Simões & M.E. Endress | Chiquilillo | 2 | 0.25 | 6 |
| *Total* | | - | *294* | - | *919* |

**Estrato arbustivo.** La densidad total calculada para el estrato arbustivo fue de **2,325 individuos por hectárea**. Las especies con mayor densidad fueron *Lippia origanoides* (563 ind/ha), *Mimosa lacerata* (513 ind/ha), *Karwinskia umbellata* (325 ind/ha) y *Mimosa benthamii* (263 ind/ha). Estas cifras indican una alta ocupación del estrato medio por parte de arbustos espinosos y de porte bajo, lo que contribuye a la estructura vertical y a la oferta de hábitat para la fauna local.

**Tabla IV. 13 Densidad por hectárea del estrato arbustivo SA.**

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos en la muestra | DIM = densidad individual muestral | Densidad (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Agave vivipara L. | Amole | 6 | 0.75 | 75 |
| 2 | Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Ståhl & Källersjö | Tuliviejo | 4 | 0.50 | 50 |
| 3 | Calliandra eriophylla Benth. | Charrasquillo | 3 | 0.38 | 38 |
| 4 | Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg. | acebuche | 10 | 1.25 | 125 |
| 5 | Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | 1 | 0.13 | 13 |
| 6 | Chromoleana sp. | Vara de agua | 4 | 0.50 | 50 |
| 7 | Dalea foliolosa (Aiton) Barneby | Almaraduz | 4 | 0.50 | 50 |
| 8 | Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. | Capulin | 26 | 3.25 | 325 |
| 9 | Lippia origanoides Kunth | Canelilla | 45 | 5.63 | 563 |
| 10 | Mimosa benthamii J.F. Macbr. | Garruño | 21 | 2.63 | 263 |
| 11 | Mimosa lacerata Rose | Garabato | 41 | 5.13 | 513 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Opuntia tomentosa Salm-Dyck | Nopal | 14 | 1.75 | 175 |
| 13 | Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg. | Brincador | 7 | 0.88 | 88 |
| Total | | | 186 | - | 2,325 |

**Estrato herbáceo.** La densidad absoluta fue de **88,750 individuos por hectárea**, con predominio de *Melampodium gracile* (17,500 ind/ha), *Elytraria imbricata* (15,000 ind/ha), *Acmella repens* y *Sida rhombifolia* (11,250 ind/ha cada una). Esta elevada densidad refleja una cobertura herbácea continua, que cumple funciones importantes en la protección del suelo contra la erosión y en el ciclo de nutrientes.

**Tabla IV. 14 Densidad por hectárea del estrato herbáceo SA.**

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos en la muestra | DIM = densidad individual muestral | Densidad absoluta (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acmella repens (Walter) Rich. | Botón de oro | 9 | 1.13 | 11250 |
| 2 | Bidens pilosa L. | Acahual | 7 | 0.88 | 8750 |
| 3 | Elytraria imbricata (Vahl) Pers. | Anisillo | 12 | 1.50 | 15000 |
| 4 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 14 | 1.75 | 17500 |
| 5 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 7 | 0.88 | 8750 |
| 6 | Sanvitalia procumbens Lam. | Ojo de gato | 6 | 0.75 | 7500 |
| 7 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 9 | 1.13 | 11250 |
| 8 | Solanum rostratum Dunal | Ayohuiztle | 7 | 0.88 | 8750 |
| *Total* | | | *71* | - | *88750* |

Índices de Diversidad

Índice de Valor de Importancia (IVI)

**Estrato arbóreo.** En la Tabla 15 se presenta el Índice de Valor de Importancia (IVI) para las 19 especies arbóreas registradas. Las especies con los valores más altos fueron *Acacia bilimekii* (IVI = 44.64), *Haematoxylum brasiletto* (38.34), *Agonandra racemosa* (25.46), *Cascabela ovata* (23.34) y *Acacia cochliacantha* (23.41). Estas cinco especies concentran más del 50% del IVI total, lo que indica que son las que definen la estructura y composición del estrato arbóreo en el área muestreada. Destaca *Acacia bilimekii* por su alta densidad y área basal, lo anterior puede asociarse a su distribución endémica para la región del estudio y su facilidad de adaptación en ecosistemas perturbados, lo que la convierte en la especie clave del ecosistema en esta etapa sucesional.

**Tabla IV. 15 Índice de Valor de Importancia, estrato arbóreo.**

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | DoR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acacia farnesiana (L.) Willd. | Espino | 0.34 | 1.67 | 0.01 | 2.01 |
| 2 | Senna wislizeni (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby | Carrozo | 1.36 | 1.67 | 0.16 | 3.18 |
| 3 | Bauhinia dipetala Hemsl. | Spipiláquiui | 0.68 | 3.33 | 0.17 | 4.18 |
| 4 | Ipomoea arborescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don | Casahuate | 0.68 | 3.33 | 1.04 | 5.06 |
| 5 | Crescentia alata Kunth | Ayale | 0.34 | 1.67 | 3.96 | 5.97 |
| 6 | Tabernaemontana glabra (Benth.) A.O. Simões & M.E. Endress | Chiquilillo | 0.68 | 3.33 | 2.57 | 6.58 |
| 7 | Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr. | Chacascauil | 2.38 | 1.67 | 3.70 | 7.75 |
| 8 | Havardia acatlensis (Benth.) Britton & Rose | Tepeguaje | 2.04 | 5.00 | 1.70 | 8.74 |
| 9 | Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f. | Algodoncillo | 1.02 | 1.67 | 7.92 | 10.61 |
| 10 | Bursera simaruba (L.) Sarg. | Palo mulato | 4.08 | 5.00 | 4.25 | 13.34 |
| 11 | Acacia coulteri Benth. ex A. Gray | Guaje | 2.38 | 6.67 | 6.75 | 15.80 |
| 12 | Cordia morelosana Standl. | Cueramo | 6.46 | 3.33 | 9.50 | 19.30 |
| 13 | Bursera fagaroides (Kunth) Engl. | Aceitillo | 7.82 | 8.33 | 3.73 | 19.88 |
| 14 | Alvaradoa amorphoides Liebm. | Ardillo | 5.78 | 10.00 | 6.63 | 22.41 |
| 15 | Cascabela ovata (Cav.) Lippold | Ajojote | 9.52 | 5.00 | 8.82 | 23.34 |
| 16 | Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd. | Chicharillo | 11.56 | 10.00 | 1.85 | 23.41 |
| 17 | Agonandra racemosa (DC.) Standl. | Limoncillo | 7.82 | 8.33 | 9.31 | 25.46 |
| 18 | Haematoxylum brasiletto H. Karst. | Brasil | 15.65 | 13.33 | 9.36 | 38.34 |
| 19 | Acacia bilimekii J.F. Macbr. | Espino | 19.39 | 6.67 | 18.59 | 44.64 |
| *Total* | | | *100* | *100* | *100* | *100* |

**Estrato arbustivo.** En la Tabla 16 se observa que las especies con mayor IVI son *Agave vivipara* (61.69), *Lippia origanoides* (37.03), *Opuntia tomentosa* (36.84) y *Mimosa lacerata* (35.53). El alto valor de *Agave vivipara* se debe principalmente a su dominancia relativa (55.61%), asociada a su gran tamaño y biomasa, mientras que *Lippia origanoides* y *Mimosa lacerata* destacan por su abundancia y frecuencia. La presencia de cactáceas es típica de las selvas bajas caducifolias secundarias, para este caso *Agave vivipara* se encuentra distribuida en la zona por factores antropogénicos, sin embargo, conforma con el resto de las especies del estrato arbustivo un conglomerado estructurado que brinda refugio para la fauna.

Tabla IV. 16 Índice de Valor de Importancia, estrato arbustivo.

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | DoR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Calliandra eriophylla Benth. | Charrasquillo | 1.61 | 5.71 | 0.05 | 7.37 |
| 2 | Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Ståhl & Källersjö | Tuliviejo | 2.15 | 5.71 | 0.10 | 7.96 |
| 3 | Chromoleana sp. | Vara de agua | 2.15 | 2.86 | 4.06 | 9.07 |
| 4 | Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg. | Brincador | 3.76 | 5.71 | 0.70 | 10.18 |
| 5 | Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | 0.54 | 2.86 | 7.14 | 10.54 |
| 6 | Dalea foliolosa (Aiton) Barneby | Almaraduz | 2.15 | 11.43 | 0.48 | 14.06 |
| 7 | Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg. | acebuche | 5.38 | 5.71 | 5.04 | 16.13 |
| 8 | Mimosa benthamii J.F. Macbr. | Garruño | 11.29 | 8.57 | 2.13 | 21.99 |
| 9 | Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. | Capulin | 13.98 | 14.29 | 3.34 | 31.61 |
| 10 | Mimosa lacerata Rose | Garabato | 22.04 | 11.43 | 2.06 | 35.53 |
| 11 | Opuntia tomentosa Salm-Dyck | Nopal | 7.53 | 11.43 | 17.89 | 36.84 |
| 12 | Lippia origanoides Kunth | Canelilla | 24.19 | 11.43 | 1.41 | 37.03 |
| 13 | Agave vivipara L. | Amole | 3.23 | 2.86 | 55.61 | 61.69 |
| | | *Total* | *100* | *100* | *100* | *300* |

**Estrato herbáceo.** En la Tabla 17 se muestra que el IVI está más equilibrado entre las especies, aunque *Melampodium gracile* (52.82) y *Elytraria imbricata* (44.19) presentan los valores más altos, seguidas de *Bidens pilosa* (37.60) y *Solanum rostratum* (36.33). La cobertura relativa (CR) es el componente que más contribuye a estos valores, lo que indica que la estructura horizontal del estrato herbáceo está determinada por la extensión de la cobertura de cada especie más que por su densidad o frecuencia. Esto refleja un tapiz herbáceo continuo, con especies que compiten por espacio y luz.

Tabla IV. 17 Índice de Valor de Importancia, estrato herbáceo.

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | CR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sanvitalia procumbens Lam. | Ojo de gato | 8.45 | 11.11 | 10.24 | 29.80 |
| 2 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 9.86 | 11.11 | 10.24 | 31.21 |
| 3 | Acmella repens (Walter) Rich. | botón de oro | 12.68 | 11.11 | 8.96 | 32.74 |
| 4 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 12.68 | 11.11 | 11.52 | 35.30 |
| 5 | Solanum rostratum Dunal | Ayohuiztle | 9.86 | 11.11 | 15.36 | 36.33 |
| 6 | Bidens pilosa L. | Acahual | 9.86 | 11.11 | 16.63 | 37.60 |
| 7 | Elytraria imbricata (Vahl) Pers. | Anisillo | 16.90 | 14.81 | 12.48 | 44.19 |
| 8 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 19.72 | 18.52 | 14.59 | 52.82 |
| Total | | | 100 | 100 | 100 | 300 |

Índice de Shannon-Wiener

**Estrato arbóreo.** En la Tabla 18 se presentan los resultados del índice de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo. El índice H' fue de **2.4559**, con una equitatividad de **0.8341**. Estos valores indican una diversidad media-alta y una distribución bastante uniforme de los individuos entre las especies, sin una dominancia extrema de unas pocas. La diferencia entre la diversidad máxima esperada (H'máx = 2.9444) y la observada (0.4885) sugiere que aún existe potencial para aumentar la riqueza si el ecosistema continúa su sucesión hacia etapas más maduras.

**Tabla IV. 18 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbóreo.**

| No | Nombre científico | Nombre común | Densidad (individuos/ha) | Pi | (-)(LN Pi) | Pi*((-)LN Pi) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acacia farnesiana (L.) Willd. | Espino | 3 | 0.0034 | 5.6836 | 0.0193 |
| 2 | Crescentia alata Kunth | Ayale | 3 | 0.0034 | 5.6836 | 0.0193 |
| 3 | Bauhinia dipetala Hemsl. | Spipiláquiui | 6 | 0.0068 | 4.9904 | 0.0339 |
| 4 | Ipomoea arborescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don | Casahuate | 6 | 0.0068 | 4.9904 | 0.0339 |
| 5 | Tabernaemontana glabra (Benth.) A.O. Simões & M.E. Endress | Chiquilillo | 6 | 0.0068 | 4.9904 | 0.0339 |
| 6 | Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten & Baker f. | Algodoncillo | 9 | 0.0102 | 4.5850 | 0.0468 |
| 7 | Senna wislizeni (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby | Carrozo | 13 | 0.0136 | 4.2973 | 0.0585 |
| 8 | Havardia acatlensis (Benth.) Britton & Rose | Tepeguaje | 19 | 0.0204 | 3.8918 | 0.0794 |
| 9 | Acacia coulteri Benth. ex A. Gray | Guaje | 22 | 0.0238 | 3.7377 | 0.0890 |
| 10 | Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr. | Chacascauil | 22 | 0.0238 | 3.7377 | 0.0890 |
| 11 | Bursera simaruba (L.) Sarg. | Palo mulato | 38 | 0.0408 | 3.1987 | 0.1306 |
| 12 | Alvaradoa amorphoides Liebm. | Ardillo | 53 | 0.0578 | 2.8504 | 0.1648 |
| 13 | Cordia morelosana Standl. | Cueramo | 59 | 0.0646 | 2.7391 | 0.1770 |
| 14 | Agonandra racemosa (DC.) Standl. | Limoncillo | 72 | 0.0782 | 2.5481 | 0.1993 |
| 15 | Bursera fagaroides (Kunth) Engl. | Aceitillo | 72 | 0.0782 | 2.5481 | 0.1993 |
| 16 | Cascabela ovata (Cav.) Lippold | Ajojote | 88 | 0.0952 | 2.3514 | 0.2239 |
| 17 | Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd. | Chicharillo | 106 | 0.1156 | 2.1572 | 0.2495 |
| 18 | Haematoxylum brasiletto H. Karst. | Brasil | 144 | 0.1565 | 1.8549 | 0.2902 |
| 19 | Acacia bilimekii J.F. Macbr. | Espino | 178 | 0.1939 | 1.6405 | 0.3181 |
| Total | | | 919 | - | - | 2.4559 |

| Parámetros | Datos |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 19 |
| H'= Índice obtenido | 2.4559 |
| Hmáx = LN (S) | 2.9444 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.8341 |
| Hmáx - H calculada | 0.4885 |

**Estrato arbustivo.** En la Tabla 19 se aprecia un H' de **2.1264** y una equitatividad de **0.8290**. Estos valores son ligeramente inferiores a los del estrato arbóreo, pero igualmente indican una diversidad no

monoespecífica y aceptable, además de una buena equidad en la distribución de las abundancias. La especie *Lippia origanoides* es la más abundante, pero no llega a dominar de manera excesiva, lo que permite que otras especies como *Mimosa lacerata*, *Karwinskia umbellata* y *Opuntia tomentosa* tengan una representación significativa. La equitatividad cercana a 0.83 refuerza la idea de un estrato arbustivo diverso y funcionalmente equilibrado.

**Tabla IV. 19 Índice de Shannon-Wiener, Estrato Arbustivo**

| No | Nombre científico | Nombre común | Densidad (individuos/ha) | Pi | (-)(LN Pi) | Pi*((-)LN Pi) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | 13 | 0.0054 | 5.2257 | 0.0281 |
| 2 | Calliandra eriophylla Benth. | Charrasquillo | 38 | 0.0161 | 4.1271 | 0.0666 |
| 3 | Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Ståhl & Källersjö | Tuliviejo | 50 | 0.0215 | 3.8395 | 0.0826 |
| 4 | Chromoleana sp. | Vara de agua | 50 | 0.0215 | 3.8395 | 0.0826 |
| 5 | Dalea foliolosa (Aiton) Barneby | Almaraduz | 50 | 0.0215 | 3.8395 | 0.0826 |
| 6 | Agave vivipara L. | Amole | 75 | 0.0323 | 3.4340 | 0.1108 |
| 7 | Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg. | Brincador | 88 | 0.0376 | 3.2798 | 0.1234 |
| 8 | Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg. | acebuche | 125 | 0.0538 | 2.9232 | 0.1572 |
| 9 | Opuntia tomentosa Salm-Dyck | Nopal | 175 | 0.0753 | 2.5867 | 0.1947 |
| 10 | Mimosa benthamii J.F. Macbr. | Garruño | 263 | 0.1129 | 2.1812 | 0.2463 |
| 11 | Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. | Capulin | 325 | 0.1398 | 1.9677 | 0.2750 |
| 12 | Mimosa lacerata Rose | Garabato | 513 | 0.2204 | 1.5122 | 0.3333 |
| 13 | Lippia origanoides Kunth | Canelilla | 563 | 0.2419 | 1.4191 | 0.3433 |
| *Total* | | | *2325* | - | - | *2.1264* |

| Parámetros | Datos |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 13 |
| H'= Índice obtenido | 2.1264 |
| Hmáx = LN (S) | 2.5649 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.8290 |
| Hmáx - H calculada | 0.4385 |

Estrato herbáceo. En la Tabla 20 el índice de Shannon para el estrato herbáceo fue de **2.0383**, con una equitatividad de **0.9802,** la más alta de los tres estratos. Esto significa que las ocho especies herbáceas encontradas están distribuidas de manera casi perfectamente equitativa, sin que ninguna domine claramente sobre las demás. La alta equitatividad, junto con un H' cercano al máximo teórico (H'máx = 2.0794), indica que el estrato herbáceo es muy homogéneo y que las condiciones del suelo y la luz permiten la coexistencia de múltiples especies sin que una desplace a las otras.

Tabla IV. 20 Índice de Shannon-Wiener, Estrato herbáceo.

| No | Nombre científico | Nombre común | Densidad absoluta (individuos/ha) | Pi | (-)(LN Pi) | Pi*((-)LN Pi) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sanvitalia procumbens Lam. | Ojo de gato | 7500 | 0.0845 | 2.4709 | 0.2088 |
| 2 | Bidens pilosa L. | Acahual | 8750 | 0.0986 | 2.3168 | 0.2284 |
| 3 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 8750 | 0.0986 | 2.3168 | 0.2284 |
| 4 | Solanum rostratum Dunal | Ayohuiztle | 8750 | 0.0986 | 2.3168 | 0.2284 |
| 5 | Acmella repens (Walter) Rich. | botón de oro | 11250 | 0.1268 | 2.0655 | 0.2618 |
| 6 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 11250 | 0.1268 | 2.0655 | 0.2618 |
| 7 | Elytraria imbricata (Vahl) Pers. | Anisillo | 15000 | 0.1690 | 1.7778 | 0.3005 |
| 8 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 17500 | 0.1972 | 1.6236 | 0.3202 |
| *Total* | | | *88750* | - | - | *2.0383* |

| Parámetros | Datos |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 8 |
| H'= Índice obtenido | 2.0383 |
| Hmáx = LN (S) | 2.0794 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.9802 |
| Hmáx - H calculada | 0.0411 |

***Especies bajo régimen de protección***

Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo con la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece las categorías de riesgo para especies de flora y fauna silvestres en México, se realizó el cotejo de las 40 especies registradas en los tres estratos de vegetación (19 arbóreas, 13 arbustivas y 8 herbáceas) para determinar su estatus de conservación.

Los resultados indican que ninguna de las especies arbóreas, arbustivas o herbáceas registradas en los sitios de muestreo se encuentra listada en dicha norma. Todas las especies presentan un estatus de "No categorizada" (indicado con un guión "-" en la columna NOM-059 de las tablas correspondientes).

Cabe señalar que algunas especies, como *Cephalocereus mezcalaensis* (cardón) y *Karwinskia umbellata* (capulín), se encuentran en la categoría de Vulnerable (VU) según la Lista Roja de la UICN, aunque no están incluidas en la NOM-059. De igual manera, *Bauhinia dipetala* (spipiláquiui) se encuentra en la categoría de Vulnerable (VU) según la UICN.

A continuación, se presenta un resumen por estrato:

**Estrato arbóreo** (19 especies): Ninguna especie se encuentra en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La especie *Bauhinia dipetala* (spipiláquiui) está catalogada como Vulnerable (VU) por la UICN, pero no está protegida por la legislación mexicana.

**Estrato arbustivo** (13 especies): Ninguna especie se encuentra en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La especie *Karwinskia umbellata* (capulín) está catalogada como Vulnerable (VU) por la UICN, y *Cephalocereus mezcalaensis* (cardón) se encuentra en el Apéndice II de la CITES.

**Estrato herbáceo** (8 especies): Ninguna especie se encuentra en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe destacar que *Melinis repens* (cadillo) es una especie exótica-invasora, aunque no está regulada por la NOM-059.

Especies en la Lista Roja de la UICN

De las 40 especies registradas en los inventarios, se identificaron las siguientes con algún estatus de conservación según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN):

**Tabla 21. Especies bajo protección según la UICN.**

| Estrato | Especie | Nombre común | Categoría UICN |
|---|---|---|---|
| Arbóreo | Bauhinia dipetala Hemsl. | Spipiláquiui | Vulnerable (VU) |
| Arbustivo | Karwinskia umbellata (Cav.) Schltdl. | Capulín | Vulnerable (VU) |
| Arbustivo | Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | Preocupación menor (LC) |

El resto de las especies se encuentra en la categoría de Preocupación menor (LC) o no ha sido evaluada.

Especies en la CITES

De acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), se identificaron las siguientes especies listadas en sus apéndices:

**Tabla 22. Especies bajo protección en CITES.**

| Estrato | Especie | Nombre común | Apéndice CITES |
|---|---|---|---|
| Arbustivo | Cephalocereus mezcalaensis Bravo | Cardón | Apéndice II |

Esta especie se encuentra en el Apéndice II de la CITES, lo que significa que su comercio internacional debe ser monitoreado y controlado para evitar que su aprovechamiento pueda poner en riesgo su supervivencia, aunque sus poblaciones actuales no se consideran amenazadas de manera crítica.

Endemismos

De las 40 especies registradas, se identificaron las siguientes especies endémicas de México o de distribución restringida:

Estrato arbóreo:

- *Acacia bilimekii* (espino) - Endémica de Guerrero, México, Morelos, Oaxaca y Puebla.
- *Havardia acatlensis* (tepeguaje) - Endémica de Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Zacatecas.
- *Cascabela ovata* (ajojote) - Especie nativa con distribución restringida, considerada endémica en algunos sistemas de clasificación.

Estrato arbustivo:

- *Karwinskia umbellata* (capulín) - Endémica de Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla.
- *Cephalocereus mezcalaensis* (cardón) - Endémica de Colima, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla.
- *Mimosa benthamii* (garruño) - Endémica de Aguascalientes, Campeche, Colima, Chiapas, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas.
- *Mimosa lacerata* (garabato) - Endémica de Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz.

**Estrato herbáceo:** No se registraron especies endémicas.

***Especies exóticas-invasoras***

En el estrato herbáceo se registró una especie exótica-invasora:

- *Melinis repens* (cadillo) - Especie introducida de origen africano, ampliamente distribuida en México y considerada invasora en varios ecosistemas del país. Su presencia indica cierto grado de perturbación en el área de estudio.

El análisis de estatus de protección para las 40 especies registradas en los tres estratos de vegetación permite concluir lo siguiente:

1. **Ninguna especie** de las registradas se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que no existen restricciones legales adicionales derivadas de esta norma para la realización del proyecto en el polígono solicitado.
2. **Dos especies** (*Bauhinia dipetala* y *Karwinskia umbellata*) se encuentran catalogadas como Vulnerables (VU) por la UICN, aunque no están protegidas por la legislación mexicana. Esta información es relevante para considerar medidas de conservación voluntarias.
3. **Una especie** (*Cephalocereus mezcalaensis*) se encuentra en el Apéndice II de la CITES, por lo que su comercio internacional está regulado, aunque no aplica directamente a las actividades del proyecto.
4. Se identificaron **múltiples especies endémicas** de México en los estratos arbóreo y arbustivo, lo que resalta la importancia ecológica y de conservación del área de estudio, particularmente de los géneros *Acacia*, *Mimosa* y *Karwinskia*.
5. La presencia de una especie exótica-invasora (*Melinis repens*) sugiere cierto grado de perturbación en el área, aunque no representa un riesgo significativo para el ecosistema.

Lo anterior simplifica los requisitos de compensación en términos de especies protegidas, aunque **no exime de las medidas de restauración y mitigación** que se proponen en capítulos posteriores para garantizar la conservación de la biodiversidad, particularmente de las especies endémicas y de aquellas con estatus de vulnerabilidad según criterios internacionales.

***Conclusión***

La microcuenca "Lorenzo Vázquez (Santa Cruz)" presenta una superficie de 8,583.48 hectáreas, de las cuales el **62.78%** corresponde a selva baja caducifolia en sus etapas secundarias arbustiva (39.63%) y arbórea (23.15%). El polígono solicitado para cambio de uso de suelo (1.0982 ha) se ubica dentro de esta unidad, representando una afectación del **0.017%** de la selva baja caducifolia presente en la microcuenca.

Con base en el muestreo de 8 sitios (intensidad del 29.28%) validado mediante curvas de acumulación de especies con certezas superiores al 92%, se registraron **40 especies** distribuidas en tres estratos:

**Tabla IV. 21 Resumen de índices de diversidad SA.**

| Estrato | Especies | Densidad (ind/ha) | Shannon (H') | Equitatividad |
|---|---|---|---|---|
| Arbóreo | 19 | 919 | 2.4559 | 0.8341 |
| Arbustivo | 13 | 2,325 | 2.1264 | 0.8290 |
| Herbáceo | 8 | 88,750 | 2.0383 | 0.9802 |

Las especies con mayor importancia ecológica (IVI) fueron *Acacia bilimekii* (44.64), *Haematoxylum brasiletto* (38.34) y *Agave vivipara* (61.69), esta última en el estrato arbustivo.

**Ninguna especie** se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, se identificaron especies endémicas (*Acacia bilimekii*, *Havardia acatlensis*, *Karwinskia umbellata*, *Mimosa benthamii*, *Mimosa lacerata* y *Cephalocereus mezcalaensis*), dos especies vulnerables según la UICN (*Bauhinia dipetala* y *Karwinskia umbellata*), y una especie en el Apéndice II de la CITES (*Cephalocereus mezcalaensis*). En el estrato herbáceo se registró la especie exótica-invasora *Melinis repens*.

La diversidad media-alta y la equitatividad buena en los tres estratos indican un ecosistema en proceso de recuperación, con dominancia de especies características de etapas secundarias de selva baja caducifolia. La ausencia de especies protegidas por la NOM-059 simplifica los requisitos de compensación legal, aunque la presencia de endemismos y especies vulnerables internacionalmente refuerza la necesidad de implementar las medidas de mitigación y restauración propuestas en capítulos posteriores.

A continuación, se presentan los resultados detallados de la caracterización de la vegetación, que complementan y profundizan la información presentada anteriormente con un enfoque específico en el polígono de 1.0982 ha sujeto a cambio de uso de suelo.

***Metodología del muestreo***

La metodología detallada del muestreo florístico y dasométrico, así como de los análisis desarrollados se describen en el **apartado anterior**. A continuación, se presentan los elementos sustanciales del diseño de muestreo aplicado específicamente al polígono de 1.0982 ha del proyecto.

***Diseño de muestreo***

Se estableció un muestreo sistemático aleatorio mediante **8 sitios de muestreo** de 400 m² (0.04 ha) cada uno, distribuidos dentro del polígono del proyecto. En cada sitio se evaluaron tres estratos de vegetación:

- **Estrato arbóreo**: Sitios circulares de 400 m² (radio 11.28 m), considerando individuos con diámetro normal ≥ 7.5 cm.
- **Estrato arbustivo**: Subsitios circulares de 100 m² (radio 5.64 m), considerando individuos con diámetro normal < 7.5 cm y altura ≥ 25 cm.
- **Estrato herbáceo**: Subsitios cuadrados de 1 m² (1 x 1 m), para el registro de herbáceas y pastos.

***Intensidad de muestreo***

La intensidad de muestreo calculada para el estrato arbóreo fue del **29.13%**, considerando que se muestrearon 8 sitios de 400 m² (0.32 ha) sobre una superficie total de 1.0982 ha. Para los estratos arbustivo y herbáceo, las intensidades fueron del 0.91% y 0.072% respectivamente, acordes con la menor superficie requerida para el muestreo de estos estratos.

**Coordenadas de los sitios de muestreo**

A continuación, se presentan las coordenadas UTM (zona 14N, datum WGS84) de los 8 sitios de muestreo establecidos.

**Tabla IV. 22 Coordenadas de los sitios de muestreo en el área del proyecto.**

| Sitio | X | Y |
|---|---|---|
| PROYECTO1 | 491289 | 2059204 |
| PROYECTO2 | 491263 | 2059212 |
| PROYECTO3 | 491266 | 2059188 |
| PROYECTO4 | 491240 | 2059180 |
| PROYECTO5 | 491280 | 2059130 |
| PROYECTO6 | 491319 | 2059115 |
| PROYECTO7 | 491333 | 2059135 |
| PROYECTO8 | 491301 | 2059165 |

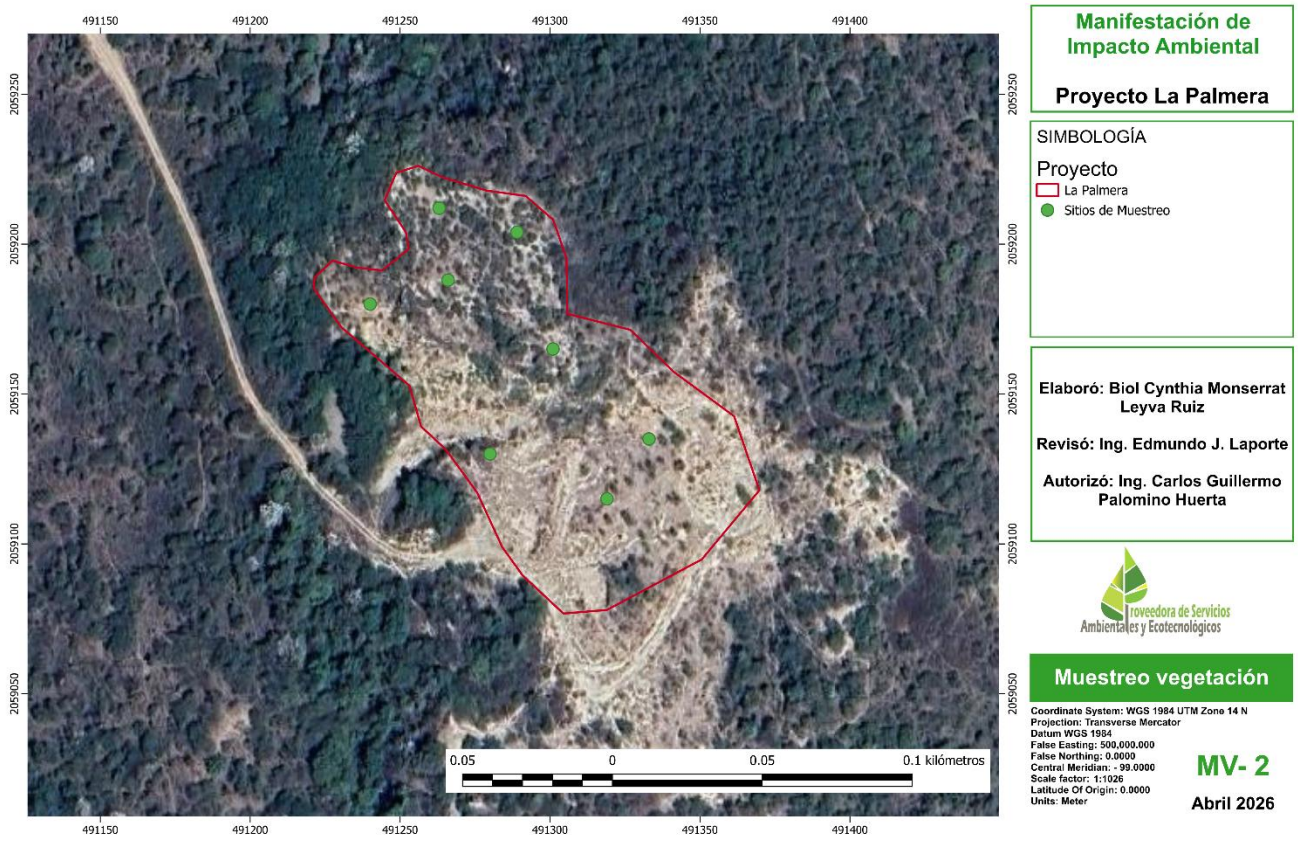



**Figura IV. 32 Ubicación de los sitios de muestreo en el área del proyecto.**

**Sitio 1** proyecto



**Figura IV. 33 Fotografías del sitio 1 proyecto.**

**Sitio 2** proyecto



**Figura IV. 34 Fotografías del sitio 2 proyecto.**

**Sitio 3 proyecto**



**Figura IV. 35 Fotografías del sitio 3 proyecto.**

**Sitio 4 proyecto**



Figura IV. 36 Fotografías del sitio 4 proyecto.

**Sitio 5 proyecto**



Figura IV. 37 Fotografías del sitio 5 proyecto.

**Sitio 6 proyecto**

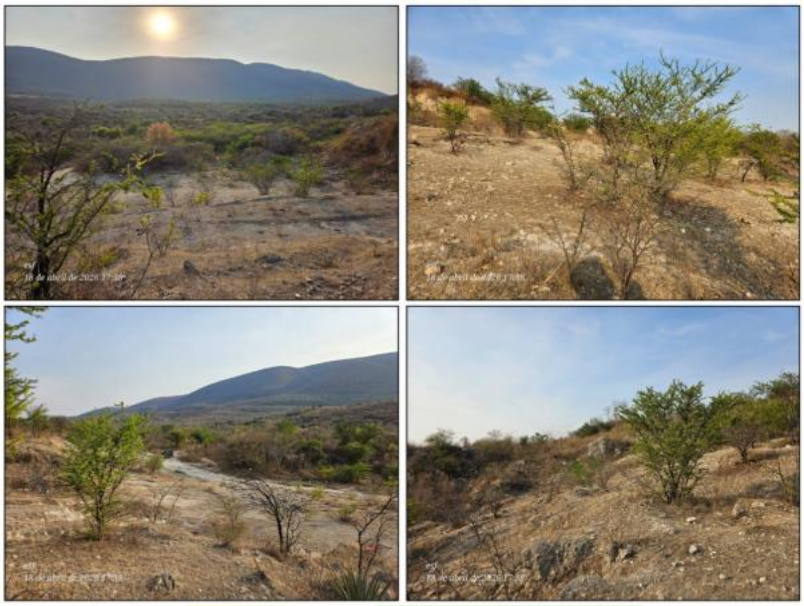


Figura IV. 38 Fotografías del sitio 6 proyecto.

**Sitio 7 proyecto**



Figura IV. 39 Fotografías del sitio 7 proyecto.

**Sitio 8 proyecto**



**Figura IV. 40 Fotografías del sitio 8 proyecto.**

***Análisis de diversidad de vegetación***

**Suficiencia del muestreo (Curvas de acumulación de especies)**

Para evaluar si el esfuerzo de muestreo (8 sitios) fue suficiente para caracterizar la composición florística de los tres estratos, se construyeron curvas de acumulación de especies con base en los datos de abundancia, utilizando el programa **EstimateS 9.1.0** y los estimadores no paramétricos **ACE, Chao 1 y Chao 2**. Se siguió el criterio de Hortal & Lobo (2002), que establece que proporciones superiores al 70% en la certeza de la riqueza indican que las estimaciones son estables y representativas.

**Estrato arbóreo**

Se registraron **7 especies** en total. La curva de acumulación de especies observadas [S(est)] muestra una tendencia a la estabilización a partir del sitio 6 (S(est) = 6.71), alcanzando el valor máximo de 7 especies en el sitio 8. Los estimadores de riqueza proyectaron valores muy cercanos a los observados **(ACE = 7.0, Chao 1 = 7.0, Chao 2 = 7.0)**. La certeza de la riqueza fue del 100% en los tres estimadores, lo que confirma que el inventario capturó la totalidad de las especies arbóreas presentes en el área de estudio.

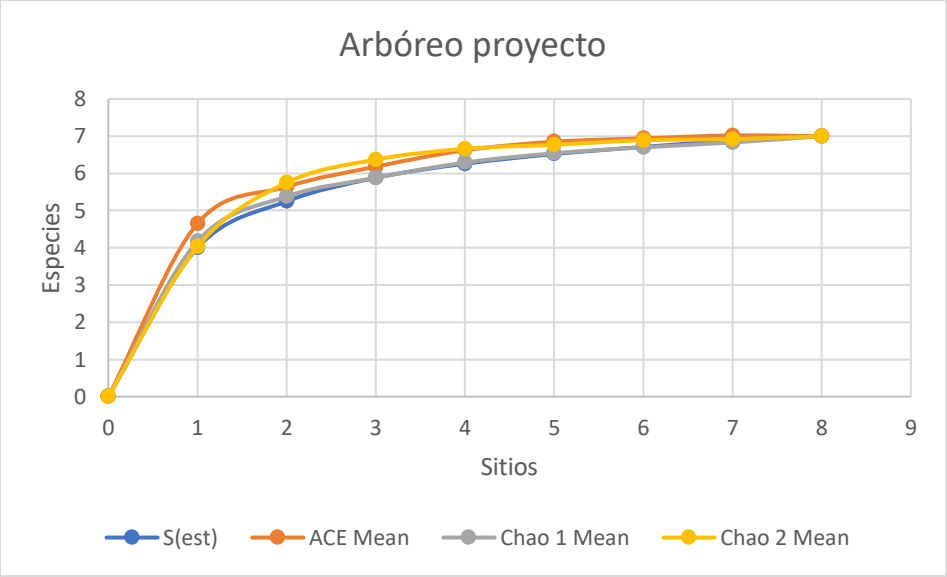



**Figura IV. 41 Curva de acumulación de especies, estrato arbóreo proyecto.**

Se registraron **5 especies.** La curva de acumulación muestra una clara estabilización a partir del sitio 5 (S(est) = 4.88), alcanzando las 5 especies en el sitio 7. Los estimadores ACE, Chao 1 y Chao 2 convergen al valor de 5 especies, con una **certeza del 100%.** Esto indica que el muestreo fue altamente representativo para este estrato.

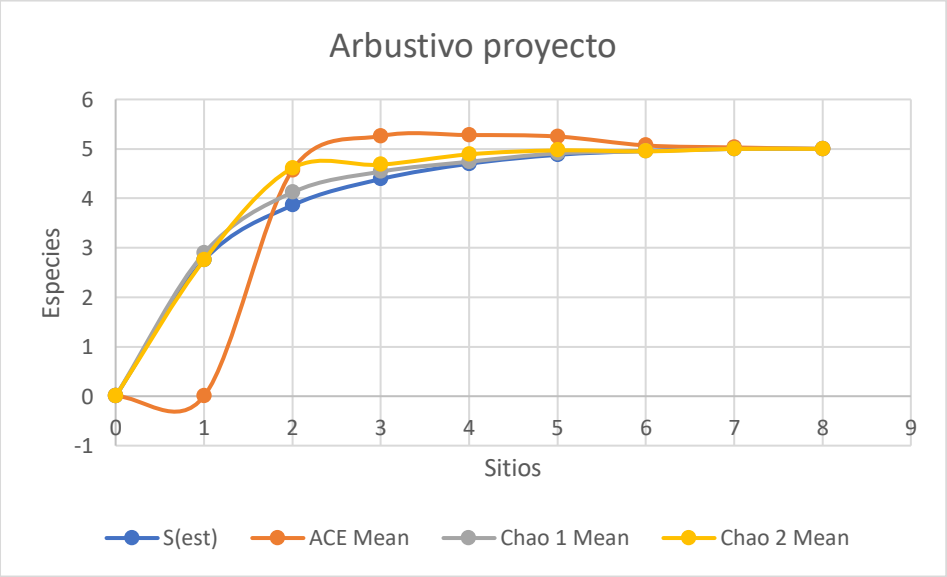



**Figura IV. 42 Curva de acumulación de especies, estrato arbustivo proyecto.**

Se encontraron **5 especies.** La estabilización de la curva se alcanza a partir del sitio 4 (S(est) = 4.70), manteniéndose constante en los sitios 6, 7 y 8 con 5 especies. Los estimadores ACE, Chao 1 y Chao 2 arrojan valores de 5.0, con una **certeza del 100%** en los tres casos, lo que demuestra que la totalidad de las especies herbáceas presentes fueron registradas.

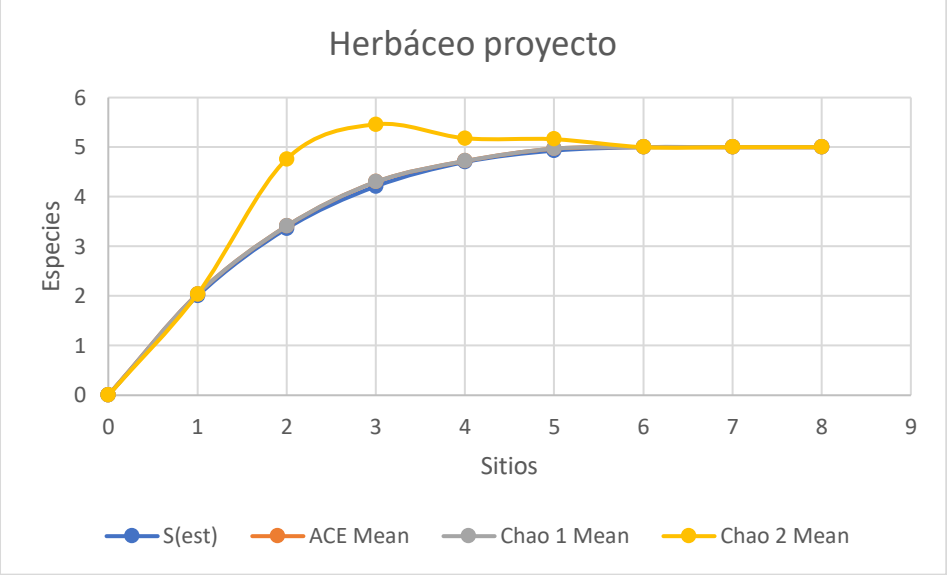



**Figura IV. 43 Curva de acumulación de especies, estrato herbáceo proyecto.**

En todos los estratos, los porcentajes de certeza alcanzan el **100%**, superando ampliamente el umbral mínimo del 70% recomendado en la literatura especializada. Con base en lo anterior, se valida que el tamaño de muestra empleado (8 sitios de 400 m²) es estadísticamente suficiente para describir la riqueza, composición y estructura de la vegetación de la selva baja caducifolia secundaria en el área del proyecto. Los resultados obtenidos son, por tanto, confiables para los análisis ecológicos y dasométricos que se presentan en los apartados subsecuentes.

**Estrato arbóreo**

Se registró un total de **7 especies arbóreas**, distribuidas en 7 géneros y 5 familias botánicas. La familia mejor representada fue **Fabaceae**, con 5 especies (71.4% del total), lo cual es característico de las selvas bajas caducifolias secundarias de la región, donde las leguminosas arbóreas son elementos pioneros y dominantes en etapas tempranas de sucesión.

**Tabla IV. 23Riqueza y composición, estrato arbóreo proyecto.**

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **Acacia bilimekii J.F. Macbr.** | Espino | 115 |
| **Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.** | Chicharillo | 98 |
| **Acacia coulteri Benth. ex A. Gray** | Guaje | 4 |
| **Acacia farnesiana (L.) Willd.** | Espino | 49 |
| **Alvaradoa amorphoides Liebm.** | Ardillo | 24 |
| **Bursera fagaroides (Kunth) Engl.** | Aceitillo | 8 |
| **Haematoxylum brasiletto H. Karst.** | Brasil | 7 |
| ***Total general*** | | ***305*** |

La especie más abundante fue *Acacia bilimekii* (espino, 115 individuos), seguida de *Acacia cochliacantha* (chicharillo, 98 individuos). La alta representatividad del género *Acacia* (tres especies: *A. bilimekii*, *A. cochliacantha* y *A. farnesiana*) es indicativa de un ecosistema con historial de perturbación, ya que estas especies son colonizadoras oportunistas, con capacidad para establecerse en suelos degradados y bajo condiciones de alta luminosidad.

**Estrato arbustivo**

Se registró un total de 5 especies arbustivas, distribuidas en 4 familias botánicas.

**Tabla IV. 24 Riqueza y composición, estrato arbustivo proyecto.**

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|
| **Agave vivipara L.** | Amole | 7 |
| **Chromoleana sp.** | Vara de agua | 119 |
| **Dalea foliolosa (Aiton) Barneby** | Almaraduz | 126 |
| **Mimosa lacerata Rose** | Garabato | 6 |
| **Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg.** | Brincador | 4 |
| ***Total general*** | | ***262*** |

*Dalea foliolosa* (almaraduz) y *Chromoleana sp.* (vara de agua) son las especies dominantes, con 126 y 119 individuos respectivamente, lo que representa más del 93% de los individuos del estrato. *Agave vivipara* (amole), aunque con menor densidad, presenta una alta dominancia debido al gran diámetro basal de sus individuos. *Mimosa lacerata* (garabato), especie endémica de México, está presente pero con baja representación (6 individuos).

**Estrato herbáceo**

Se registró un total de **5 especies herbáceas**, distribuidas en 4 familias.

Tabla IV. 25 Riqueza y composición, estrato herbáceo.

| N. Científico | N. Común | Total general |
|---|---|---|
| **Acmella repens (Walter) Rich.** | Boton de oro | 8 |
| **Elytraria imbricata (Vahl) Pers.** | Anisillo | 11 |
| **Melampodium gracile Less.** | Tajonal | 7 |
| **Melinis repens (Willd.) Zizka** | Cadillo | 11 |
| **Sida rhombifolia L.** | Escobilla | 10 |
| ***Total general*** | | ***47*** |

La distribución de especies es más equilibrada en este estrato, aunque destaca la presencia de la especie exótica-invasora *Melinis repens* (cadillo), que junto con *Elytraria imbricata* (anisillo), son las más abundantes (11 individuos cada una). La presencia de *Melinis repens* es un indicador de perturbación crónica en el área, ya que esta gramínea de origen africano prospera en suelos compactados y con alta exposición solar.

**Densidad por hectárea**

**Estrato arbóreo**

La densidad total estimada para el estrato arbóreo en el área del proyecto fue de **953 individuos por hectárea (ind/ha)** . *Acacia bilimekii* y *Acacia cochliacantha* concentran el **69.8%** de la densidad total (359 y 306 ind/ha respectivamente), dominando claramente el estrato arbóreo. Este patrón es típico de comunidades vegetales en etapas sucesionales tempranas, donde las especies pioneras del género *Acacia* proliferan en respuesta a la perturbación y la alta disponibilidad de luz.

Tabla IV. 26 Densidad por hectárea, estrato arbóreo proyecto.

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos en la muestra | DIM = densidad individual muestral | Densidad (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Acacia bilimekii J.F. Macbr.* | Espino | 115 | 14.38 | 359 |
| 2 | *Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.* | Chicharillo | 98 | 12.25 | 306 |
| 3 | *Acacia coulteri Benth. ex A. Gray* | Guaje | 4 | 0.50 | 13 |
| 4 | *Acacia farnesiana (L.) Willd.* | Espino | 49 | 6.13 | 153 |
| 5 | *Alvaradoa amorphoides Liebm.* | Ardillo | 24 | 3.00 | 75 |
| 6 | *Bursera fagaroides (Kunth) Engl.* | Aceitillo | 8 | 1.00 | 25 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | *Haematoxylum brasiletto H. Karst.* | Brasil | 7 | 0.88 | 22 |
| ***Total*** | | | ***305*** | **-** | ***953*** |

**Estrato arbustivo**

La densidad total estimada para el estrato arbustivo fue de **1,713 ind/ha**. *Dalea foliolosa* y *Chromoleana sp.* son las especies con mayor densidad (1,575 y 1,488 ind/ha respectivamente), representando el **91%** del total de individuos del estrato. La alta densidad de estas dos especies, junto con la presencia de *Agave vivipara* (que aporta una alta dominancia por biomasa), confirma un sotobosque dominado por arbustos oportunistas, típico de ecosistemas secundarios con presión de pastoreo.

**Tabla IV. 27 Densidad por hectárea, estrato arbustivo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos en la muestra | DIM = densidad individual muestral | Densidad (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Agave vivipara L.* | Amole | 20 | 2.50 | 250 |
| 2 | *Chromoleana sp.* | Vara de agua | 64 | 8.00 | 800 |
| 3 | *Dalea foliolosa (Aiton) Barneby* | Almaraduz | 21 | 2.63 | 263 |
| 4 | *Mimosa lacerata Rose* | Garabato | 6 | 0.75 | 75 |
| 5 | *Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg.* | Brincador | 26 | 3.25 | 325 |
| ***Total*** | | | ***137*** | **-** | ***1,713*** |

**Estrato herbáceo**

La densidad total estimada para el estrato herbáceo fue de **58,750 ind/ha.** La distribución es más equitativa en este estrato, con *Elytraria imbricata* y *Melinis repens* como las especies más densas (13,750 ind/ha cada una). La presencia de *Melinis repens* (especie exótica-invasora) en altas densidades es un indicador de la degradación del estrato herbáceo y de la compactación del suelo.

**Tabla IV. 28 Densidad por hectárea, estrato herbáceo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | NIM = número de individuos | DIM = densidad individual muestral | Densidad absoluta (individuos/ha) |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | en la muestra | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Acmella repens (Walter) Rich. | Boton de oro | 8 | 1.00 | 10000 |
| 2 | Elytraria imbricata | Anisillo | 11 | 1.38 | 13750 |
| 3 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 7 | 0.88 | 8750 |
| 4 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 11 | 1.38 | 13750 |
| 5 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 10 | 1.25 | 12500 |
| ***Total*** | | | ***47*** | **-** | ***58,750*** |

**Índice de Valor de Importancia (IVI)**

El IVI integra tres parámetros relativos: abundancia (densidad relativa), frecuencia (proporción de sitios de muestreo donde aparece la especie) y dominancia (área basal relativa en el caso arbóreo; cobertura relativa en el caso herbáceo). Su cálculo permite identificar las especies con mayor peso ecológico dentro de cada estrato.

*Acacia bilimekii* presenta el IVI más alto (107.23), impulsado principalmente por su alta dominancia (47.65% del área basal total) y su abundancia (37.70% de los individuos). *Acacia cochliacantha* ocupa el segundo lugar (80.82), con una frecuencia relativa alta (25%) y valores equilibrados de abundancia y dominancia. En conjunto, estas dos especies suman el **62.7%** del IVI total, lo que confirma que dominan la estructura y función del estrato arbóreo en el área del proyecto. Las cinco especies restantes tienen una contribución mucho menor, siendo *Bursera fagaroides* la de menor importancia ecológica (IVI = 6.36).

**Tabla IV. 29 Índice de Valor de Importancia, estrato arbóreo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | DoR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Bursera fagaroides (Kunth) Engl.* | Aceitillo | 2.62 | 3.13 | 0.61 | 6.36 |
| 2 | *Acacia coulteri Benth. ex A. Gray* | Guaje | 1.31 | 6.25 | 1.24 | 8.81 |
| 3 | *Haematoxylum brasiletto H. Karst.* | Brasil | 2.30 | 12.50 | 2.73 | 17.52 |
| 4 | *Acacia farnesiana (L.) Willd.* | Espino | 16.07 | 12.50 | 9.73 | 38.29 |
| 5 | *Alvaradoa amorphoides Liebm.* | Ardillo | 7.87 | 18.75 | 14.35 | 40.97 |
| 6 | *Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.* | Chicharillo | 32.13 | 25.00 | 23.69 | 80.82 |
| 7 | *Acacia bilimekii J.F. Macbr.* | Espino | 37.70 | 21.88 | 47.65 | 107.23 |
| Total | | | 100 | 100 | 100 | 300 |

*Chromoleana sp.* presenta el IVI más alto (134.21), dominando tanto en abundancia como en frecuencia y con una dominancia significativa (42.08%). *Dalea foliolosa* tiene el segundo IVI (67.89), con valores muy altos de abundancia y frecuencia, pero una dominancia muy baja (4.47%), lo que sugiere que se trata de una especie con muchos individuos pero de pequeño tamaño. *Agave vivipara*, a pesar

de su baja abundancia y frecuencia, tiene una dominancia muy alta (42.22%), reflejando el gran tamaño (diámetro basal) de sus individuos. *Mimosa lacerata* y *Sebastiania pavoniana* tienen una contribución marginal.

**Tabla IV. 30 Índice de Valor de Importancia, estrato arbustivo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | DoR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Mimosa lacerata Rose* | Garabato | 4.38 | 2.29 | 6.15 | 12.82 |
| 2 | *Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg.* | Brincador | 18.98 | 1.53 | 5.08 | 25.59 |
| 3 | *Agave vivipara L.* | Amole | 14.60 | 2.67 | 42.22 | 59.49 |
| 4 | *Dalea foliolosa (Aiton) Barneby* | Almaraduz | 15.33 | 48.09 | 4.47 | 67.89 |
| 5 | *Chromoleana sp.* | Vara de agua | 46.72 | 45.42 | 42.08 | 134.21 |
| Total | | | 100 | 100 | 100 | 300 |

A diferencia de los estratos arbóreo y arbustivo, en el estrato herbáceo el IVI se distribuye de manera más equitativa. *Melinis repens* tiene el IVI más alto (71.64), seguida muy de cerca por *Acmella repens* (69.29). Ambas especies concentran la mayor parte de la cobertura y dominancia. *Melampodium gracile* presenta un IVI intermedio (53.30), mientras que *Elytraria imbricata* y *Sida rhombifolia* tienen los valores más bajos (53.95 y 51.82 respectivamente). La presencia de *Melinis repens* (especie exótica invasora) entre las dos especies con mayor IVI es un indicador de perturbación en el estrato herbáceo.

**Tabla IV. 31 Índice de Valor de Importancia, estrato herbáceo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | AR (%) | FR (%) | CR (%) | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 21.28 | 18.75 | 11.79 | 51.82 |
| 2 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 14.89 | 18.75 | 19.66 | 53.30 |
| 3 | Elytraria imbricata | Anisillo | 23.40 | 18.75 | 11.79 | 53.95 |
| 4 | Acmella repens (Walter) Rich. | Boton de oro | 17.02 | 25.00 | 27.27 | 69.29 |
| 5 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 23.40 | 18.75 | 29.48 | 71.64 |
| Total | | | 100 | 100 | 100 | 300 |

**Índice de diversidad de Shannon-Wiener**

Se calcularon el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de equitatividad de Pielou (J') para cada estrato, con base en las densidades relativas.

El índice H' de **1.4653** se encuentra en el límite superior de la categoría "diversidad baja" (0-1.5). Esto es característico de comunidades vegetales donde dos especies

(*Acacia bilimekii* y *Acacia cochliacantha*) concentran la mayor parte de la densidad (69.8%). La equitatividad de **0.7530** indica que, aunque hay dominancia, las 5 especies restantes contribuyen de manera relativamente uniforme a la diversidad total. El déficit de diversidad (Hmáx - H calculada = 0.4806) representa el 24.7% de la diversidad máxima posible, lo que refleja una comunidad con una estructura simplificada y dominancia de pocas especies.

**Tabla IV. 32 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbóreo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | Densidad (individuos/ha) | Pi | (-)(LN Pi) | Pi*((-)LN Pi) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Acacia coulteri Benth. ex A. Gray* | Guaje | 13 | 0.0131 | 4.3340 | 0.0568 |
| 2 | *Haematoxylum brasiletto H. Karst.* | Brasil | 22 | 0.0230 | 3.7744 | 0.0866 |
| 3 | *Bursera fagaroides (Kunth) Engl.* | Aceitillo | 25 | 0.0262 | 3.6409 | 0.0955 |
| 4 | *Alvaradoa amorphoides Liebm.* | Ardillo | 75 | 0.0787 | 2.5423 | 0.2000 |
| 5 | *Acacia farnesiana (L.) Willd.* | Espino | 153 | 0.1607 | 1.8285 | 0.2938 |
| 6 | *Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.* | Chicharillo | 306 | 0.3213 | 1.1353 | 0.3648 |
| 7 | *Acacia bilimekii J.F. Macbr.* | Espino | 359 | 0.3770 | 0.9754 | 0.3678 |
| ***Total*** | | | ***953*** | - | - | ***1.4353*** |

| Parámetros | Datos |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 7 |
| H'= Índice obtenido | 1.4653 |
| Hmáx = LN (S) | 1.9459 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.7530 |
| Hmáx - H calculada | 0.4806 |

El H' de **1.3763** clasifica como diversidad baja, con una especie (*Chromoleana sp.*) dominando claramente en densidad y frecuencia. La equitatividad de **0.8552** es más alta que en el estrato arbóreo, lo que indica que, una vez excluida la especie dominante, las otras cuatro tienen una distribución bastante uniforme. Expresado como número efectivo de especies (exp(H')), el estrato arbustivo equivale a **4.0** especies igualmente abundantes, lo que confirma el empobrecimiento estructural de este estrato.

**Tabla IV. 33Tabla IV. 18 Índice de Shannon-Wiener, estrato arbustivo proyecto.**

| No | Nombre científico | Nombre común | Densidad (individuos/ha) | Pi | (-)(LN Pi) | Pi*((-)LN Pi) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Mimosa lacerata Rose* | Garabato | 75 | 0.0438 | 3.1282 | 0.1370 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *Agave vivipara L.* | Amole | 250 | 0.1460 | 1.9242 | 0.2809 |
| 3 | *Dalea foliolosa (Aiton) Barneby* | Almaraduz | 263 | 0.1533 | 1.8755 | 0.2875 |
| 4 | *Sebastiania pavoniana (Müll. Arg.) Müll. Arg.* | Brincador | 325 | 0.1898 | 1.6619 | 0.3154 |
| 5 | *Chromoleana sp.* | Vara de agua | 800 | 0.4672 | 0.7611 | 0.3555 |
| ***Total*** | | | ***1,713*** | - | - | ***1.3763*** |

| **Parámetros** | **Datos** |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 5 |
| H'= Índice obtenido | 1.3763 |
| Hmáx = LN (S) | 1.6094 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.8552 |
| Hmáx - H calculada | 0.2331 |

El H' de **1.5941** se ubica en el rango de diversidad media (1.6-3.0), siendo el más alto de los tres estratos. La equitatividad de **0.9904** (muy cercana a 1) indica que los individuos se distribuyen de manera casi perfectamente equitativa entre las cinco especies herbáceas registradas. Este resultado es típico de comunidades herbáceas en claros de selva baja caducifolia, donde la competencia es menor y varias especies coexisten en proporciones similares. La presencia de la especie exótica *Melinis repens* no ha desplazado por completo a las nativas, al menos en la densidad registrada, aunque su alto valor de cobertura (CR = 29.48%) sugiere un impacto en la estructura. El déficit de diversidad es prácticamente nulo (0.0154), lo que indica que la comunidad herbácea ha alcanzado su máxima diversidad posible dada su riqueza específica.

**Tabla IV. 34 Índice de Shannon-Wiener, estrato herbáceo proyecto.**

| **No** | **Nombre científico** | **Nombre común** | **Densidad absoluta (individuos/ha)** | **Pi** | **(-)(LN Pi)** | **Pi*((-)LN Pi)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Melampodium gracile Less. | Tajonal | 8750 | 0.1489 | 1.9042 | 0.2836 |
| 2 | Acmella repens (Walter) Rich. | Boton de oro | 10000 | 0.1702 | 1.7707 | 0.3014 |
| 3 | Sida rhombifolia L. | Escobilla | 12500 | 0.2128 | 1.5476 | 0.3293 |
| 4 | Elytraria imbricata | Anisillo | 13750 | 0.2340 | 1.4523 | 0.3399 |
| 5 | Melinis repens (Willd.) Zizka | Cadillo | 13750 | 0.2340 | 1.4523 | 0.3399 |
| | | | ***58,750*** | - | - | ***1.5941*** |

| **Parámetros** | **Datos** |
|---|---|
| S (Número de especies en la comunidad) | 5 |
| H'= Índice obtenido | 1.5941 |

| | |
|---|---|
| Hmáx = LN (S) | 1.6094 |
| Equitatividad (H'/Hmáx) | 0.9904 |
| Hmáx - H calculada | 0.0154 |

***Especies bajo régimen de protección***

De acuerdo con la revisión de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, que establece las categorías de riesgo para especies de flora y fauna silvestres en México, ninguna de las especies registradas en los tres estratos de vegetación (7 arbóreas, 5 arbustivas y 5 herbáceas) se encuentra listada en dicha norma. Todas las especies presentan un estatus de "No categorizada".
Sin embargo, se identificaron las siguientes especies con estatus de conservación según otros criterios:

**Especies endémicas de México:**

- *Acacia bilimekii* (espino) - Endémica de Guerrero, México, Morelos, Oaxaca y Puebla.
- *Mimosa lacerata* (garabato) - Endémica de Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz.

***Especies exóticas-invasoras:***

- *Melinis repens* (cadillo) - Especie introducida de origen africano, ampliamente distribuida en México y considerada invasora en varios ecosistemas del país. Su presencia indica cierto grado de perturbación en el área de estudio.

**Especies en la Lista Roja de la UICN:**
Ninguna de las especies registradas se encuentra en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

**Especies en CITES:**
Ninguna de las especies registradas se encuentra en los Apéndices de la CITES.

***Conclusión***

La caracterización de la vegetación en el polígono de 1.0982 ha revela un **estado de conservación regular a degradado**, típico de un ecosistema secundario con historial de perturbación antrópica (pastoreo, aprovechamientos forestales no maderables y trabajos mineros previos). La composición florística está dominada por especies pioneras del género *Acacia* y arbustos oportunistas

como *Chromoleana sp.* y *Dalea foliolosa*, lo que es característico de selvas bajas caducifolias en etapas sucesionales tempranas.

Los índices de diversidad (Shannon-Wiener) indican una **diversidad baja a media** en los tres estratos, con una marcada dominancia de pocas especies en los estratos arbóreo y arbustivo, y una distribución más equitativa en el estrato herbáceo, donde destaca la presencia de la especie exótica-invasora *Melinis repens*.

La **ausencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010** simplifica los requisitos de compensación legal, aunque la presencia de especies endémicas (*Acacia bilimekii* y *Mimosa lacerata*) refuerza la necesidad de implementar medidas de mitigación y restauración que garanticen la conservación de la biodiversidad regional.

El área del proyecto, aunque ecológicamente empobrecida en comparación con el SA, aún conserva funciones ecológicas relevantes (protección del suelo, hábitat para fauna, ciclo de nutrientes) que justifican la aplicación de un programa de rehabilitación progresiva y restauración final.

### *IV.2.2.2 Fauna*

México se encuentra entre los 17 países considerados megadiversos por contener una alta diversidad de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y plantas vasculares. A nivel mundial, el país se encuentra en el segundo lugar de reptiles, tercero de mamíferos, quinto de anfibios y onceavo de aves (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad [CONABIO], 2023). Lo anterior se debe a que México, al igual que los otros 16 países megadiversos, presentan una gran cantidad de endemismos originados por las siguientes características físicas en el territorio (CONABIO, 2023):

1. Posición geográfica: La mayor diversidad de especies se encuentra en el Trópico de Cáncer. En México, este atraviesa el país de Baja California Norte a Chiapas.

2. Diversidad de paisajes: Las montañas conforman paisajes diversos y complejos, con condiciones y características únicas que derivan en diversidad de especies. México desde su formación, desarrolló un sistema montañoso importante, además de que está rodeado de océanos.

3. Aislamiento e historia evolutiva: El movimiento de continentes genera condiciones nuevas que permite el desarrollo de especies únicas y confluyen especies nativas de cada región. México se encuentra entre las regiones biogeográficas Neártica (norte) y Neotropical (Sur).
4. Tamaño: La superficie juega un papel importante en la diversidad, a mayor tamaño, mayor variedad de paisajes y especies. México tiene una superficie de más de 500 millones de hectáreas en donde confluye la parte continental, insular y oceánica.

El estado de Morelos, en donde se localiza el proyecto “La Palmera”, es el tercer estado más pequeño de la República Mexicana con el 0.25% del territorio (Guerrero *et al.*, 2015); sin embargo, debido a la convergencia de dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) y a las características geomorfológicas del estado, que derivan en un amplio gradiente altitudinal (700 a 5,000 msnm), suelos ricos en nutrientes por actividad volcánica, y variedad de climas (templado, semicálido y caliente), Morelos cuenta con una riqueza de más de 600 especies de vertebrados, 62 endémicas a México, asociadas a 13 ecosistemas (CONABIO, 2021).

De las 5,167 especies de vertebrados reportadas para México, Morelos representa al menos el 12% con sus 600 especies. De los 491 mamíferos a nivel país, en Morelos se encuentra el 20%, de las 1,054 aves, el estado representa el 35%, y de las 994 especies de herpetofauna, el 32% lo tiene Morelos (CONABIO, 2021).

Particularmente, el proyecto se localiza en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, el Sistema Ambiental comprende una poligonal de 1,585.45 hectáreas que corresponde a la Microcuenca Hidrológica (MH) "Lorenzo Vázquez (Santa Cruz)", el área a afectar por el proyecto “La Palmera”, abarca una superficie de 1.0982 hectáreas. Llevar a cabo el muestreo en el Sistema Ambiental, permite identificar las especies presentes y posibles interacciones ecológicas relevantes.

El muestreo de fauna fue ejecutado durante el periodo del 01 al 03 de mayo de 2026, durante la temporada de secas reportada para la selva baja caducifolia (de diciembre a mayo; CONABIO, 2022). La información de los muestreos de campo fue complementada con bases de datos de ocurrencia, con el objetivo de representar la temporada de lluvias, y la presencia aves migratorias.

Consulta de bases de datos

Con el fin de complementar la información obtenida en campo y conocer el potencial de especies que podrían estar presentes en el área de estudio, se realizó la consulta de bases de datos de ocurrencia en repositorios nacionales. La consulta se enfocó en los grupos de mamíferos, aves, reptiles y anfibios

registrados para el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, y para la región de la Depresión del Balsas, particularmente en ecosistemas de selva baja caducifolia.

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB – CONABIO)

Se realizó la descarga de registros de ocurrencia de especies mediante la plataforma digital del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB; Portal de datos abiertos, CONABIO). La consulta se delimitó geográficamente al municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, y se filtró por grupos taxonómicos de interés (Mammalia, Aves, Reptilia y Amphibia). Los datos descargados incluyeron: información de la colecta, colección e Institución; información taxonómica de la especie, régimen de protección nacional e internacional, coordenadas geográficas. Esta información se utilizó para generar una lista de especies potenciales y para validar la presencia histórica de especies en la zona.

Integración de la información

Con base en la descarga de datos de ocurrencia, se integró una lista de especies potenciales para cada grupo faunístico (mamíferos, aves, reptiles y anfibios). Para cada especie se registró:

- Información taxonómica de la especie: clase, orden, familia, género, especie, nombre común y, en su caso, subespecie).
- Endemismo (endémica de México, endémica del estado o de distribución restringida).
- Régimen de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, la Lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Esta lista de especies potenciales se contrastará posteriormente con los resultados de los muestreos de campo para determinar la riqueza real de especies y evaluar la presencia de especies de interés ecológico o en estatus de protección. La información obtenida de gabinete fue particularmente relevante para complementar la temporada de lluvias y la presencia de especies migratorias (particularmente aves) que no fueron detectadas durante el muestreo en temporada de secas.

***Metodología del muestreo***

Para la selección de metodologías, se priorizó la eficiencia en los nuestros en términos de tiempo, beneficio y personal. Se consideraron estaciones de fototrampeo sencillas para mastofauna y transectos lineales para todos los grupos: mastofauna, avifauna y herpetofauna. Se utilizaron los mismos transectos para el muestreo de los anteriores. Previo al trabajo en campo, fueron diseñados los transectos en gabinete y se ajustaron conforme a las características físicas del sitio. Así mismo, se trabajó en la generación de hojas de campo en donde se recolectaron datos como: técnico responsable, fecha, hora de inicio y final, especies observadas, número de individuos, tipo de observación, coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos o estaciones de cámaras.

**Tabla IV. 35 Técnicas de muestreo utilizadas en el proyecto La Palmera.**

| Grupo faunístico | Técnica de muestreo | Equipo utilizado | Características |
|---|---|---|---|
| Mastofauna | Estaciones sencillas de fototrampeo | Cámaras de fototrampeo con sensor pasivo de movimiento, guías de identificación Aranda (2012) y Chávez *et al.* (2013). | 4 estaciones sencillas de fototrampeo (2 en el SA y 2 en el polígono del proyecto) con cámaras colocadas a una altura de 40 cm de altura de la base del árbol; distancia enfoque 3–4 m; orientación N o S; retraso 1 min; modo continuo día/noche. Fueron configuradas para la toma de fotografía. |
| | Transectos lineales para el registro visual y por rastros | Cámara fotográfica, escala, hojas de campo, libreta de campo, guías de identificación Aranda (2012) y Chávez *et al.* (2013) | 8 transectos lineales de 73 m de largo, con una distancia de 30 m entre cada uno (4 en el SA y 4 en el polígono del proyecto). |
| Avifauna | Transectos lineales para el registro visual y acústico | Cámara fotográfica, binoculares, hojas de campo, libreta de campo, aplicación Merlin Bird ID del Laboratorio de Ornitología de Cornell, guía de identificación Howell y Webb (1995). | 4 transectos lineales de 73 m de largo, 2 en el SA (con distancia de más de 2 km) y 2 en el área del proyecto (con distancia de 80 m). |
| Herpetofauna | Transectos lineales para el registro visual, acústico y de mudas | Cámara fotográfica, ganchos herpetológicos, linterna frontal hojas de campo, libreta de campo, guía de identificación Lemos-Espinal & Dixon (2013), y Lemos-Espinal & Smith (2020) | 8 transectos lineales 73 m de largo, 10 m de ancho, con una distancia de 30 m entre cada uno (4 en el SA y 4 en el área del proyecto). |

A continuación, se describen a detalle las técnicas utilizadas para cada grupo taxonómico considerado en este proyecto:

Mamíferos

Los mamíferos representan un grupo de particular relevancia ecológica por su función como depredadores, dispersores de semillas y presas de especies mayores (Leacher *et al.*, 2019). En selva baja caducifolia, muchas especies presentan hábitos crípticos, nocturnos o de baja densidad, lo que dificulta su detección mediante observación directa. Por ello, se combinaron dos métodos complementarios no invasivos: estaciones sencillas de fototrampeo, que permiten registrar la presencia de la especie y, rastreo de huellas, excretas y otros rastros, que aporta información sobre el uso del hábitat y la presencia indirecta de especies elusivas (Sélem-Salas *et al.*, 2011; Chávez *et al.* 2013).

Se colocaron cuatro estaciones sencillas de fototrampeo (dos correspondientes al SA y dos en el área del proyecto), en las cuales se considera la colocación de una sola cámara trampa. En la determinación de los sitos para las estaciones, se tomaron en cuenta los cruces de senderos, bordes de vegetación y áreas con rastros frescos. Las fototrampas se colocaron en árboles a una altura de 40 cm del suelo, configuradas con una distancia de enfoque de 3 a 4 m, orientación norte-sur, retraso de 1 min y en modo continuo día/noche, el registro de los organismos fue a través de fotografías independientes.

**Tabla IV. 36 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de las estaciones sencillas de fototrampeo.**

| | Estación ID | Coordenada | |
|---|---|---|---|
| | | X | Y |
| SA | C001 SA | 492129.488 | 2060300.605 |
| | C002 SA | 489874.148 | 2058876.137 |
| Polígono del proyecto | C001 La Palmera | 491299.154 | 2059126.611 |
| | C002 La Palmera | 491286.227 | 2059156.237 |

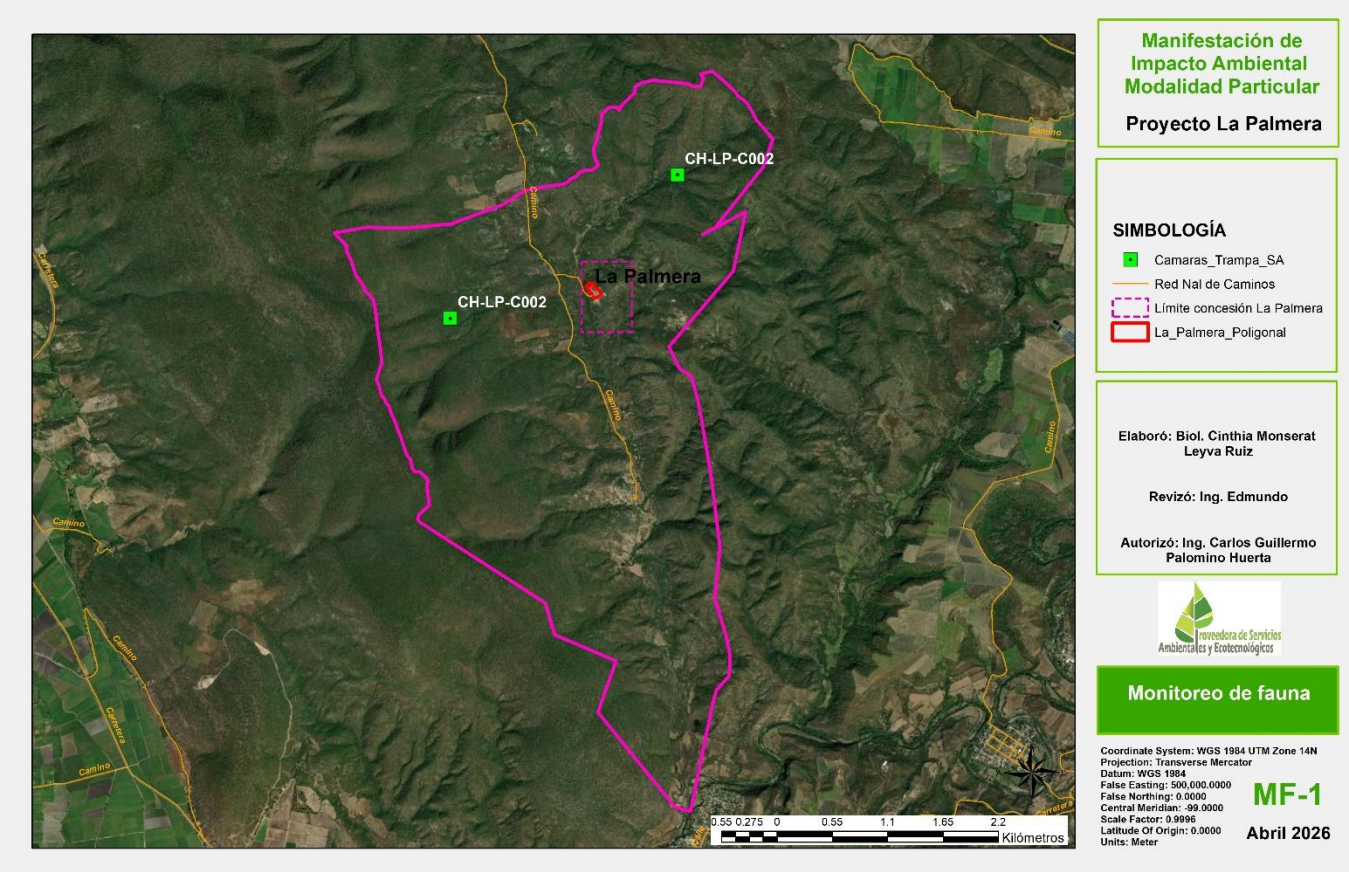



**Figura IV. 44 Localización de las estaciones sencillas de fototrampeo en el SA.**

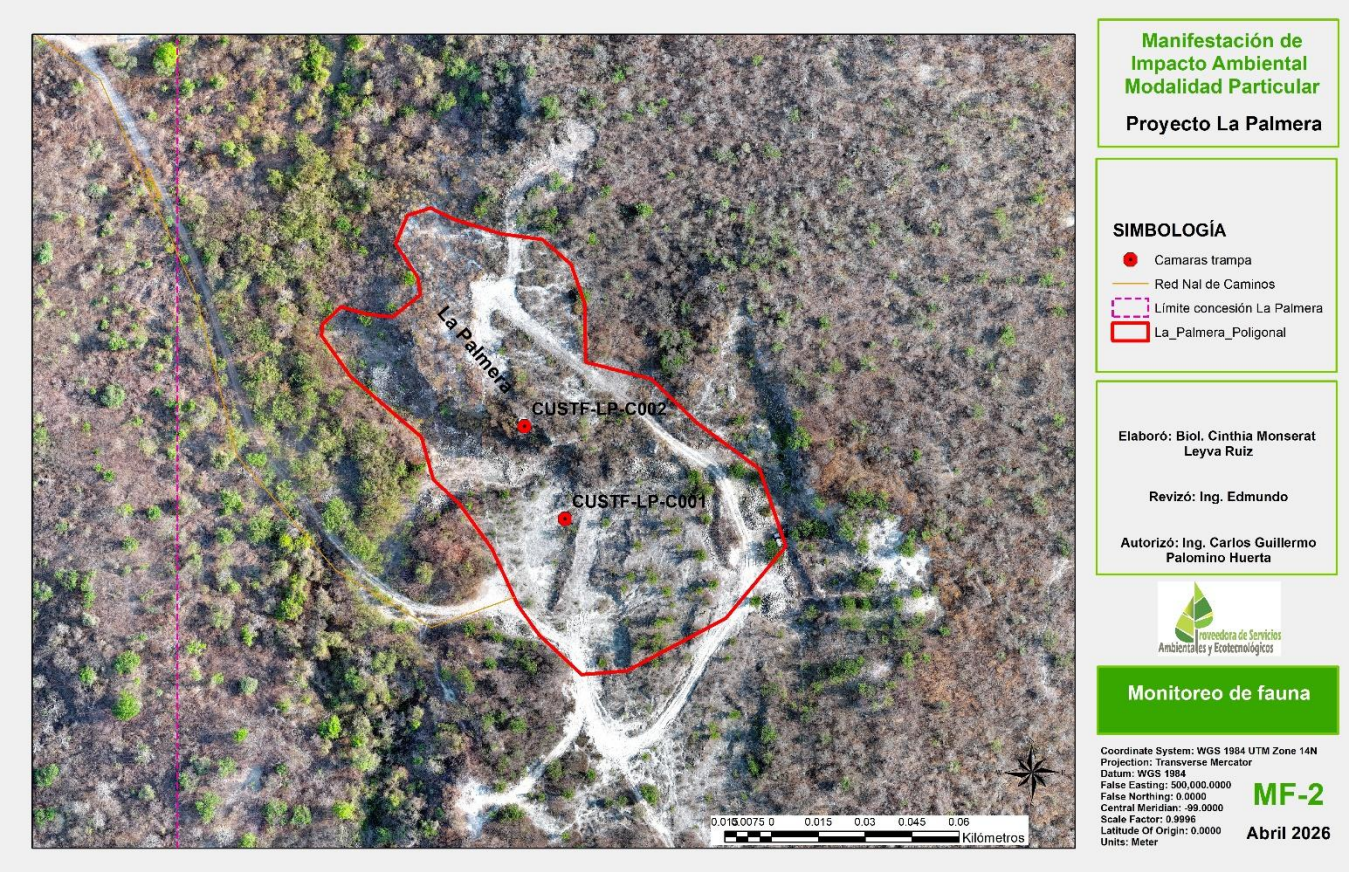



**Figura IV. 45 Localización de las estaciones sencillas de fototrampeo en el polígono del proyecto.**

El rastreo de huellas, excretas y otros rastros se realizó a través de 8 transectos lineales de 73 m de largo, 4 correspondientes al Sistema Ambiental (SA), dos se localizaron al oriente y dos al poniente del área que será afectada por el proyecto, y dos en el área del proyecto, la distancia entre transectos dentro del mismo punto cardinal fue de 30 m entre ellos.

**Tabla IV. 37 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales en donde se llevó a cabo el rastreo de huellas y excretas.**

| | Transecto ID | Coordenadas iniciales | | Coordenadas iniciales | | Longitud (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | X | Y | |
| SA | T1 SA Oriente | 492050.221 | 2060294.322 | 492029.512 | 2060355.121 | 73 |
| | T2 SA Oriente | 491981.130 | 2060289.040 | 492047.721 | 2060261.883 | 73 |
| | T1 SA Poniente | 490065.463 | 2058736.072 | 490015.663 | 2058788.828 | 73 |
| | T2 SA Poniente | 489972.119 | 2058803.688 | 489966.516 | 2058876.524 | 73 |
| Polígono del proyecto | T1 La Palmera | 491366.704 | 2059121.305 | 491308.231 | 2059078.230 | 73 |
| | T2 La Palmera | 491345.766 | 2059148.371 | 491287.260 | 2059105.266 | 73 |
| | T3 La Palmera | 491312.594 | 2059174.448 | 491260.616 | 2059137.322 | 73 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | T4 La Palmera | 491234.064 | 2059169.843 | 491291.310 | 2059214.665 | 73 |

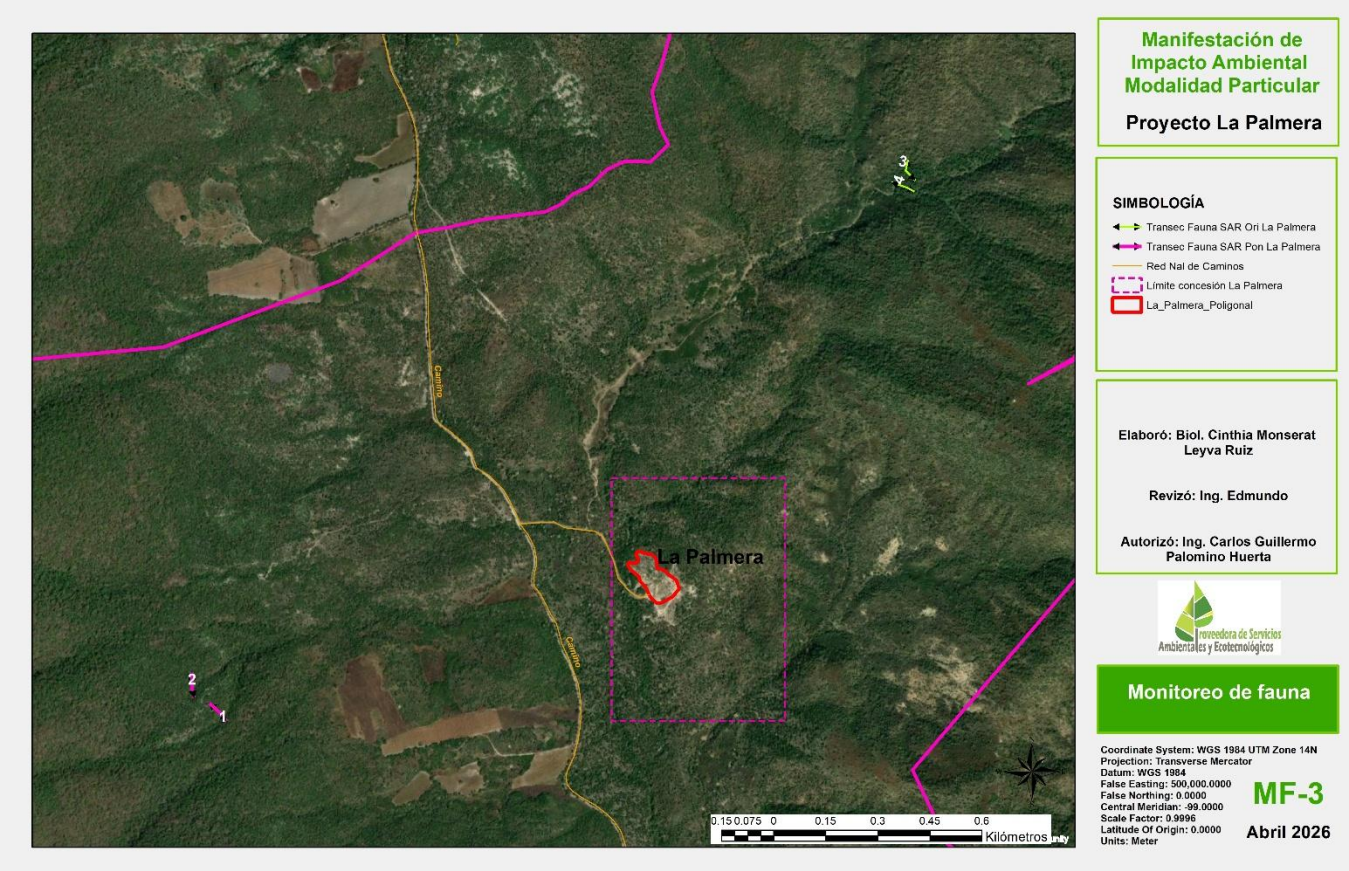



**Figura IV. 46 Localización de los transectos para muestreo de rastros y huellas de mamíferos en el SA.**

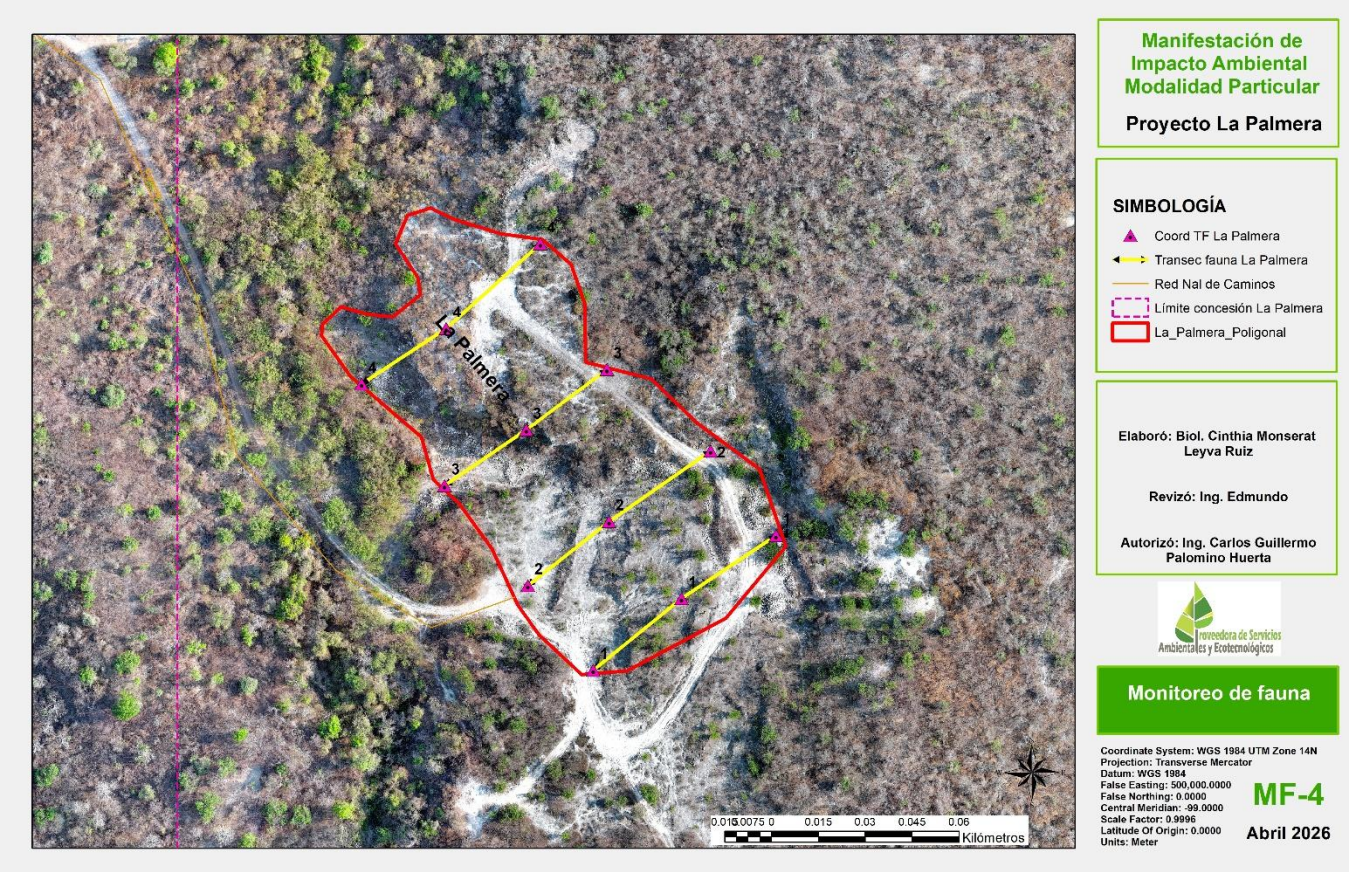



**Figura IV. 47 Localización de transectos para muestreo de rastros y huellas de mamíferos en el polígono del proyecto.**

El recorrido de los transectos se realizó en dos tiempos a lo largo del día: muestro matutino, ejecutado entre las 6:00 y las 11:00 horas y muestreo vespertino-nocturno, de las 17:00 a 21:00 hrs para cubrir tanto especies diurnas como aquellas de actividad crepuscular y nocturna. En total se realizaron 4 muestreos por transecto, dos matutinos y dos vespertinos. Cabe resaltar que, durante los periodos de tiempo, 30 minutos fueron utilizados para llegar de los transectos del oriente al poniente en el SA.

Durante los transectos y al encontrar huellas, excretas u otros rastros, se tomó fotografía con la escala como referencia visual y para la identificación de la especie. Para cada detección se hizo el registro del tipo de rastro (excreta, huella, pelo, madriguera), especie probable, medidas, sustrato (suelo, rocas, troncos caídos), fotografía y observaciones. De forma incidental, se tuvo un registro visual y uno auditivo para los cuales se registró la misma información.

Aves

Las aves constituyen el grupo de vertebrados con mayor movilidad y diversidad funcional en el ecosistema, participando en procesos de polinización, dispersión de semillas y control de poblaciones de insectos. En selva baja caducifolia, la actividad de las aves se concentra en las primeras horas de la mañana, cuando las temperaturas son más benignas y la vocalización es máxima, por lo que el muestreo se orientó principalmente al intervalo matutino complementado con recorridos vespertinos.

La caracterización de aves se realizó a través de 4 transectos lineales de 73 m de largo, dos localizados en el SA y dos en el área del proyecto, en donde el observador caminó sobre este, fue sigiloso y registró a los organismos desde la línea con el fin de que estos fueran considerados antes de que se movieran a otra área (Sélem-Salas *et al.*, 2011). Las características del sitio fueron ideales para este tipo de muestreo debido a que la vegetación no es muy densa y se aprovecharon brechas ya existentes (Ralph *et al.*, 1996).

Los transectos lineales en el SA se localizaron al oriente y al poniente del del área que será afectada por el proyecto, estos transectos tienen una distancia de más de 2 km y corresponden al mismo número de transectos dentro del polígono del proyecto que tienen una distancia de 80 m para minimizar el reconteo de los individuos (Ralph *et al.*, 1996).

**Tabla IV. 38 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales para el muestreo de aves..**

| | Transecto ID | Coordenadas iniciales | | Coordenadas iniciales | | Longitud (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | X | Y | |
| SA | T1 SA Oriente | 492050.221 | 2060294.322 | 492029.512 | 2060355.121 | 73 |
| | T2 SA Poniente | 489972.119 | 2058803.688 | 489966.516 | 2058876.524 | 73 |
| Polígono de proyecto | T1 La Palmera | 491345.766 | 2059148.371 | 491287.260 | 2059105.266 | 73 |
| | T2 La Palmera | 491234.064 | 2059169.843 | 491291.310 | 2059214.665 | 73 |

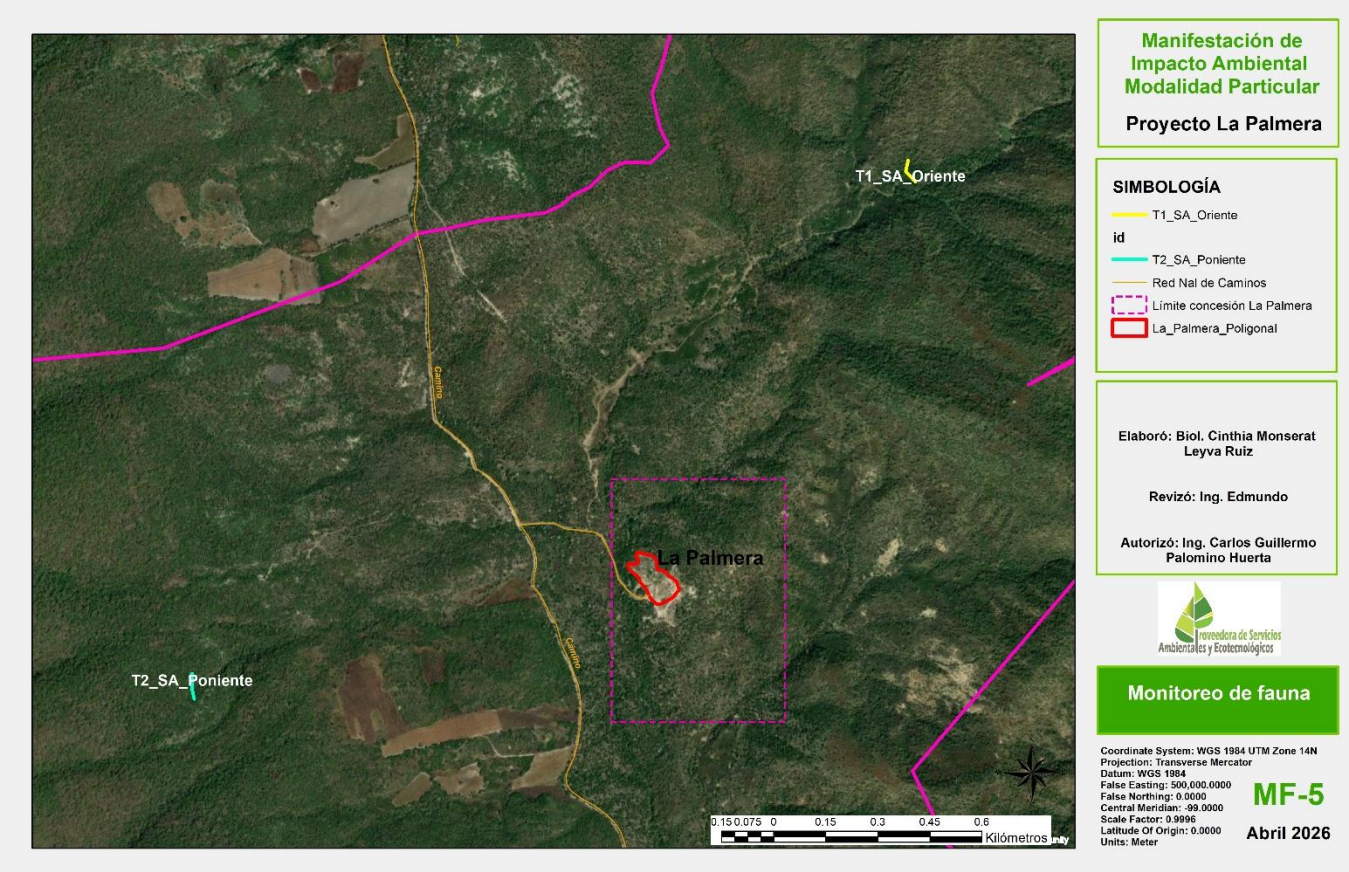



**Figura IV. 48 Localización de los transectos para muestreo de aves en el SA.**

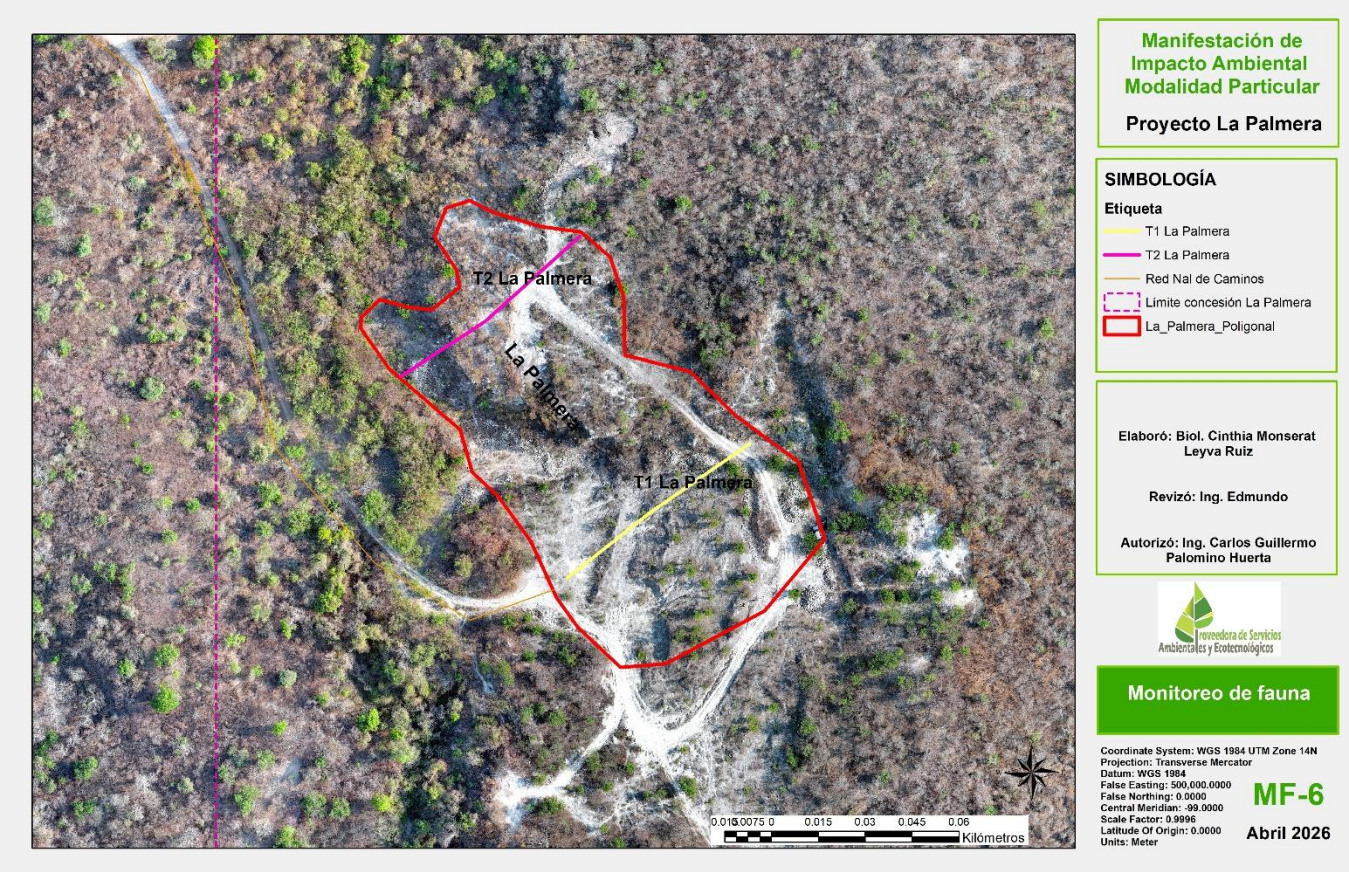



**Figura IV. 49 Localización de transectos para muestreo de aves en el polígono del proyecto.**

El recorrido de los transectos se realizó en dos tiempos a lo largo del día: muestro matutino, ejecutado entre las 6:00 y las 11:00 hrs, aprovechando el pico de actividad de las aves y alargando el periodo considerando la baja actividad por el calor intenso (Ralph *et al.*, 1996); y muestreo vespertino de las 18:00 a 20:00 hrs para el registro de especies crepusculares. En total se realizaron 4 muestreos por transecto, dos matutinos y dos vespertinos. Cabe resaltar que, durante los periodos de tiempo, 30 minutos fueron utilizados para llegar del transecto oriente al poniente.

Las detecciones fueron visuales y acústicas; las primeras se realizaron a través del uso de binoculares y cámara fotográfica para tener evidencia de las características del ave en caso de que no pudiera ser identificada en campo, y para el registro acústico, se utilizó la aplicación Merlin Bird ID del Laboratorio de Ornitología de Cornell en apoyo al observador en los cantos que no pudieron ser identificados. Para cada detección se hizo el registro de la especie, número de individuos, tipo de registro (visual o acústico), distancia (m), estrato (suelo, sotobosque o dosel), actividad (en percha, forrajeo, vuelo, vocalización), fotografía y observaciones.

Anfibios y Reptiles

Los anfibios y reptiles (herpetofauna), juegan un papel importante en el ecosistema debido a su alimentación (invertebrados y pequeños vertebrados), como presas, y porque son indicadores de ecosistemas degradados por su especialización de hábitat (Chávez-León y Lemos-Espinal, 2021). Son particularmente sensibles a las condiciones microambientales como la temperatura y la humedad, por lo que su detectabilidad varía notablemente a lo largo del día.

La caracterización de herpetofauna se realizó a través de transectos lineales con búsqueda activa en sustratos usados por este grupo (fuste y dosel de los árboles, suelo, rocas, hojarasca, ramas, troncos en descomposición; (Chávez-León y Lemos-Espinal, 2021), la búsqueda se realizó con gancho herpetológico. Los transectos tuvieron una longitud de 73 m y un ancho de 10 m respondiendo a la baja detectabilidad visual de estos organismos. Dos de los transectos se localizaron en el SA, al oriente y al poniente del polígono del área que será afectada por el proyecto, los otros dos se colocaron en el polígono del proyecto. La distancia entre transectos dentro del mismo punto cardinal fue de 30 m entre ellos.

**Tabla IV. 39 Coordenadas en proyección UTM, Datum WGS84, zona 14 norte de los transectos lineales en donde se llevó a cabo el muestreo de herpetofauna.**

| | Transecto ID | Coordenadas iniciales | | Coordenadas iniciales | | Longitud (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | X | Y | |
| SA | T1 SA Oriente | 492050.221 | 2060294.322 | 492029.512 | 2060355.121 | 73 |
| | T2 SA Oriente | 491981.130 | 2060289.040 | 492047.721 | 2060261.883 | 73 |
| | T1 SA Poniente | 490065.463 | 2058736.072 | 490015.663 | 2058788.828 | 73 |
| | T2 SA Poniente | 489972.119 | 2058803.688 | 489966.516 | 2058876.524 | 73 |
| Polígono del proyecto | T1 La Palmera | 491366.704 | 2059121.305 | 491308.231 | 2059078.230 | 73 |
| | T2 La Palmera | 491345.766 | 2059148.371 | 491287.260 | 2059105.266 | 73 |
| | T3 La Palmera | 491312.594 | 2059174.448 | 491260.616 | 2059137.322 | 73 |
| | T4 La Palmera | 491234.064 | 2059169.843 | 491291.310 | 2059214.665 | 73 |

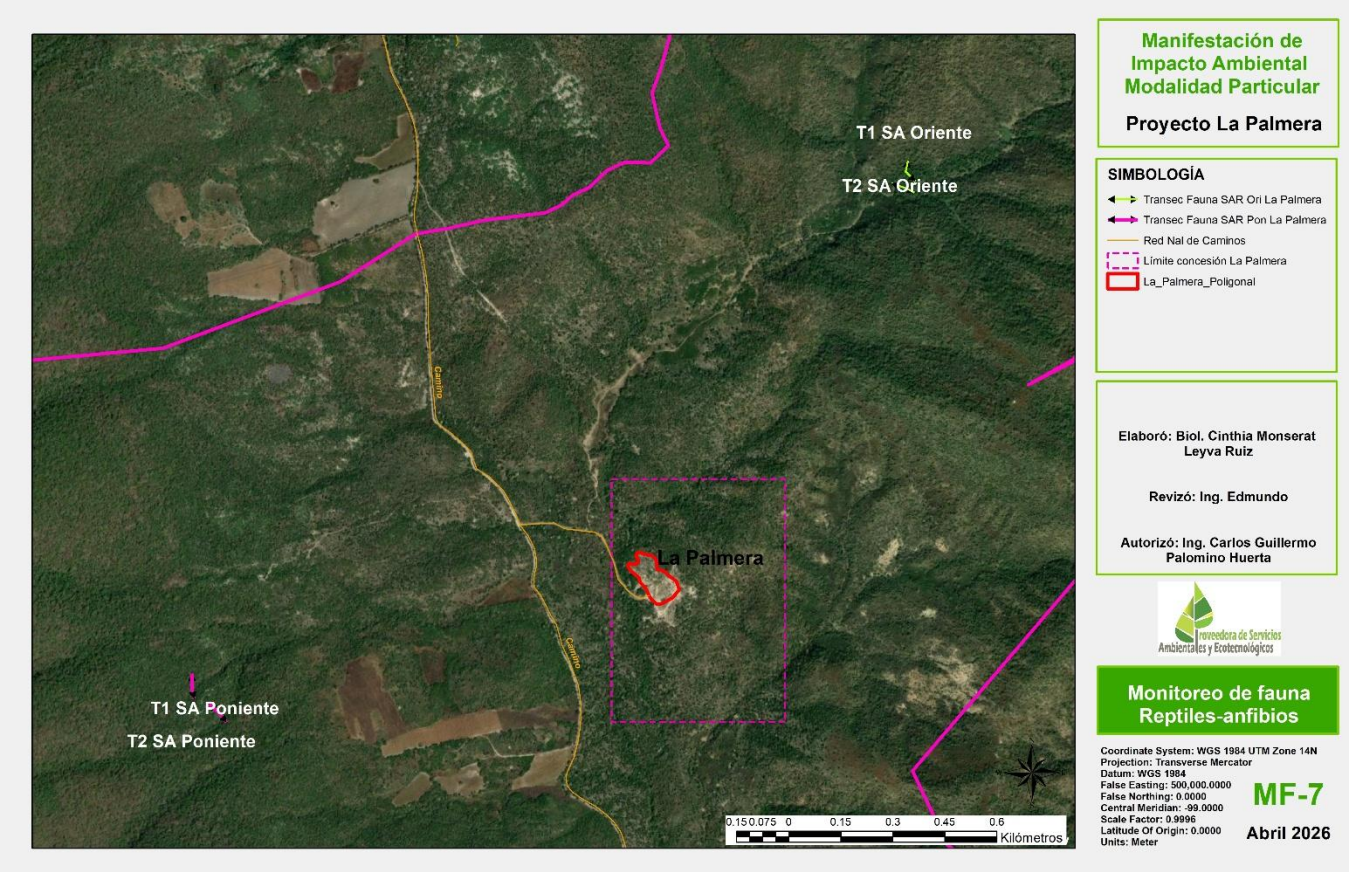



**Figura IV. 50 Localización de los transectos para muestreo de herpetofauna en el SA.**

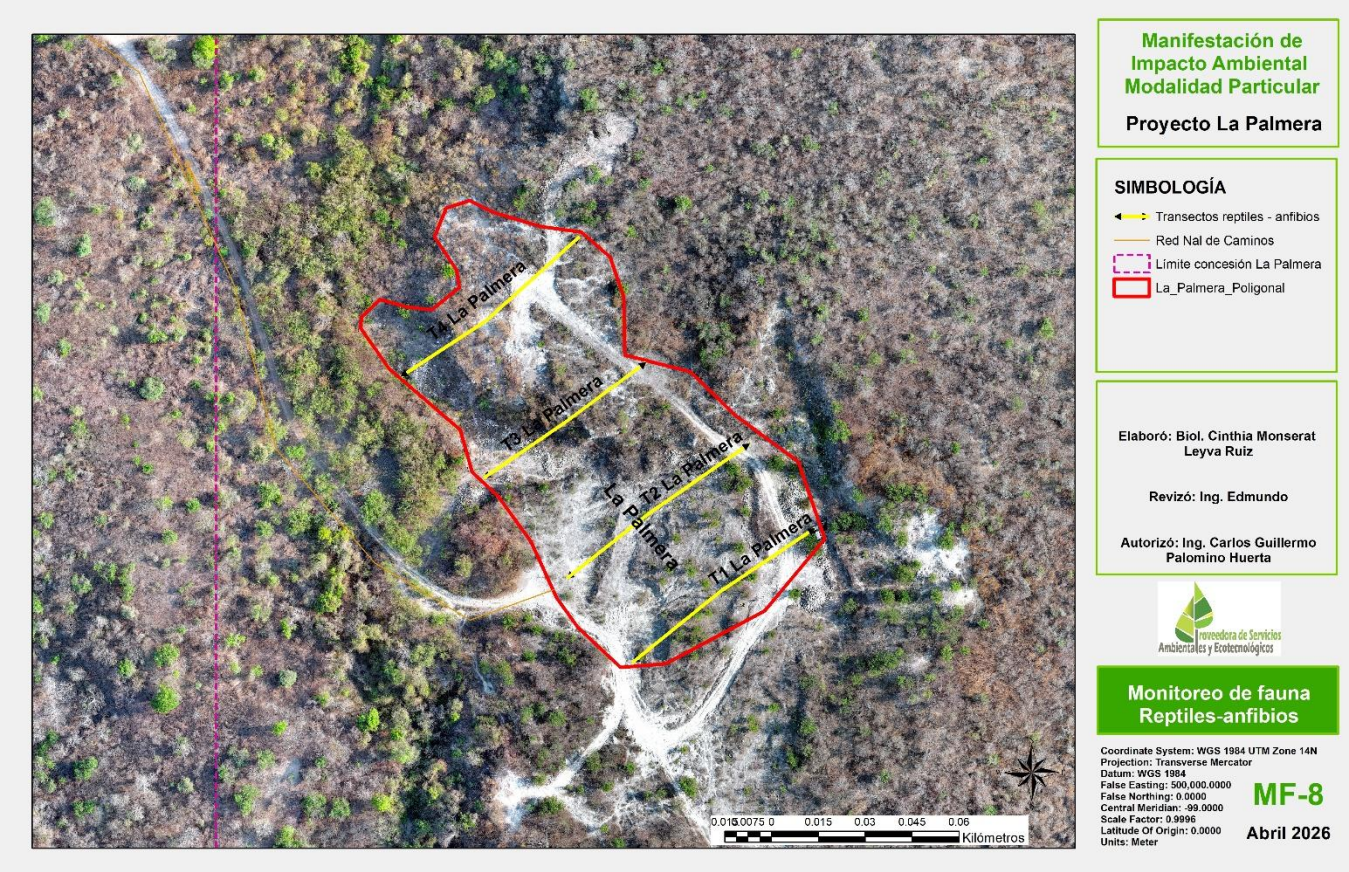



**Figura IV. 51 Localización de transectos para muestreo de herpetofauna en el polígono del proyecto.**

Conforme a los hábitos y necesidades de las especies de herpetofauna, se combinaron recorridos diurnos de 09:00 a 11:00 hrs aprovechando la termorregulación (Lara-Resendiz *et al.*, 2019), y recorridos vespertino-nocturnos de 19:00 a 21:00 hrs para las especies nocturnas. En total se realizaron 4 muestreos por transecto, dos matutinos y dos vespertino-nocturnos. Cabe resaltar que, durante los periodos de tiempo, 30 minutos fueron utilizados para llegar del transecto oriente al poniente.

Las detecciones fueron visuales a través de la búsqueda intensiva en los microhábitats dentro del transecto lineal, se registró: nombre de la especie, número de individuos, tipo de registro (visual o muda), distancia (m), microhábitat (superficie de los árboles, suelo, rocas, hojarasca, ramas, troncos en descomposición), comportamiento (termorregulación, reproducción, defensa, alimentación y comunicación), fotografía y observaciones. Durante el muestreo vespertino-nocturno, se utilizó linterna frontal para la búsqueda. Se llevó a cabo la toma de fotografías para tener evidencia de las características del individuo en caso de que no pudiera ser identificada en campo.

***Análisis de la diversidad de fauna***

Riqueza y composición de especies en el Sistema Ambiental (SA)

En total, del listado obtenido de la consulta de datos y lo registrado en campo a través del muestreo, se obtiene que en el área de estudio hay 292 especies de vertebrados; 291 corresponden a las especies con distribución potencial obtenidas de bases científicas para el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos y a partir del muestreo, se pudieron registrar 37 de esas especies (12.41%) más un reptil no encontrado en gabinete.

De las 292 especies de vertebrados obtenidas de la búsqueda de información en gabinete y a través del muestreo, 39 corresponden a mastofauna, 212 a aves, 34 a reptiles y 7 a anfibios; el grupo de las aves es el más diverso con 72.60% del total obtenido.

De las 37 especies de vertebrados registradas en los muestreos, los mamíferos aportan 4 especies (10.81%) al total de vertebrados para el área, las aves 28 (75.67%), los reptiles 5 (13.51%) y no se registraron especies de anfibios. Las aves de presentan como el grupo con mayor riqueza por su alta movilidad y buen aprovechamiento de recursos conforme a la fenología de la vegetación (Instituto Tecnológico Superior de Irapuato & Instituto Municipal de Planeación de Irapuato., 2015; Nieto-Montes de Oca, 2019).

El grupo de los mamíferos estuvo conformado por 7 órdenes, 18 familias, 26 géneros y 39 especies. Las familias mejor representadas fueron Phyllostomidae (murciélagos de hoja nasal) con 7 especies y Cricetidae (roedores cricétidos) con 9 especies. En general, los géneros pertenecientes a los murciélagos y ratones estuvieron integrados por el mayor número de especies; respecto a los murciélagos, el género *Artibeus* arrojó tres especies de murciélagos frugívoros: *A. hirsutus* (Murciélago frugívoro peludo), *A. jamaicensis* (Murciélago frutero) y *A. lituratus* (Murciélago frugívoro gigante); mientras que, para los roedores, los géneros *Peromyscus* y *Reithrodontomys*, tuvieron dos especies cada uno: *P. melanophrys* (Ratón de meseta) y *P. melanocarpus* (Ratón manos negras), y *R. fulvescens* (Ratón cosechero leonado) y *R. megalotis* (Ratón cosechero común), respectivamente.

Respecto a las aves, el grupo mejor representado tanto en el listado potencial como en el muestreo se agrupó en 19 órdenes, 46 familias, 142 géneros y 212 especies. El orden con más especies fue Passeriformes conformado por 22 familias y 121 especies. Las tres familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae, Trochilidae, Parulidae con 55 especies en total que corresponde al 26% de las 212 de aves.

Para la herpetofauna, los reptiles están conformados por 2 órdenes, 14 familias, 24 géneros y 34 especies, representados por el orden squamata en un 91.17%, dentro de estos, las familias mejor representadas son Colubridae con 8 especies, Phrynosomatidae con 7, Dipsadidae, Iguanidae y Teiidae con 4; el resto de las 9 familias con 1 especie. Los anfibios se agruparon en un orden, 4 familias y 7 géneros y especies; cabe resaltar que, durante los muestreos, no se encontraron anfibios.

En las selvas bajas caducifolias, donde las temporadas del año son muy marcadas, cuando es temporada de estiajes, las temperaturas llegan a alcanzar altas temperaturas, momento en donde los anfibios estivan y buscan permanecer por debajo de la tierra, rocas, ramas, en grietas, donde la humedad es mayor (Lips & Reaser, 1999; Silvia-Ayala *et al.*, 2025). Los individuos buscan salir de sus escondites por las noches y bajo presencia de humedad (Silvia-Ayala *et al.*, 2025). Así mismo, este grupo de vertebrados son considerados con indicadores de la calidad del hábitat y su presencia disminuye en ecosistemas perturbados (Blaustein y Wake, 1990 y Stebbins y Cohen, 1995).

**Tabla IV. 40 Listado de fauna silvestre con distribución potencial para el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos. Información obtenida de Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México.**

| ID | Clase | Orden | Familia | Genero | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mammalia | Artiodactyla | Cervidae | Odocoileus | Odocoileus virginianus | Venado cola blanca |
| 2 | Mammalia | Carnivora | Canidae | Urocyon | Urocyon cinereoargenteus | Zorra gris |
| 3 | Mammalia | Carnivora | Canidae | Canis | Canis latrans | Coyote |
| 4 | Mammalia | Carnivora | Felidae | Herpailurus | Herpailurus yagouaroundi | Yaguarundi |
| 5 | Mammalia | Carnivora | Mephitidae | Conepatus | Conepatus leuconotus | Zorrillo espalda blanca norteño |
| 6 | Mammalia | Carnivora | Mephitidae | Mephitis | Mephitis macroura | Zorrillo listado sureño |
| 7 | Mammalia | Carnivora | Mustelidae | Neogale | Neogale frenata | Comadreja cola larga |
| 8 | Mammalia | Carnivora | Procyonidae | Procyon | Procyon lotor | Mapache común |
| 9 | Mammalia | Carnivora | Procyonidae | Nasua | Nasua narica | Coatí |
| 10 | Mammalia | Carnivora | Procyonidae | Bassariscus | Bassaiscus astutus | Cacomixtle norteño |
| 11 | Mammalia | Chiroptera | Emballonuridae | Balantiopteryx | Balantiopteryx plicata | Murciélago gris de saco |
| 12 | Mammalia | Chiroptera | Molossidae | Tadarida | Tadarida brasiliensis | Murciélago mexicano cola suelta |
| 13 | Mammalia | Chiroptera | Mormoopidae | Pteronotus | Pteronotus mexicanus | Murciélago bigotudo de Parnell |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Mammalia | Chiroptera | Mormoopidae | Mormoops | Mormoops megalophylla | Murciélago barba arrugada |
| 15 | Mammalia | Chiroptera | Mormoopidae | Pteronotus | Pteronotus davyi | Murciélago lomo menor pelón |
| 16 | Mammalia | Chiroptera | Natalidae | Natalus | Natalus mexicanus | Murciélago orejas de embudo |
| 17 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Sturnira | Sturnira parvidens | Murciélago de charreteras menor |
| 18 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Artibeus | Artibeus hirsutus | Murciélago frugívoro peludo |
| 19 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Artibeus | Artibeus jamaicensis | Murciélago frutero |
| 20 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Artibeus | Artibeus lituratus | Murciélago frugívoro gigante |
| 21 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Leptonycteris | Leptonycteris yerbabuenae | Murciélago magueyero menor |
| 22 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Glossophaga | Glossophaga mutica | Murciélago lengüetón de Pallas |
| 23 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Dermanura | Dermanura tolteca | Murciélago frugívoro Tolteca |
| 24 | Mammalia | Chiroptera | Phyllostomidae | Leptonycteris | Leptonycteris nivalis | Murciélago magueyero mayor |
| 25 | Mammalia | Chiroptera | Vespertilionidae | Myotis | Myotis velifer | Murciélago mexicano |
| 26 | Mammalia | Chiroptera | Vespertilionidae | Lasiurus | Lasiurus xanthinus | Murciélago amarillo del oeste |
| 27 | Mammalia | Cingulata | Dasypodidae | Dasypus | Dasypus mexicanus | Armadillo mexicano |
| 28 | Mammalia | Didelphimorphia | Didelphidae | Didelphis | Didelphis virginiana | Tlacuache norteño |
| 29 | Mammalia | Lagomorpha | Leporidae | Sylvilagus | Sylvilagus cunicularius | Conejo de monte |
| 30 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Peromyscus | Peromyscus melanophrys | Ratón de meseta |
| 31 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Reithrodontomys | Reithrodontomys fulvescens | Ratón cosechero leonado |
| 32 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Neotoma | Neotoma mexicana | Rata cambalachera mexicana |
| 33 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Sigmodon | Sigmodon hispidus | Rata algodonera crespa |
| 34 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Reithrodontomys | Reithrodontomys megalotis | Ratón cosechero común |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Peromyscus | Peromyscus melanocarpus | Ratón manos negras |
| 36 | Mammalia | Rodentia | Cricetidae | Microtus | Microtus mexicanus | Metorito mexicano |
| 37 | Mammalia | Rodentia | Heteromyidae | Heteromys | Heteromys irroratus | Ratón espinoso mexicano |
| 38 | Mammalia | Rodentia | Sciuridae | Sciurus | Sciurus aureogaster | Ardilla de vientre rojo |
| 39 | Mammalia | Rodentia | Sciuridae | Otospermophilus | Otospermophilus variegatus | Ardillón de rocas |
| 40 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteo | Buteo plagiatus | Aguililla gris |
| 41 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteogallus | Buteogallus anthracinus | Aguililla negra menor |
| 42 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Accipiter | Accipiter cooperii | Gavilán de Cooper |
| 43 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteo | Buteo brachyurus | Aguililla cola corta |
| 44 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteo | Buteo albonotatus | Aguililla aura |
| 45 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Geranoaetus | Geranoaetus albicaudatus | Aguililla cola blanca |
| 46 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteo | Buteo jamaicensis | Aguililla cola roja |
| 47 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteo | Buteo platypterus | Aguilillas alas anchas |
| 48 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Circus | Circus hudsonius | Gavilán rastrero |
| 49 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Buteogallus | Buteogallus urubitinga | Aguililla negra mayor |
| 50 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Accipiter | Accipiter striatus | Gavilán pecho canela |
| 51 | Aves | Accipitriformes | Accipitridae | Elanus | Elanus leucurus | Milano cola blanca |
| 52 | Aves | Accipitriformes | Pandionidae | Pandion | Pandion haliaetus | Águila pescadora |
| 53 | Aves | Anseriformes | Anatidae | Dendrocygna | Dendrocygna autumnalis | Pijije alas blancas |
| 54 | Aves | Anseriformes | Anatidae | Anas | Anas platyrhynchos | Pato de collar |
| 55 | Aves | Apodiformes | Apodidae | Chaetura | Chaetura vauxi | Vencejo de Vaux |
| 56 | Aves | Apodiformes | Apodidae | Aeronautes | Aeronautes saxatalis | Vencejo pecho blanco |
| 57 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Cynanthus | Cynanthus auriceps | Esmeralda occidental |
| 58 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Ramosomyia | Ramosomyia violiceps | Colibrí corona violeta |
| 59 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Archilochus | Archilochus alexandri | Colibrí barba negra |
| 60 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Selasphorus | Selasphorus sasin | Zumbador de Allen |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 61 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Archilochus | Archilochus colubris | Colibrí garganta rubí |
| 62 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Cynanthus | Cynanthus latirostris | Colibrí pico ancho |
| 63 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Cynanthus | Cynanthus canivetii | Esmeralda oriental |
| 64 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Saucerottia | Saucerottia beryllina | Colibrí berilo |
| 65 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Heliomaster | Heliomaster constantii | Colibrí picudo occidental |
| 66 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Tilmatura | Tilmatura dupontii | Colibrí cola pinta |
| 67 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Lampornis | Lampornis clemenciae | Colibrí garganta azul |
| 68 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Selasphorus | Selasphorus platycercus | Zumbador cola ancha |
| 69 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Calothorax | Calothorax lucifer | Colibrí lucifer |
| 70 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Basilinna | Basilinna leucotis | Zafiro oreja blanca |
| 71 | Aves | Apodiformes | Trochilidae | Eugenes | Eugenes fulgens | Colibrí magnífico |
| 72 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Chordeiles | Chordeiles acutipennis | Chotacabras menor |
| 73 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Nyctidromus | Nyctidromus albicollis | Chotacabras pauraque |
| 74 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Antrostomus | Antrostomus arizonae | Tapacaminos cuerporruín mexicano |
| 75 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Antrostomus | Antrostomus ridgwayi | Tapacaminos tucuchillo |
| 76 | Aves | Cathartiformes | Cathartidae | Coragyps | Coragyps atratus | Zopilote común |
| 77 | Aves | Cathartiformes | Cathartidae | Cathartes | Cathartes aura | Zopilote aura |
| 78 | Aves | Charadriiformes | Charadriidae | Charadrius | Charadrius vociferus | Chorlo tildío |
| 79 | Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Actitis | Actitis macularius | Playero alzacolita |
| 80 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Columbina | Columbina inca | Tortolita cola larga |
| 81 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Leptotila | Leptotila verreauxi | Paloma arroyera |
| 82 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Zenaida | Zenaida asiatica | Paloma alas blancas |
| 83 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Zenaida | Zenaida macroura | Paloma huilota |
| 84 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Columbina | Columbina passerina | Tortolita pico rojo |
| 85 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Columbina | Columbina talpacoti | Tórtola rojiza |
| 86 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Streptopelia | Streptopelia decaocto | Paloma de collar Turca |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 87 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Patagioenas | Patagioenas fasciata | Paloma encinera |
| 88 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Patagioenas | Patagioenas plumbea | Paloma plomiza |
| 89 | Aves | Coraciiformes | Alcedinidae | Chloroceryle | Chloroceryle americana | Martín pescador verde |
| 90 | Aves | Coraciiformes | Alcedinidae | Megaceryle | Megaceryle alcyon | Martín pescador norteño |
| 91 | Aves | Coraciiformes | Alcedinidae | Megaceryle | Megaceryle torquata | Martín pescador de collar |
| 92 | Aves | Coraciiformes | Momotidae | Momotus | Momotus mexicanus | Momoto corona canela |
| 93 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Crotophaga | Crotophaga sulcirostris | Garrapatero pijuy |
| 94 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Morococcyx | Morococcyx erythropygus | Cuclillo terrestre |
| 95 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Geococcyx | Geococcyx velox | Correcaminos tropical |
| 96 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Piaya | Piaya mexicana | Cuclillo canelo mexicano |
| 97 | Aves | Falconiformes | Falconidae | Caracara | Caracara plancus cheriway | Caracara quebrantahuesos |
| 98 | Aves | Falconiformes | Falconidae | Falco | Falco sparverius | Cernícalo americano |
| 99 | Aves | Falconiformes | Falconidae | Falco | Falco peregrinus | Halcón peregrino |
| 100 | Aves | Falconiformes | Falconidae | Herpetotheres | Herpetotheres cachinnans | Halcón guaco |
| 101 | Aves | Galliformes | Cracidae | Ortalis | Ortalis poliocephala | Chachalaca pálida |
| 102 | Aves | Galliformes | Odontophoridae | Philortyx | Philortyx fasciatus | Codorniz barrada |
| 103 | Aves | Galliformes | Odontophoridae | Colinus | Colinus virginianus | Codorniz cotuí |
| 104 | Aves | Gruiformes | Rallidae | Gallinula | Gallinula galeata | Gallineta frente roja |
| 105 | Aves | Gruiformes | Rallidae | Porphyrio | Porphyrio martinica | Gallineta morada |
| 106 | Aves | Passeriformes | Aegithalidae | Psaltriparus | Psaltriparus minimus | Sastrecillo |
| 107 | Aves | Passeriformes | Bombycillidae | Bombycilla | Bombycilla cedrorum | Chinito |
| 108 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina leclancherii | Colorín pecho naranja |
| 109 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina versicolor | Colorín morado |
| 110 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Pheucticus | Pheucticus melanocephalus | Picogordo tigrillo |
| 111 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina cyanea | Colorín azul |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 112 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Piranga | Piranga ludoviciana | Piranga capucha roja |
| 113 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Pheucticus | Pheucticus ludovicianus | Picogordo degollado |
| 114 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina ciris | Colorín sietecolores |
| 115 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Pheucticus | Pheucticus chrysopeplus | Picogordo amarillo |
| 116 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Piranga | Piranga rubra | Piranga roja |
| 117 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina caerulea | Picogordo azul |
| 118 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Passerina | Passerina amoena | Colorín pecho canela |
| 119 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Piranga | Piranga flava | Piranga encinera |
| 120 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Amaurospiza | Amaurospiza concolor | Semillero azul |
| 121 | Aves | Passeriformes | Corvidae | Cyanocorax | Cyanocorax formosus | Urraca cara blanca |
| 122 | Aves | Passeriformes | Corvidae | Corvus | Corvus corax | Cuervo común |
| 123 | Aves | Passeriformes | Fringillidae | Spinus | Spinus psaltria | Jilguero dominico |
| 124 | Aves | Passeriformes | Fringillidae | Haemorhous | Haemorhous mexicanus | Pinzón mexicano |
| 125 | Aves | Passeriformes | Furnariidae | Xiphorhynchus | Xiphorhynchus flavigaster | Trepatroncos pico marfil |
| 126 | Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Stelgidopteryx | Stelgidopteryx serripennis | Golondrina alas aserradas |
| 127 | Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Hirundo | Hirundo rustica | Golondrina tijereta |
| 128 | Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Progne | Progne chalybea | Golondrina pecho gris |
| 129 | Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Petrochelidon | Petrochelidon pyrrhonota | Golondrina risquera |
| 130 | Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Riparia | Riparia riparia | Golondrina ribereña |
| 131 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Cassiculus | Cassiculus melanicterus | Cacique mexicano |
| 132 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus pustulatus | Calandria dorso rayado |
| 133 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Molothrus | Molothrus aeneus | Tordo ojos rojos |
| 134 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Molothrus | Molothrus ater | Tordo cabeza café |
| 135 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus cucullatus | Calandria dorso negro menor |
| 136 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus bullockii | Calandria cejas naranjas |
| 137 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Agelaius | Agelaius phoeniceus | Tordo sagento |
| 138 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus spurius | Calandria castaña |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 139 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus wagleri | Calandria de Wagler |
| 140 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus abeillei | Calandria flancos negros |
| 141 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus galbula | Calandria de Baltimore |
| 142 | Aves | Passeriformes | Icteriidae | Icteria | Icteria virens | Chipe grande |
| 143 | Aves | Passeriformes | Laniidae | Lanius | Lanius ludovicianus | Verdugo americano |
| 144 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Mimus | Mimus polyglottos | Centzontle norteño |
| 145 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Toxostoma | Toxostoma curvirostre | Cuicacoche pico curvo |
| 146 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Melanotis | Melanotis caerulescens | Mulato azul |
| 147 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Dumetella | Dumetella carolinensis | Maullador gris |
| 148 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Cardellina | Cardellina pusilla | Chipe corona negra |
| 149 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Mniotilta | Mniotilta varia | Chipe trepador |
| 150 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Seiurus | Seiurus aurocapilla | Chipe suelero |
| 151 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Leiothlypis | Leiothlypis ruficapilla | Chipe de coronilla |
| 152 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Setophaga | Setophaga coronata | Chipe rabadilla amarilla |
| 153 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Geothlypis | Geothlypis tolmiei | Chipe lores negros |
| 154 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Leiothlypis | Leiothlypis celata | Chipe oliváceo |
| 155 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Geothlypis | Geothlypis poliocephala | Mascarita pico grueso |
| 156 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Geothlypis | Geothlypis trichas | Mascarita común |
| 157 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Leiothlypis | Leiothlypis virginiae | Chipe de Virginia |
| 158 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Basileuterus | Basileuterus rufifrons | Chipe gorra rufa |
| 159 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Setophaga | Setophaga townsendi | Chipe de Townsend |
| 160 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Myioborus | Myioborus miniatus | Pavito alas negras |
| 161 | Aves | Passeriformes | Parulidae | Parkesia | Parkesia motacilla | Chipe arroyero |
| 162 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Chondestes | Chondestes grammacus | Gorrión arlequín |
| 163 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Peucaea | Peucaea humeralis | Zacatonero pecho negro |
| 164 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Melozone | Melozone kieneri | Rascador nuca canela |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 165 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Peucaea | Peucaea ruficauda | Zacatonero corona rayada |
| 166 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Peucaea | Peucaea botterii | Zacatonero de Botteri |
| 167 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Melospiza | Melospiza lincolnii | Gorrión de Lincoln |
| 168 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Melozone | Melozone fusca | Rascador viejita |
| 169 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Atlapetes | Atlapetes pileatus | Rascador gorra canela |
| 170 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Pipilo | Pipilo maculatus | Rascador moteado |
| 171 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Spizella | Spizella pallida | Gorrión pálido |
| 172 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Spizella | Spizella passerina | Gorrión cejas blancas |
| 173 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Pooecetes | Pooecetes gramineus | Gorrión cola blanca |
| 174 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Oriturus | Oriturus superciliosus | Zacatonero serrano |
| 175 | Aves | Passeriformes | Phaeoptilidae | Phaeoptila | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco |
| 176 | Aves | Passeriformes | Polioptilidae | Polioptila | Polioptila caerulea | Perlita azulgris |
| 177 | Aves | Passeriformes | Polioptilidae | Polioptila | Polioptila albiloris | Perlita pispirria |
| 178 | Aves | Passeriformes | Ptiliogonatidae | Ptiliogonys | Ptiliogonys cinereus | Capulinero gris |
| 179 | Aves | Passeriformes | Regulidae | Corthylio | Corthylio calendula | Reyezuelo matraquita |
| 180 | Aves | Passeriformes | Thraupidae | Sporophila | Sporophila torqueola | Semillero rabadilla canela |
| 181 | Aves | Passeriformes | Thraupidae | Volatinia | Volatinia jacarina | Semillero brincador |
| 182 | Aves | Passeriformes | Thraupidae | Diglossa | Diglossa baritula | Picochueco vientre canela |
| 183 | Aves | Passeriformes | Tityridae | Pachyramphus | Pachyramphus aglaiae | Cabezón degollado |
| 184 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Thryophilus | Thryophilus pleurostictus | Saltapared barrado |
| 185 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Pheugopedius | Pheugopedius felix | Saltapared feliz |
| 186 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Troglodytes | Troglodytes aedon | Saltapared común |
| 187 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Campylorhynchus | Campylorhynchus megalopterus | Matraca barrada |
| 188 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Catherpes | Catherpes mexicanus | Saltapared barranqueño |
| 189 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Thryomanes | Thryomanes bewickii | Saltapared cola larga |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 190 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Campylorhynchus | Campylorhynchus jocosus | Matraca del Balsas |
| 191 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Turdus | Turdus rufopalliatus | Mirlo dorso rufo |
| 192 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Turdus | Turdus migratorius | Mirlo primavera |
| 193 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Catharus | Catharus aurantiirostris | Zorzal pico naranja |
| 194 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Turdus | Turdus assimilis | Mirlo garganta blanca |
| 195 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Myadestes | Myadestes occidentalis | Clarín jilguero |
| 196 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiozetetes | Myiozetetes similis | Luisito común |
| 197 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Pitangus | Pitangus sulphuratus | Luis bienteveo |
| 198 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus melancholicus | Tirano melancólico |
| 199 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus vociferans | Tirano gritón |
| 200 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax minimus | Mosquero mímimo |
| 201 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus tuberculifer | Papamoscas triste |
| 202 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiodynastes | Myiodynastes luteiventris | Papamoscas rayado común |
| 203 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Sayornis | Sayornis nigricans | Papamoscas negro |
| 204 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax difficilis | Papamoscas amarillo norteño |
| 205 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus cinerascens | Papamoscas cenizo |
| 206 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Camptostoma | Camptostoma imberbe | Mosquerito chillón |
| 207 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso |
| 208 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax fulvifrons | Papamoscas pecho canela |
| 209 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Pyrocephalus | Pyrocephalus rubinus | Papamoscas cardenalito |
| 210 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Contopus | Contopus sordidulus | Pibí occidental |
| 211 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax wrightii | Papamoscas bajacolita |
| 212 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus verticalis | Tirano pálido |
| 213 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax oberholseri | Papamoscas matorralero |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 214 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiopagis | Myiopagis viridicata | Mosquerito verdoso |
| 215 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus nuttingi | Papamoscas de Nutting |
| 216 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus tyrannulus | Papamoscas gritón |
| 217 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Contopus | Contopus pertinax | Papamoscas José María |
| 218 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Mitrephanes | Mitrephanes phaeocercus | Mosquero copetón |
| 219 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax albigularis | Mosquero garganta blanca |
| 220 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax hammondii | Mosquero de Hammond |
| 221 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo plumbeus | Vireo plomizo |
| 222 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo gilvus | Vireo gorjeador oriental |
| 223 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo solitarius | Vireo anteojillo |
| 224 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo hypochryseus | Vireo amarillo |
| 225 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo bellii | Vireo de Bell |
| 226 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo huttoni | Vireo reyezuelo |
| 227 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo cassinii | Vireo de Cassin |
| 228 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Ardea | Ardea alba | Garza blanca |
| 229 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Butorides | Butorides virescens | Garceta verde |
| 230 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Ardea | Ardea herodias | Garza morena |
| 231 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Nyctanassa | Nyctanassa violacea | Garza nocturna corona clara |
| 232 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Botaurus | Botaurus exilis | Avetoro menor |
| 233 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Egretta | Egretta thula | Arza dedos dorados |
| 234 | Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Nycticorax | Nycticorax nycticorax | Garza nocturna corona negra |
| 235 | Aves | Piciformes | Picidae | Melanerpes | Melanerpes chrysogenys | Carpintero enmascarado |
| 236 | Aves | Piciformes | Picidae | Melanerpes | Melanerpes hypopolius | Carpintero del Balsas |
| 237 | Aves | Piciformes | Picidae | Colaptes | Colaptes auratus | Carpintero de pechera común |
| 238 | Aves | Piciformes | Picidae | Dryobates | Dryobates scalaris | Carpintero mexicano |
| 239 | Aves | Piciformes | Picidae | Melanerpes | Melanerpes aurifrons | Carpintero cheje |
| 240 | Aves | Podicipediformes | Podicipedidae | Tachybaptus | Tachybaptus dominicus | Zambullidor menor |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 241 | Aves | Podicipediformes | Podicipedidae | Podilymbus | Podilymbus podiceps | Zambullidor pico grueso |
| 242 | Aves | Psittaciformes | Psittacidae | Eupsittula | Eupsittula canicularis | Perico frente naranja |
| 243 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Glaucidium | Glaucidium brasilianum | Tecolote bajeño |
| 244 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Megascops | Megascops seductus | Tecolote del Balsas |
| 245 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Glaucidium | Glaucidium palmarum | Tecolote colimense |
| 246 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Strix | Strix virgata | Búho café |
| 247 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Bubo | Bubo virginianus | Búho cornudo |
| 248 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Athene | Athene cunicularia | Tecolote llanero |
| 249 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Micrathene | Micrathene whitneyi | Tecolote enano |
| 250 | Aves | Strigiformes | Tytonidae | Tyto | Tyto furcata | Lechuza de campanario |
| 251 | Aves | Trogoniformes | Trogonidae | Trogon | Trogon elegans | Coa elegante |
| 252 | Reptilia | Squamata | Boidae | Boa | Boa sigma | Mazacuata |
| 253 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Conophis | Conophis vittatus | Culebra guarda caminos rayada |
| 254 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Drymobius | Drymobius margaritiferus | Culebra corredora de petatillos |
| 255 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Ficimia | Ficimia publia | Culebra naricilla manchada |
| 256 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Leptodeira | Leptodeira splendida | Escombrera ojo de gato |
| 257 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Masticophis | Masticophis mentovarius | Culebra chirriadora neotropical |
| 258 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Oxybelis | Oxybelis microphthalmus | Bejuquilla café |
| 259 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Pseudoficimia | Pseudoficimia frontalis | Culebra llamacoa |
| 260 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Rhadinaea | Rhadinaea hesperia | Culebra rayada occidental |
| 261 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Salvadora | Salvadora mexicana | Culebra chata del Pacífico |
| 262 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Senticolis | Senticolis triaspis | Culebra ratonera |
| 263 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Storeria | Storeria storerioides | Culebra parda mexicana |
| 264 | Reptilia | Squamata | Colubridae | Trimorphodon | Trimorphodon tau | Falsa nauyaca mexicana |
| 265 | Reptilia | Squamata | Dactyloidae | Anolis | Anolis nebulosus | Abaniquillo pañuelo del Pacífico |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 266 | Reptilia | Squamata | Elapidae | Micrurus | Micrurus laticollaris | Coralillo del Balsas |
| 267 | Reptilia | Squamata | Eublepharidae | Coleonyx | Coleonyx nemoralis | Gecko mexicano de bandas |
| 268 | Reptilia | Squamata | Iguanidae | Ctenosaura | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa |
| 269 | Reptilia | Squamata | Iguanidae | Ctenosaura | Ctenosaura similis | Iguana negra de cola espinosa |
| 270 | Reptilia | Squamata | Iguanidae | Iguana | Iguana rhinolopha | Iguana verde |
| 271 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Phrynosoma | Phrynosoma taurus | Camaleón toro |
| 272 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus gadoviae | Chintete |
| 273 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico |
| 274 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus ochoterenae | Lagartija espinosa del alto Balsas |
| 275 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus spinosus | Lagartija espinosa mexicana |
| 276 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus variabilis | Lagartija espinosa vientre rosado |
| 277 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Urosaurus | Urosaurus bicarinatus | Lagartija de árbol del Pacífico |
| 278 | Reptilia | Squamata | Phyllodactylidae | Phyllodactylus | Phyllodactylus bordai | Salamanquesa del alto Balsas |
| 279 | Reptilia | Squamata | Scincidae | Plestiodon | Plestiodon brevirostris | Eslizón chato |
| 280 | Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis | Aspidoscelis costatus | Huico llanero |
| 281 | Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis | Aspidoscelis deppii | Huico siete lineas |
| | | | | | | |
| 282 | Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis | Aspidoscelis sackii | Huico manchado |
| 283 | Reptilia | Testudines | Emydidae | Trachemys | Trachemys scripta | Tortuga gravada |
| 284 | Reptilia | Testudines | Kinosternidae | Kinosternon | Kinosternon integrum | Tortuga pecho quebrado mexicana |
| 285 | Amphibia | Anura | Bufonidae | Rhinella | Rhinella horribilis | Sapo gigante |
| 286 | Amphibia | Anura | Bufonidae | Incilius | Incilius perplexus | Sapo confuso |
| 287 | Amphibia | Anura | Eleutherodactylidae | Eleutherodactylus | Eleutherodactylus nitidus | Rana fisgona deslumbrante |
| 288 | Amphibia | Anura | Hylidae | Smilisca | Smilisca baudinii | Rana arborícola mexicana |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 289 | Amphibia | Anura | Hylidae | Dryophytes | Dryophytes plicatus | Rana de árbol plegada |
| 290 | Amphibia | Anura | Phyllomedusidae | Agalychnis | Agalychnis dacnicolor | Ranita verduzca |
| 291 | Amphibia | Anura | Ranidae | Lithobates | Lithobates montezumae | Rana de Moctezuma |

**Tabla IV. 41 Listado de fauna silvestre registrada en el SA del proyecto "La Palmera" a través de los muestreos en campo.**

| ID | Clase | Orden | Familia | Genero | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mammalia | Carnivora | Canidae | Canis | Canis Latrans | Coyote |
| 2 | Mammalia | Carnivora | Canidae | Urocyon | Urocyon cinereoargenteus | Zorra gris |
| 3 | Mammalia | Carnivora | Mephitidae | Mephitis | Mephitis macroura | Zorrillo listado sureño |
| 4 | Mammalia | Lagomorpha | Leporidae | Sylvilagus | Sylvilagus cunicularius | Conejo de monte |
| 5 | Aves | Passeriformes | Ptiliogonatidae | Phaeoptila | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco |
| 6 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Antrostomus | Antrostomus ridgwayi | Tapacaminos tucuchillo |
| 7 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Nyctidromus | Nyctidromus albicollis | Chotacabras pauraque |
| 8 | Aves | Cathartiformes | Cathartidae | Cathartes | Cathartes aura | Zopilote aura |
| 9 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Zenaida | Zenaida asiatica | Paloma alas blancas |
| 10 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Leptotila | Leptotila verreauxi | Paloma arroyera |
| 11 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Piaya | Piaya mexicana | Cuclillo canelo mexicano |
| 12 | Aves | Galliformes | Cracidae | Ortalis | Ortalis poliocephala | Chachalaca pálida |
| 13 | Aves | Passeriformes | Cardinalidae | Pheucticus | Pheucticus melanocephalus | Picogordo tigrillo |
| 14 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus pustulatus | Calandria dorso rayado |
| 15 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Pheugopedius | Pheugopedius felix | Saltapared feliz |
| 16 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso |
| 17 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Thryophilus | Thryophilus pleurostictus | Saltapared barrado |
| 18 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Molothrus | Molothrus ater | Tordo cabeza café |
| 19 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Molothrus | Molothrus aeneus | Tordo ojos rojos |
| 20 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Empidonax | Empidonax oberholseri | Papamoscas matorralero |
| 21 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Camptostoma | Camptostoma imberbe | Mosquerito chillón |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus tyrannulus | Papamoscas gritón |
| 23 | Aves | Passeriformes | Vireonidae | Vireo | Vireo gilvus | Vireo gorjeador oriental |
| 24 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Mimus | Mimus polyglottos | Centzontle norteño |
| 25 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Peucaea | Peucaea ruficauda | Zacatonero corona rayada |
| 26 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiodynastes | Myiodynastes luteiventris | Papamoscas rayado común |
| 27 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Pyrocephalus | Pyrocephalus rubinus | Papamoscas cardenalito |
| 28 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus nuttingi | Papamoscas de Nutting |
| 29 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Turdus | Turdus rufopalliatus | Mirlo dorso rufo |
| 30 | Aves | Piciformes | Picidae | Melanerpes | Melanerpes chrysogenys | Carpintero enmascarado |
| 31 | Aves | Strigiformes | Strigidae | Glaucidium | Glaucidium brasilianum | Tecolote bajeño |
| 32 | Aves | Falconiformes | Falconidae | Caracara | Caracara plancus cheriway | Caracara quebrantahuesos |
| 33 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Urosaurus | Urosaurus bicarinatus | Lagartija de árbol del Pacífico |
| 34 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico |
| 35 | Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis | Aspidoscelis sackii | Huico manchado |
| **36** | **Reptilia** | **Squamata** | **Teiidae** | **Aspidoscelis** | **Aspidoscelis communis** | **Huico moteado gigante de la costa de Jalisco** |
| 37 | Reptilia | Squamata | Iguanidae | Ctenosaura | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa |

*La especie marcada con lila, no se encuentra dentro del listado potencial obtenido del SNIB, sin embargo, fue registrada durante los muestreos.

***Especies bajo régimen de protección***

Especies en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Para conocer la categoría de riesgo en la que se encuentran las especies registradas con distribución potencial y en el muestreo dentro del SA, se hizo cotejo con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Esta norma fue publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación y tiene por objeto identificar las especies de flora y fauna silvestres en riesgo; estas pueden

entrar en las categorías de: Amenazada (A), Sujeta a protección especial (Pr), En peligro de extinción (P), y Probablemente extinta en el medio silvestre (E). La información descargada del Sistema Nacional de Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO para el listado de distribución potencial, ya contiene esta información desde las bases de datos.

De las 292 especies de vertebrados, 34 se encuentran en alguna categoría de riesgo: 10 como Amenazadas (A), 23 en Protección especial (Pr) y 1 ave En peligro de extinción (P). La categoría de Protección especial (Pr), en donde se encuentra el mayor porcentaje de estos vertebrados (67.64%) significa que las poblaciones pueden llegar a estar amenazadas por afectaciones en su viabilidad biológica y deben considerarse en proyectos de recuperación y conservación. Cabe referir que de los 37 registros que se obtuvieron en campo, solo dos de la clase de los reptiles se encuentran dentro de alguna categoría: *Aspidoscelis communis* en Protección especial (Pr) y *Ctenosaura pectinata* como Amenazada (A).

Especies en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

En la Lista Roja de las especies amenazadas se contempla el estado de conservación de especies de flora y fauna a nivel internacional y se comparte información ecológica y de conservación de la especie. Las clasificaciones que la UICN considera son: No evaluada (NE), Datos insuficientes (DD), Preocupación menor (LC), Vulnerable (VU), En peligro (EN), Casi amenazada (NT), En peligro crítico (CR), Extinto en estado silvestre (EW), y Extinto (EX).

La fauna considerada para el proyecto “La Palmera” se encuentra categorizada, en su mayoría (275 especies), como de Preocupación menor (LC), seguido por 4 especies en Casi amenazada (NT), dos En peligro (EN) y una especie Vulnerable (V); en este sentido, son 282 especies, representado el 96.57%, las que se encuentran dentro de esta lista. Las 37 especies registradas en campo, dentro del SA, se encuentran en la categoría de LC.

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Su objetivo es vigilar y dar seguimiento al Comercio Internacional de las especies para no vulnerar sus poblaciones silvestres. Están considerados tres apéndices: I- especies para las cuales el comercio está prohibido porque sus poblaciones están en peligro de extinción; II- especies con poblaciones no amenazadas, pero que pueden llegar a estarlo si no se controla su comercio; III- especies protegidas en algún país y que requieren el apoyo de la Convención para que no exista comercio con ellas.

Del total de vertebrados considerados con distribución potencial, 52 individuos, (el 17.80%), están dentro de algún apéndice del CITES. Las especies *Herpailurus yagouaroundi* (Yaguarundi) y *Falco peregrinus* (Halcón peregrino) están consideradas dentro del apéndice I; 48 especies correspondientes a 41 aves, 6 reptiles y un anfibio, están en el apéndice II y, *Nasua narica* (Coatí) y *Dendrocygna autumnalis* (Pijije alas blancas) en el apéndice III. De las 37 especies identificadas en campo, solo *Ctenosaura pectinata* (Iguana mexicana de cola espinosa) se encuentra en el apéndice II.

**Tabla IV. 42 Régimen de protección de la fauna presente en el SA del proyecto "La Palmera".**

| ID | Especie | Nombre común | NOM-059 | IUCN | CITES |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Odocoileus virginianus | Venado cola blanca | / | LC | / |
| 2 | Urocyon cinereoargenteus | Zorra gris | / | LC | / |
| 3 | Canis latrans | Coyote | / | | / |
| 4 | Herpailurus yagouaroundi | Yaguarundi | A | LC | I |
| 5 | Conepatus leuconotus | Zorrillo espalda blanca norteño | / | LC | / |
| 6 | Mephitis macroura | Zorrillo listado sureño | / | LC | / |
| 7 | Neogale frenata | Comadreja cola larga | / | LC | / |
| 8 | Procyon lotor | Mapache común | / | LC | / |
| 9 | Nasua narica | Coatí | / | LC | III |
| 10 | Bassaiscus astutus | Cacomixtle norteño | / | LC | / |
| 11 | Balantiopteryx plicata | Murciélago gris de saco | / | LC | / |
| 12 | Tadarida brasiliensis | Murciélago mexicano cola suelta | / | LC | / |
| 13 | Pteronotus mexicanus | Murciélago bigotudo de Parnell | / | | / |
| 14 | Mormoops megalophylla | Murciélago barba arrugada | / | LC | / |
| 15 | Pteronotus davyi | Murciélago lomo menor pelón | / | | / |
| 16 | Natalus mexicanus | Murciélago orejas de embudo | / | LC | / |
| 17 | Sturnira parvidens | Murciélago de charreteras menor | / | LC | / |
| 18 | Artibeus hirsutus | Murciélago frugívoro peludo | / | LC | / |
| 19 | Artibeus jamaicensis | Murciélago frutero | / | LC | / |
| 20 | Artibeus lituratus | Murciélago frugívoro gigante | / | LC | / |
| 21 | Leptonycteris yerbabuenae | Murciélago magueyero menor | Pr | NT | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | Glossophaga mutica | Murciélago lengüetón de Pallas | / | LC | / |
| 23 | Dermanura tolteca | Murciélago frugívoro Tolteca | / | LC | / |
| 24 | Leptonycteris nivalis | Murciélago magueyero mayor | A | EN | / |
| 25 | Myotis velifer | Murciélago mexicano | / | LC | / |
| 26 | Lasiurus xanthinus | Murciélago amarillo del oeste | / | LC | / |
| 27 | Dasypus mexicanus | Armadillo mexicano | / | LC | / |
| 28 | Didelphis virginiana | Tlacuache norteño | / | LC | / |
| 29 | Sylvilagus cunicularius | Conejo de monte | / | LC | / |
| 30 | Peromyscus melanophrys | Ratón de meseta | / | LC | / |
| 31 | Reithrodontomys fulvescens | Ratón cosechero leonado | / | LC | / |
| 32 | Neotoma mexicana | Rata cambalachera mexicana | / | LC | / |
| 33 | Sigmodon hispidus | Rata algodonera crespa | / | LC | / |
| 34 | Reithrodontomys megalotis | Ratón cosechero común | / | LC | / |
| 35 | Peromyscus melanocarpus | Ratón manos negras | / | EN | / |
| 36 | Microtus mexicanus | Metorito mexicano | / | LC | / |
| 37 | Heteromys irroratus | Ratón espinoso mexicano | / | LC | / |
| 38 | Sciurus aureogaster | Ardilla de vientre rojo | / | LC | / |
| 39 | Otospermophilus variegatus | Ardillón de rocas | / | LC | / |
| 40 | Buteo plagiatus | Aguililla gris | / | LC | II |
| 41 | Buteogallus anthracinus | Aguililla negra menor | Pr | LC | II |
| 42 | Accipiter cooperii | Gavilán de Cooper | Pr | LC | II |
| 43 | Buteo brachyurus | Aguililla cola corta | / | LC | II |
| 44 | Buteo albonotatus | Aguililla aura | Pr | LC | II |
| 45 | Geranoaetus albicaudatus | Aguililla cola blanca | Pr | LC | II |
| 46 | Buteo jamaicensis | Aguililla cola roja | / | LC | II |
| 47 | Buteo platypterus | Aguilillas alas anchas | Pr | LC | II |
| 48 | Circus hudsonius | Gavilán rastrero | / | LC | II |
| 49 | Buteogallus urubitinga | Aguililla negra mayor | Pr | LC | II |
| 50 | Accipiter striatus | Gavilán pecho canela | Pr | LC | II |
| 51 | Elanus leucurus | Milano cola blanca | / | LC | II |
| 52 | Pandion haliaetus | Águila pescadora | / | LC | II |
| 53 | Dendrocygna autumnalis | Pijije alas blancas | / | LC | III |
| 54 | Anas platyrhynchos | Pato de collar | / | LC | / |
| 55 | Chaetura vauxi | Vencejo de Vaux | / | LC | / |
| 56 | Aeronautes saxatalis | Vencejo pecho blanco | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 57 | Cynanthus auriceps | Esmeralda occidental | / | LC | II |
| 58 | Ramosomyia violiceps | Colibrí corona violeta | / | LC | II |
| 59 | Archilochus alexandri | Colibrí barba negra | / | LC | II |
| 60 | Selasphorus sasin | Zumbador de Allen | / | LC | II |
| 61 | Archilochus colubris | Colibrí garganta rubí | / | LC | II |
| 62 | Cynanthus latirostris | Colibrí pico ancho | / | LC | II |
| 63 | Cynanthus canivetii | Esmeralda oriental | / | LC | II |
| 64 | Saucerottia beryllina | Colibrí berilo | / | LC | II |
| 65 | Heliomaster constantii | Colibrí picudo occidental | / | LC | II |
| 66 | Tilmatura dupontii | Colibrí cola pinta | A | LC | II |
| 67 | Lampornis clemenciae | Colibrí garganta azul | / | LC | II |
| 68 | Selasphorus platycercus | Zumbador cola ancha | / | LC | II |
| 69 | Calothorax lucifer | Colibrí lucifer | / | LC | II |
| 70 | Basilinna leucotis | Zafiro oreja blanca | / | LC | II |
| 71 | Eugenes fulgens | Colibrí magnífico | / | LC | II |
| 72 | Chordeiles acutipennis | Chotacabras menor | / | LC | / |
| 73 | Nyctidromus albicollis | Chotacabras pauraque | / | LC | / |
| 74 | Antrostomus arizonae | Tapacaminos cuerporruín mexicano | / | LC | / |
| 75 | Antrostomus ridgwayi | Tapacaminos tucuchillo | / | LC | / |
| 76 | Coragyps atratus | Zopilote común | / | LC | / |
| 77 | Cathartes aura | Zopilote aura | / | LC | / |
| 78 | Charadrius vociferus | Chorlo tildío | / | NT | / |
| 79 | Actitis macularius | Playero alzacolita | / | LC | / |
| 80 | Columbina inca | Tortolita cola larga | / | LC | / |
| 81 | Leptotila verreauxi | Paloma arroyera | / | LC | / |
| 82 | Zenaida asiatica | Paloma alas blancas | / | LC | / |
| 83 | Zenaida macroura | Paloma huilota | / | LC | / |
| 84 | Columbina passerina | Tortolita pico rojo | / | LC | / |
| 85 | Columbina talpacoti | Tórtola rojiza | / | LC | / |
| 86 | Streptopelia decaocto | Paloma de collar Turca | / | LC | / |
| 87 | Patagioenas fasciata | Paloma encinera | / | LC | / |
| 88 | Patagioenas plumbea | Paloma plomiza | / | | / |
| 89 | Chloroceryle americana | Martín pescador verde | / | LC | / |
| 90 | Megaceryle alcyon | Martín pescador norteño | / | LC | / |
| 91 | Megaceryle torquata | Martín pescador de collar | / | LC | / |
| 92 | Momotus mexicanus | Momoto corona canela | / | LC | / |
| 93 | Crotophaga sulcirostris | Garrapatero pijuy | / | LC | / |
| 94 | Morococcyx erythropygus | Cuclillo terrestre | / | LC | / |
| 95 | Geococcyx velox | Correcaminos tropical | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 96 | Piaya mexicana | Cuclillo canelo mexicano | / | LC | / |
| 97 | Caracara plancus cheriway | Caracara quebrantahuesos | / | LC | II |
| 98 | Falco sparverius | Cernícalo americano | / | LC | II |
| 99 | Falco peregrinus | Halcón peregrino | Pr | LC | I |
| 100 | Herpetotheres cachinnans | Halcón guaco | / | LC | II |
| 101 | Ortalis poliocephala | Chachalaca pálida | / | LC | / |
| 102 | Philortyx fasciatus | Codorniz barrada | / | LC | / |
| 103 | Colinus virginianus | Codorniz cotuí | / | NT | / |
| 104 | Gallinula galeata | Gallineta frente roja | / | LC | / |
| 105 | Porphyrio martinica | Gallineta morada | / | LC | / |
| 106 | Psaltriparus minimus | Sastrecillo | / | LC | / |
| 107 | Bombycilla cedrorum | Chinito | / | LC | / |
| 108 | Passerina leclancherii | Colorín pecho naranja | / | LC | / |
| 109 | Passerina versicolor | Colorín morado | / | LC | / |
| 110 | Pheucticus melanocephalus | Picogordo tigrillo | / | LC | / |
| 111 | Passerina cyanea | Colorín azul | / | LC | / |
| 112 | Piranga ludoviciana | Piranga capucha roja | / | LC | / |
| 113 | Pheucticus ludovicianus | Picogordo degollado | / | LC | / |
| 114 | Passerina ciris | Colorín sietecolores | Pr | LC | / |
| 115 | Pheucticus chrysopeplus | Picogordo amarillo | / | LC | / |
| 116 | Piranga rubra | Piranga roja | / | LC | / |
| 117 | Passerina caerulea | Picogordo azul | / | LC | / |
| 118 | Passerina amoena | Colorín pecho canela | / | LC | / |
| 119 | Piranga flava | Piranga encinera | / | | / |
| 120 | Amaurospiza concolor | Semillero azul | P | | / |
| 121 | Cyanocorax formosus | Urraca cara blanca | / | LC | / |
| 122 | Corvus corax | Cuervo común | / | LC | / |
| 123 | Spinus psaltria | Jilguero dominico | / | LC | / |
| 124 | Haemorhous mexicanus | Pinzón mexicano | / | LC | / |
| 125 | Xiphorhynchus flavigaster | Trepatroncos pico marfil | / | LC | / |
| 126 | Stelgidopteryx serripennis | Golondrina alas aserradas | / | LC | / |
| 127 | Hirundo rustica | Golondrina tijereta | / | LC | / |
| 128 | Progne chalybea | Golondrina pecho gris | / | LC | / |
| 129 | Petrochelidon pyrrhonota | Golondrina risquera | / | LC | / |
| 130 | Riparia riparia | Golondrina ribereña | / | LC | / |
| 131 | Cassiculus melanicterus | Cacique mexicano | / | LC | / |
| 132 | Icterus pustulatus | Calandria dorso rayado | / | LC | / |
| 133 | Molothrus aeneus | Tordo ojos rojos | / | LC | / |
| 134 | Molothrus ater | Tordo cabeza café | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 135 | Icterus cucullatus | Calandria dorso negro menor | / | LC | / |
| 136 | Icterus bullockii | Calandria cejas naranjas | / | LC | / |
| 137 | Agelaius phoeniceus | Tordo sagento | / | LC | / |
| 138 | Icterus spurius | Calandria castaña | / | LC | / |
| 139 | Icterus wagleri | Calandria de Wagler | / | LC | / |
| 140 | Icterus abeillei | Calandria flancos negros | / | LC | / |
| 141 | Icterus galbula | Calandria de Baltimore | / | LC | / |
| 142 | Icteria virens | Chipe grande | / | LC | / |
| 143 | Lanius ludovicianus | Verdugo americano | / | NT | / |
| 144 | Mimus polyglottos | Centzontle norteño | / | LC | / |
| 145 | Toxostoma curvirostre | Cuicacoche pico curvo | / | LC | / |
| 146 | Melanotis caerulescens | Mulato azul | / | LC | / |
| 147 | Dumetella carolinensis | Maullador gris | / | LC | / |
| 148 | Cardellina pusilla | Chipe corona negra | / | LC | / |
| 149 | Mniotilta varia | Chipe trepador | / | LC | / |
| 150 | Seiurus aurocapilla | Chipe suelero | / | LC | / |
| 151 | Leiothlypis ruficapilla | Chipe de coronilla | / | LC | / |
| 152 | Setophaga coronata | Chipe rabadilla amarilla | / | LC | / |
| 153 | Geothlypis tolmiei | Chipe lores negros | A | LC | / |
| 154 | Leiothlypis celata | Chipe oliváceo | / | LC | / |
| 155 | Geothlypis poliocephala | Mascarita pico grueso | / | LC | / |
| 156 | Geothlypis trichas | Mascarita común | / | LC | / |
| 157 | Leiothlypis virginiae | Chipe de Virginia | / | LC | / |
| 158 | Basileuterus rufifrons | Chipe gorra rufa | / | LC | / |
| 159 | Setophaga townsendi | Chipe de Townsend | / | LC | / |
| 160 | Myioborus miniatus | Pavito alas negras | / | LC | / |
| 161 | Parkesia motacilla | Chipe arroyero | / | LC | / |
| 162 | Chondestes grammacus | Gorrión arlequín | / | LC | / |
| 163 | Peucaea humeralis | Zacatonero pecho negro | / | LC | / |
| 164 | Melozone kieneri | Rascador nuca canela | / | LC | / |
| 165 | Peucaea ruficauda | Zacatonero corona rayada | / | LC | / |
| 166 | Peucaea botterii | Zacatonero de Botteri | / | LC | / |
| 167 | Melospiza lincolnii | Gorrión de Lincoln | / | LC | / |
| 168 | Melozone fusca | Rascador viejita | / | LC | / |
| 169 | Atlapetes pileatus | Rascador gorra canela | / | LC | / |
| 170 | Pipilo maculatus | Rascador moteado | / | LC | / |
| 171 | Spizella pallida | Gorrión pálido | / | LC | / |
| 172 | Spizella passerina | Gorrión cejas blancas | / | LC | / |
| 173 | Pooecetes gramineus | Gorrión cola blanca | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 174 | Oriturus superciliosus | Zacatonero serrano | / | LC | / |
| 175 | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco | / | LC | II |
| 176 | Polioptila caerulea | Perlita azulgris | / | LC | / |
| 177 | Polioptila albiloris | Perlita pispirria | / | LC | / |
| 178 | Ptiliogonys cinereus | Capulinero gris | / | LC | / |
| 179 | Corthylio calendula | Reyezuelo matraquita | / | LC | / |
| 180 | Sporophila torqueola | Semillero rabadilla canela | / | LC | / |
| 181 | Volatinia jacarina | Semillero brincador | / | LC | / |
| 182 | Diglossa baritula | Picochueco vientre canela | / | LC | / |
| 183 | Pachyramphus aglaiae | Cabezón degollado | / | LC | / |
| 184 | Thryophilus pleurostictus | Saltapared barrado | / | LC | / |
| 185 | Pheugopedius felix | Saltapared feliz | / | LC | / |
| 186 | Troglodytes aedon | Saltapared común | / | LC | / |
| 187 | Campylorhynchus megalopterus | Matraca barrada | / | LC | / |
| 188 | Catherpes mexicanus | Saltapared barranqueño | / | LC | / |
| 189 | Thryomanes bewickii | Saltapared cola larga | / | LC | / |
| 190 | Campylorhynchus jocosus | Matraca del Balsas | / | LC | / |
| 191 | Turdus rufopalliatus | Mirlo dorso rufo | / | LC | / |
| 192 | Turdus migratorius | Mirlo primavera | / | LC | / |
| 193 | Catharus aurantiirostris | Zorzal pico naranja | / | LC | / |
| 194 | Turdus assimilis | Mirlo garganta blanca | / | LC | / |
| 195 | Myadestes occidentalis | Clarín jilguero | Pr | LC | / |
| 196 | Myiozetetes similis | Luisito común | / | LC | / |
| 197 | Pitangus sulphuratus | Luis bienteveo | / | LC | / |
| 198 | Tyrannus melancholicus | Tirano melancólico | / | LC | / |
| 199 | Tyrannus vociferans | Tirano gritón | / | LC | / |
| 200 | Empidonax minimus | Mosquero mímimo | / | LC | / |
| 201 | Myiarchus tuberculifer | Papamoscas triste | / | LC | / |
| 202 | Myiodynastes luteiventris | Papamoscas rayado común | / | LC | / |
| 203 | Sayornis nigricans | Papamoscas negro | / | LC | / |
| 204 | Empidonax difficilis | Papamoscas amarillo norteño | / | LC | / |
| 205 | Myiarchus cinerascens | Papamoscas cenizo | / | LC | / |
| 206 | Camptostoma imberbe | Mosquerito chillón | / | LC | / |
| 207 | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso | / | LC | / |
| 208 | Empidonax fulvifrons | Papamoscas pecho canela | / | LC | / |
| 209 | Pyrocephalus rubinus | Papamoscas cardenalito | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 210 | Contopus sordidulus | Pibí occidental | / | LC | / |
| 211 | Empidonax wrightii | Papamoscas bajacolita | / | LC | / |
| 212 | Tyrannus verticalis | Tirano pálido | / | LC | / |
| 213 | Empidonax oberholseri | Papamoscas matorralero | / | LC | / |
| 214 | Myiopagis viridicata | Mosquerito verdoso | / | LC | / |
| 215 | Myiarchus nuttingi | Papamoscas de Nutting | / | LC | / |
| 216 | Myiarchus tyrannulus | Papamoscas gritón | / | LC | / |
| 217 | Contopus pertinax | Papamoscas José María | / | LC | / |
| 218 | Mitrephanes phaeocercus | Mosquero copetón | / | LC | / |
| 219 | Empidonax albigularis | Mosquero garganta blanca | / | LC | / |
| 220 | Empidonax hammondii | Mosquero de Hammond | / | LC | / |
| 221 | Vireo plumbeus | Vireo plomizo | / | LC | / |
| 222 | Vireo gilvus | Vireo gorjeador oriental | / | LC | / |
| 223 | Vireo solitarius | Vireo anteojillo | / | LC | / |
| 224 | Vireo hypochryseus | Vireo amarillo | / | | / |
| 225 | Vireo bellii | Vireo de Bell | / | LC | / |
| 226 | Vireo huttoni | Vireo reyezuelo | / | LC | / |
| 227 | Vireo cassinii | Vireo de Cassin | / | LC | / |
| 228 | Ardea alba | Garza blanca | / | LC | / |
| 229 | Butorides virescens | Garceta verde | / | LC | / |
| 230 | Ardea herodias | Garza morena | / | LC | / |
| 231 | Nyctanassa violacea | Garza nocturna corona clara | / | LC | / |
| 232 | Botaurus exilis | Avetoro menor | Pr | LC | / |
| 233 | Egretta thula | Arza dedos dorados | / | LC | / |
| 234 | Nycticorax nycticorax | Garza nocturna corona negra | / | LC | / |
| 235 | Melanerpes chrysogenys | Carpintero enmascarado | / | LC | / |
| 236 | Melanerpes hypopolius | Carpintero del Balsas | / | LC | / |
| 237 | Colaptes auratus | Carpintero de pechera común | / | LC | / |
| 238 | Dryobates scalaris | Carpintero mexicano | / | LC | / |
| 239 | Melanerpes aurifrons | Carpintero cheje | / | LC | / |
| 240 | Tachybaptus dominicus | Zambullidor menor | Pr | LC | / |
| 241 | Podilymbus podiceps | Zambullidor pico grueso | / | LC | / |
| 242 | Eupsittula canicularis | Perico frente naranja | Pr | VU | II |
| 243 | Glaucidium brasilianum | Tecolote bajeño | / | LC | II |
| 244 | Megascops seductus | Tecolote del Balsas | A | LC | II |
| 245 | Glaucidium palmarum | Tecolote colimense | A | LC | II |
| 246 | Strix virgata | Búho café | / | LC | II |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 247 | Bubo virginianus | Búho cornudo | / | LC | II |
| 248 | Athene cunicularia | Tecolote llanero | / | LC | II |
| 249 | Micrathene whitneyi | Tecolote enano | / | LC | II |
| 250 | Tyto furcata | Lechuza de campanario | / | LC | II |
| 251 | Trogon elegans | Coa elegante | / | | / |
| 252 | Boa sigma | Mazacuata | / | | II |
| 253 | Conophis vittatus | Culebra guarda caminos rayada | / | LC | / |
| 254 | Drymobius margaritiferus | Culebra corredora de petatillos | / | LC | / |
| 255 | Ficimia publia | Culebra naricilla manchada | / | LC | / |
| 256 | Leptodeira splendida | Escombrera ojo de gato | / | LC | / |
| 257 | Masticophis mentovarius | Culebra chirriadora neotropical | / | LC | / |
| 258 | Oxybelis microphthalmus | Bejuquilla café | / | LC | / |
| 259 | Pseudoficimia frontalis | Culebra llamacoa | / | LC | / |
| 260 | Rhadinaea hesperia | Culebra rayada occidental | Pr | LC | / |
| 261 | Salvadora mexicana | Culebra chata del Pacífico | Pr | LC | / |
| 262 | Senticolis triaspis | Culebra ratonera | / | LC | / |
| 263 | Storeria storerioides | Culebra parda mexicana | / | LC | / |
| 264 | Trimorphodon tau | Falsa nauyaca mexicana | / | LC | / |
| 265 | Anolis nebulosus | Abaniquillo pañuelo del Pacífico | / | LC | / |
| 266 | Micrurus laticollaris | Coralillo del Balsas | Pr | LC | / |
| 267 | Coleonyx nemoralis | Gecko mexicano de bandas | / | | / |
| 268 | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa | A | LC | II |
| 269 | Ctenosaura similis | Iguana negra de cola espinosa | A | LC | II |
| 270 | Iguana rhinolopha | Iguana verde | Pr | LC | II |
| 271 | Phrynosoma taurus | Camaleón toro | A | LC | II |
| 272 | Sceloporus gadoviae | Chintete | / | LC | / |
| 273 | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico | / | LC | / |
| 274 | Sceloporus ochoterenae | Lagartija espinosa del alto Balsas | / | LC | / |
| 275 | Sceloporus spinosus | Lagartija espinosa mexicana | / | LC | / |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 276 | Sceloporus variabilis | Lagartija espinosa vientre rosado | / | LC | / |
| 277 | Urosaurus bicarinatus | Lagartija de árbol del Pacífico | / | LC | / |
| 278 | Phyllodactylus bordai | Salamanquesa del alto Balsas | Pr | LC | / |
| 279 | Plestiodon brevirostris | Eslizón chato | / | LC | / |
| 280 | Aspidoscelis costatus | Huico llanero | Pr | LC | / |
| 281 | Aspidoscelis deppii | Huico siete lineas | / | LC | / |
| 282 | Aspidoscelis sackii | Huico manchado | / | LC | / |
| 283 | Aspidoscelis communis | Huico moteado gigante de la costa de Jalisco | Pr | LC | / |
| 284 | Trachemys scripta | Tortuga gravada | / | LC | / |
| 285 | Kinosternon integrum | Tortuga pecho quebrado mexicana | Pr | LC | II |
| 286 | Rhinella horribilis | Sapo gigante | / | LC | / |
| 287 | Incilius perplexus | Sapo confuso | / | LC | / |
| 288 | Eleutherodactylus nitidus | Rana fisgona deslumbrante | / | LC | / |
| 289 | Smilisca baudinii | Rana arborícola mexicana | / | LC | / |
| 290 | Dryophytes plicatus | Rana de árbol plegada | A | LC | / |
| 291 | Agalychnis dacnicolor | Ranita verduzca | / | LC | II |
| 292 | Lithobates montezumae | Rana de Moctezuma | Pr | LC | / |

Endemismos de las especies

77 de las especies presentes en el SA y aquellas consideradas como parte de la distribución potencial, equivalente al 26.36%, presentan algún grado de endemismo contra el 73.63% que no tiene categorización. Las especies endémicas, con un porcentaje del 17.46% del total de los vertebrados, están conformadas por 5 especies de mastofuna: *Pteronotus mexicanus* (Murciélago bigotudo de Parnell), *Artibeus hirsutus* (Murciélago frugívoro peludo), *Peromyscus melanophrys* (Ratón de meseta), *P. melanocarpus* (Ratón manos negras), y *Reithrodontomys fulvescens* (Ratón cosechero leonado); 20 de avifauna en donde destacan los que también se encuentran dentro de algún apéndice del CITES: *Cynanthus auriceps* (Esmeralda occidental), *Phaeoptila sordida* (Colibrí opaco), *Megascops seductus* (Tecolote del Balsas) y *Glaucidium palmarum* (Tecolote colimense); y 27 de herpetofauna (también dentro del CITES): *Boa sigma* (Mazacuata), *Ctenosaura pectinata* (Iguana mexicana de cola espinosa), *Phrynosoma taurus* (Camaleón toro), *Kinosternon integrum* (Tortuga pecho quebrado mexicana) y

*Agalychnis dacnicolor* (Ranita verduzca). En otra clasificación se encuentran los Cuasiendémicos y los Semiendémicos con un total de 5 y 20 especies de aves respectivamente.

La determinación del endemismo de las especies de fauna silvestre que conforman la lista de especies obtenidas del muestreo en el SA arrojó que 9 de ellas cuentan con clasificación, 4 especies de aves: *P. sórdida* (Colibrí opaco), *Ortalis poliocephala* (Chachalaca pálida), *Pheugopedius felix* (Saltapared feliz) y *Melanerpes chrysogenys* (Carpintero enmascarado); y 5 especies de reptiles: *Urosaurus bicarinatus* (Lagartija de árbol del Pacífico), *Sceloporus horridus* (Lagartija espinosa del Pacífico), *Aspidoscelis sackii* (Huico manchado), *A, communis* (Huico moteado gigante de la costa de Jalisco), *C. pectinata* (Iguana mexicana de cola espinosa).

**Tabla IV. 43 Listado de endemismos presentes en la fauna del SA del proyecto "La Palmera".**

| ID | Especie | Nombre común | Estatus |
|---|---|---|---|
| 1 | Pteronotus mexicanus | Murciélago bigotudo de Parnell | E |
| 2 | Artibeus hirsutus | Murciélago frugívoro peludo | E |
| 3 | Sylvilagus cunicularius | Conejo de monte | E |
| 4 | Peromyscus melanophrys | Ratón de meseta | E |
| 5 | Reithrodontomys fulvescens | Ratón cosechero leonado | E |
| 6 | Peromyscus melanocarpus | Ratón manos negras | E |
| 7 | Cynanthus auriceps | Esmeralda occidental | E |
| 8 | Ramosomyia violiceps | Colibrí corona violeta | SE |
| 9 | Archilochus alexandri | Colibrí barba negra | SE |
| 10 | Selasphorus sasin | Zumbador de Allen | SE |
| 11 | Cynanthus latirostris | Colibrí pico ancho | SE |
| 12 | Lampornis clemenciae | Colibrí garganta azul | SE |
| 13 | Selasphorus platycercus | Zumbador cola ancha | SE |
| 14 | Calothorax lucifer | Colibrí lucifer | SE |
| 15 | Momotus mexicanus | Momoto corona canela | CE |
| 16 | Ortalis poliocephala | Chachalaca pálida | E |
| 17 | Philortyx fasciatus | Codorniz barrada | E |
| 18 | Passerina leclancherii | Colorín pecho naranja | E |
| 19 | Pheucticus melanocephalus | Picogordo tigrillo | SE |
| 20 | Pheucticus chrysopeplus | Picogordo amarillo | CE |
| 21 | Passerina amoena | Colorín pecho canela | SE |
| 22 | Cassiculus melanicterus | Cacique mexicano | CE |
| 23 | Icterus cucullatus | Calandria dorso negro menor | SE |
| 24 | Icterus bullockii | Calandria cejas naranjas | SE |
| 25 | Icterus abeillei | Calandria flancos negros | E |
| 26 | Leiothlypis virginiae | Chipe de Virginia | SE |
| 27 | Basileuterus rufifrons | Chipe gorra rufa | CE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 28 | Peucaea humeralis | Zacatonero pecho negro | E |
| 29 | Melozone kieneri | Rascador nuca canela | E |
| 30 | Atlapetes pileatus | Rascador gorra canela | E |
| 31 | Spizella pallida | Gorrión pálido | SE |
| 32 | Oriturus superciliosus | Zacatonero serrano | E |
| 33 | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco | E |
| 34 | Ptiliogonys cinereus | Capulinero gris | CE |
| 35 | Sporophila torqueola | Semillero rabadilla canela | E |
| 36 | Pheugopedius felix | Saltapared feliz | E |
| 37 | Campylorhynchus megalopterus | Matraca barrada | E |
| 38 | Campylorhynchus jocosus | Matraca del Balsas | E |
| 39 | Turdus rufopalliatus | Mirlo dorso rufo | E |
| 40 | Tyrannus vociferans | Tirano gritón | SE |
| 41 | Empidonax difficilis | Papamoscas amarillo norteño | SE |
| 42 | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso | SE |
| 43 | Empidonax wrightii | Papamoscas bajacolita | SE |
| 44 | Empidonax oberholseri | Papamoscas matorralero | SE |
| 45 | Vireo hypochryseus | Vireo amarillo | E |
| 46 | Vireo cassinii | Vireo de Cassin | SE |
| 47 | Melanerpes chrysogenys | Carpintero enmascarado | E |
| 48 | Melanerpes hypopolius | Carpintero del Balsas | E |
| 49 | Megascops seductus | Tecolote del Balsas | E |
| 50 | Glaucidium palmarum | Tecolote colimense | E |
| 51 | Micrathene whitneyi | Tecolote enano | SE |
| 52 | Boa sigma | Mazacuata | E |
| 53 | Pseudoficimia frontalis | Culebra llamacoa | E |
| 54 | Rhadinaea hesperia | Culebra rayada occidental | E |
| 55 | Salvadora mexicana | Culebra chata del Pacífico | E |
| 56 | Storeria storerioides | Culebra parda mexicana | E |
| 57 | Trimorphodon tau | Falsa nauyaca mexicana | E |
| 58 | Anolis nebulosus | Abaniquillo pañuelo del Pacífico | E |
| 59 | Micrurus laticollaris | Coralillo del Balsas | E |
| 60 | Coleonyx nemoralis | Gecko mexicano de bandas | E |
| 61 | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa | E |
| 62 | Phrynosoma taurus | Camaleón toro | E |
| 63 | Sceloporus gadoviae | Chintete | E |
| 64 | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico | E |
| 65 | Sceloporus ochoterenae | Lagartija espinosa del alto Balsas | E |
| 66 | Sceloporus spinosus | Lagartija espinosa mexicana | E |
| 67 | Urosaurus bicarinatus | Lagartija de árbol del Pacífico | E |
| 68 | Phyllodactylus bordai | Salamanquesa del alto Balsas | E |
| 69 | Plestiodon brevirostris | Eslizón chato | E |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 70 | Aspidoscelis costatus | Huico llanero | E |
| 71 | Aspidoscelis communis | Huico moteado gigante de la costa de Jalisco | E |
| 72 | Aspidoscelis sackii | Huico manchado | E |
| 73 | Kinosternon integrum | Tortuga pecho quebrado mexicana | E |
| 74 | Incilius perplexus | Sapo confuso | E |
| 75 | Eleutherodactylus nitidus | Rana fisgona deslumbrante | E |
| 76 | Dryophytes plicatus | Rana de árbol plegada | E |
| 77 | Agalychnis dacnicolor | Ranita verduzca | E |
| 78 | Lithobates montezumae | Rana de Moctezuma | E |

*E= Endemismo; CE= Cuasiendémicas; SE= Semiendémicas.

Índices de diversidad de fauna en el SA

Shannon-Wiener

Para cada grupo registrado en campo, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual mide la diversidad alfa y se basa en la abundancia proporcional de las especies; asume que todas las especies están representadas en la muestra. Fluctúa de 0 a 5.0, donde: 0 a 1.5= diversidad baja, 1.6 a 3.0= diversidad media, 3.1 a 5.0= diversidad alta (Pla, 2006).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln (p_i)$$

Donde:

- $p_i$ = abundancia relativa de la especie i (proporción de individuos de la especie i respecto al total).
- $S$ = número total de especies en el estrato.
- $\ln (S)$ = diversidad máxima posible (si todas las especies fueran igualmente abundantes).

Equitatividad de Pielou (J')

Para cada grupo, se utilizó el índice de equitatividad de Pielou (J'), el cual mide la diversidad alfa y se basa en la uniformidad de la distribución de individuos entre las especies. Su valor oscila entre 0 y 1, donde 1 indica igualdad perfecta en la abundancia de las especies.

$$J' = \frac{H'}{\ln (S)}$$

Donde:

- $H'$ = índice de Shannon-Wiener.
- $S$ = número total de especies en el estrato.
- $\ln(S)$ = diversidad máxima posible (si todas las especies fueran igualmente abundantes).
-

Los resultados de los índices de diversidad se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla IV. 44 Resultados del análisis de los índices de diversidad y equitatividad para los vertebrados del SA.**

| Grupo faunístico | Riqueza (S) | Shannon-Wiener (H') | H' máx = LN(S) | Equitatividad (J') |
|---|---|---|---|---|
| Mastofauna | 4 | 1.219 | 1.386 | 0.879 |
| Avifauna | 28 | 3.124 | 3.332 | 0.938 |
| Herpetofauna | 5 | 1.339 | 1.609 | 0.832 |

La avifauna presentó la mayor riqueza (S = 28) y diversidad del SA (H´= 3.124), acompañada de una equitatividad muy alta (J´= 0.938), lo que indica una comunidad compleja y bien distribuida. En contraste, la mastofauna y la herpetofauna mostraron riquezas bajas, S= 4 y S= 5, respectivamente, aunque con valores de equitatividad elevados (J´= 0.879 y J´=0.832), lo que sugiere que, a pesar de su baja riqueza, ambas comunidades presentan distribuciones relativamente homogéneas en la abundancia de sus especies. Las aves mostraron la equitatividad más alta entre los tres grupos (J´= 0.938), mientras que la herpetofauna mostró la menor (J´= 0.832), aunque aún dentro de un rango alto.

Para el grupo de los mamíferos, con una riqueza de 4 especies, se obtiene que el índice de diversidad de Shannon-Wiener arroja un valor de H´= 1.219 que refleja una diversidad baja. Respecto al índice de equitatividad de Pielou, se obtiene un valor de J´= 0.879 que indica que la uniformidad entre la comunidad es alta (comunidad equilibrada). Las especies más abundantes que fueron registradas en el muestreo son *Canis latrans* (Coyote) y *Sylvilagus canicularis* (Conejo de monte) con 7 ejemplares cada una.

Las aves presentaron una riqueza de 28 especies, con una diversidad alta representada en el valor de H´= 3.124 conforme al índice de diversidad de Shannon-Wiener. La uniformidad se considera muy alta, con un valor cercano a 1: J´= 0.938, lo que indica que la comunidad está muy bien equilibrada. Las especies más abundantes son *Zenaida asiática* (Paloma alas blancas) con 10 individuos, e *Icterus pustulatus* (Calandria dorso rayado) con 9, el resto de las especies, aunque no dominan, presentan abundancias homogéneas.

Con una riqueza de 5, el grupo de los reptiles arroja una diversidad baja, con un valor de H´= 1.339 conforme al índice de diversidad de Shannon-Wiener. El índice de equitatividad de Pielou se representa

con el valor de J´= 0.832 que indica una alta uniformidad, con una comunidad equilibrada; son dos especies las que presentan mayores abundancias: *Urosaurus bicarinatus* (Lagartija de árbol del Pacífico) y *Aspidoscelis sackii* (Huico manchado) con 13 y 7 individuos, respectivamente.

Es importante mencionar que, en ninguno de los transectos de muestreo realizados, se obtuvo el registro de alguna especie de anfibio, en este sentido la diversidad es considerada como cero.

Curva de acumulación de especies

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo en el SA, se construyeron curvas de acumulación de especies basadas en el número de individuos muestreados. Se realizaron por cada grupo faunístico.

Este análisis proporciona confiabilidad a los inventarios biológicos, los hace comparables y permite extrapolar la riqueza observada para la estimación del total de especies probables en determinadas áreas. Son una herramienta útil a la hora de sustentar y dar validez al esfuerzo de muestreo realizado, ya que al presentar de modo porcentual la relación entre la riqueza obtenida y la estimada permite verificar el nivel de confianza de los resultados.

Las curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de muestreo en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual, por más que se muestreé, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Sin embargo, aún en estas curvas podrían obtenerse asíntotas antes de que muchas especies hubieran sido registradas, sobre todo por efecto de la estacionalidad, diversidad beta (grado de reemplazo de especies a través de gradientes ambientales) y la abundancia relativa de especies (Escalante Espinosa, 2003).

Para la estimación en el SA del proyecto “La Palmera”, se utilizó el programa EstimateS versión 9.1.0. (Colwell, 2013), con 100 aleatorizaciones. Se empleó el estimador no paramétrico Chao 1 que considera que el muestreo es suficiente cuando la curva de acumulación alcanza la asíntota y los valores estimados son iguales o muy cercanos al número de especies observadas (S obs), con intervalos de confianza estrechos. El porcentaje de suficiencia se calculó como (S obs / S Chao 1) × 100.

Mamíferos

La curva de acumulación muestra una tendencia hacia la estabilización a partir de las cuatro especies muestreadas. A partir de este punto, la riqueza observada (S obs) no incrementará con el esfuerzo

adicional, lo que indica que el muestreo alcanza la asíntota. El estimador Chao 1 coincide con el número de especies observadas, y los intervalos de confianza son estrechos. Lo anterior indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar la riqueza de mamíferos en el SA.

**Tabla IV. 45 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el SA.**

| Mamíferos | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 4 | 4 (IC 95%= 4 – 5.5) | 100% |

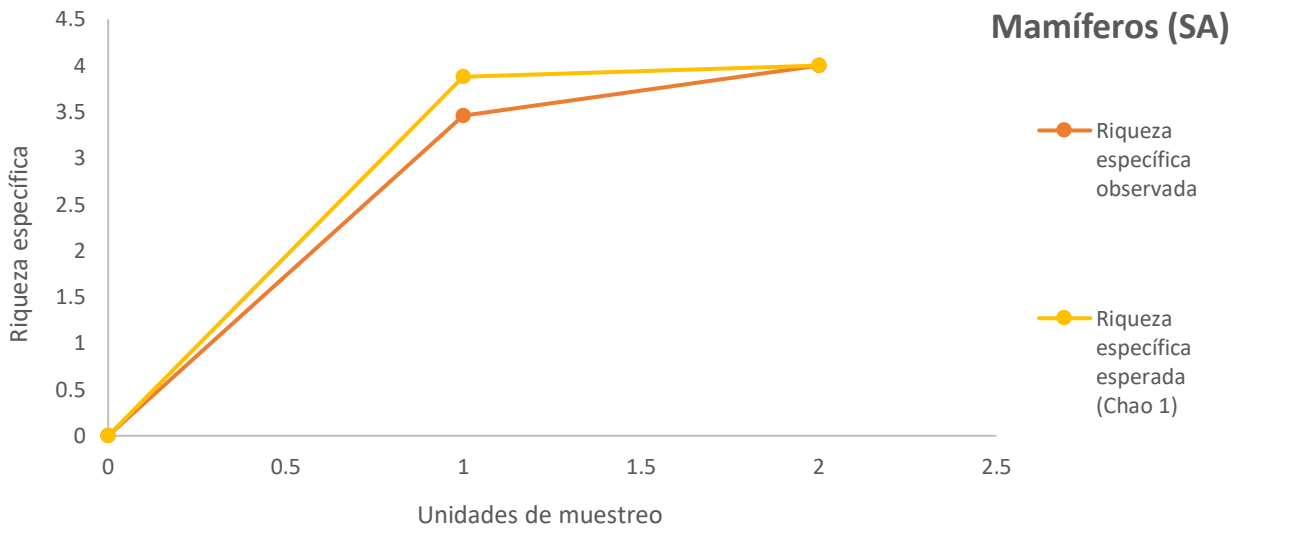



**Figura IV. 52 Curva de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el SA.**

Aves

La curva de acumulación de especies de aves comienza a descender hacia la asíntota, aproximadamente a las 30 especies, a través del estimador Chao 1 lo que indica que no se incorporan nuevas especies y que el muestreo habrá capturado la mayor parte de la riqueza presente. La riqueza observada (S obs) fue de 28 especies, lo que sugiere que existe la probabilidad de encontrar aproximadamente dos especies más. La ausencia de incrementos posteriores sugiere que la comunidad de aves del SA está bien representada con el esfuerzo aplicado y que la riqueza verdadera se aproxima a los valores observados. Este patrón es consistente con una comunidad donde predominan especies comunes y pocas especies raras. Proporciones superiores al 70% se consideran indicativas de buena precisión y

confiabilidad del estudio (Sánchez-Reyes et al., 2014; Chan-Canché et al., 2016; Tripathi et al., 2017; Viera Santiago et al., 2019).

**Tabla IV. 46 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a las aves muestreadas en el SA.**

| Aves | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 28 | 29.85 (IC 95%= 28.29 – 39.88) | 93.33% |

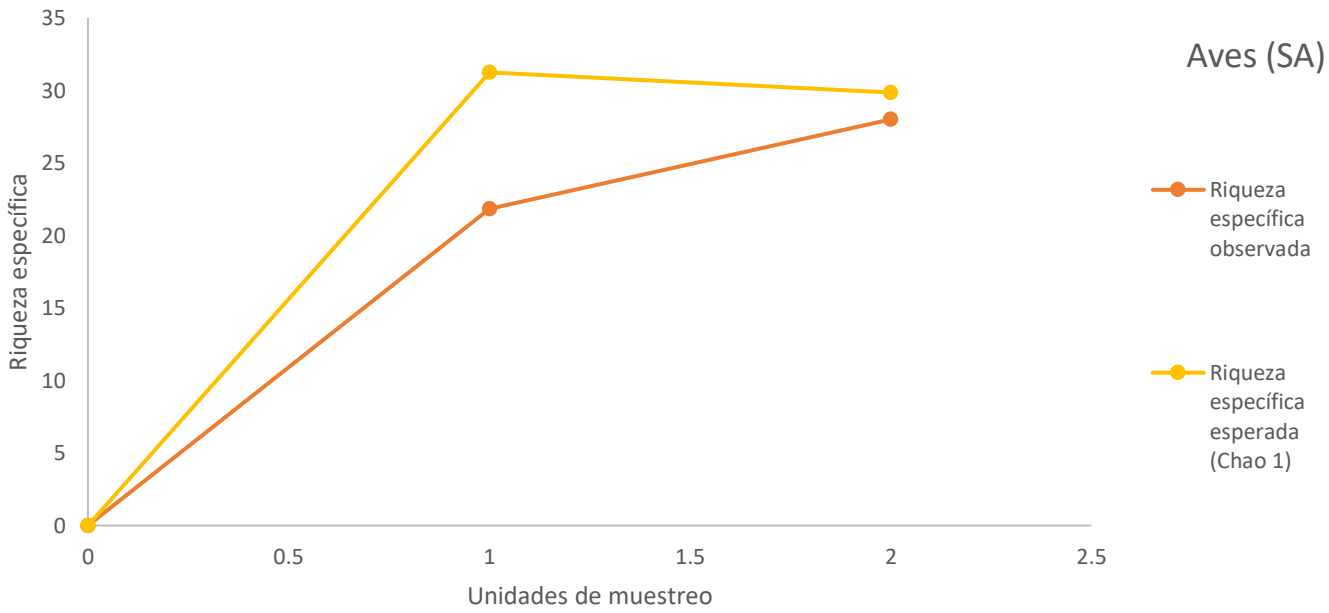



**Figura IV. 53 Curva de acumulación de especies referente a las aves muestreados en el SA.**

Reptiles

La curva de acumulación muestra una tendencia hacia la estabilización a partir de las 5 especies muestreadas.

A partir de este punto, la riqueza observada (S obs) no incrementará con el esfuerzo adicional, lo que indica que el muestreo alcanza la asíntota. El estimador Chao 1 coincide con el número de especies observadas, los intervalos de confianza son estrechos y proporciones superiores al 70% se consideran indicativas de buena precisión y confiabilidad del estudio (Sánchez-Reyes et al., 2014; Chan-Canché et

al., 2016; Tripathi et al., 2017; Viera Santiago et al., 2019). Lo anterior indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar la riqueza de mamíferos en el SA.

**Tabla IV. 47 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el SA.**

| Reptiles | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 5 | 5 (IC 95%= 5 – 6.63) | 100% |

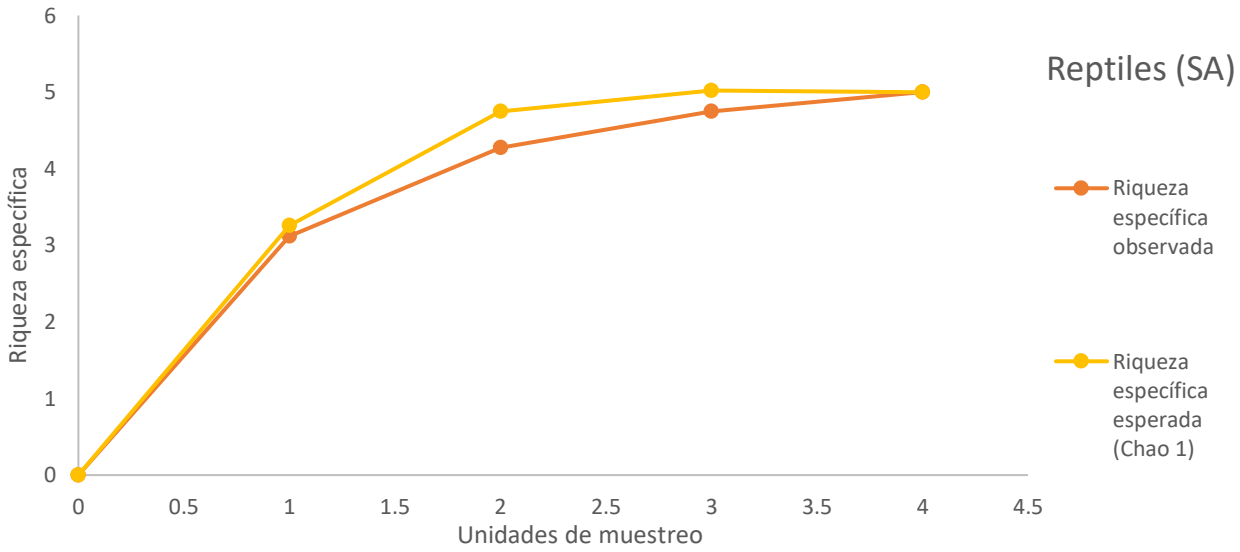



**Figura IV. 54 Curva de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el SA.**

Riqueza y composición de especies en el polígono del proyecto “La Palmera”

Durante los muestreos en el polígono donde se llevarán a cabo las acciones mineras, se pudieron registrar 29 especies de vertebrados, tres especies de identificaron para la mastofauna, 21 para la avifauna y 5 para la herpetofauna (solamente hubo registro de reptiles, no se encontraron anfibios).

**Tabla IV. 48 Listado de fauna silvestre registrada en el polígono del proyecto a través de los muestreos en campo.**

| ID | Clase | Orden | Familia | Genero | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mammalia | Carnivora | Canidae | Canis | Canis Latrans | Coyote |
| 2 | Mammalia | Carnivora | Mephitidae | Mephitis | Mephitis macroura | Zorrillo listado sureño |
| 3 | Mammalia | Lagomorpha | Leporidae | Sylvilagus | Sylvinagus cunicularius | Conejo de monte |
| 4 | Aves | Passeriformes | Ptiliogonatidae | Phaeoptila | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Aves | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | Antrostomus | Antrostomus ridgwayi | Tapacaminos tucuchillo |
| 6 | Aves | Cathartiformes | Cathartidae | Cathartes | Cathartes aura | Zopilote común |
| 7 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Zenaida | Zenaida asiatica | Paloma alas blancas |
| 8 | Aves | Passeriformes | Passerellidae | Peucaea | Peucaea ruficauda | Zacatonero corona rayada |
| 9 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus vociferans | Tirano gritón |
| 10 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus | Icterus pustulatus | Calandria dorso rayado |
| 11 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Pheugopedius | Pheugopedius felix | Saltapared feliz |
| 12 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus melancholicus | Tirano melancólico |
| 13 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Contopus | Contopus sordidulus | Pibí occidental |
| 14 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Tyrannus | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso |
| 15 | Aves | Passeriformes | Troglodytidae | Thryophilus | Thryophilus pleurostictus | Saltapared barrado |
| 16 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiopagis | Myiopagis viridicata | Mosquerito verdoso |
| 17 | Aves | Passeriformes | Icteridae | Molothrus | Molothrus aeneus | Tordo ojos rojos |
| 18 | Aves | Columbiformes | Columbidae | Columbina | Columbina passerina | Tortolita pico rojo |
| 19 | Aves | Passeriformes | Mimidae | Mimus | Mimus polyglottos | Centzontle norteño |
| 20 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus nuttingi | Papamoscas de Nutting |
| 21 | Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Myiarchus | Myiarchus tyrannulus | Papamoscas gritón |
| 22 | Aves | Passeriformes | Turdidae | Turdus | Turdus rufopalliatus | Tordo dorso rufo |
| 23 | Aves | Coraciiformes | Momotidae | Momotus | Momotus mexicanus | Momoto corona canela |
| 24 | Aves | Cuculiformes | Cuculidae | Geococcyx | Geococcyx velox | Correcaminos tropical |
| 25 | Reptilia | Squamata | Helodermatidae | Heloderma | Heloderma horridum | Lagarto de chaquira |
| 26 | Reptilia | Squamata | Boidae | Boa | Boa sigma | Mazacuata |
| 27 | Reptilia | Squamata | Iguanidae | Ctenosaura | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa |
| 28 | Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis | Aspidoscelis communis | Huico moteado gigante de la costa de Jalisco |
| 29 | Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico |

*Las especies marcadas con lila, no se encuentran dentro del listado potencial obtenido del SNIB, sin embargo, fue registrada durante los muestreos.

Mamíferos

Los mamíferos tuvieron una riqueza de tres especies, correspondientes al 10.34% de lo registrado en los muestreos. Estuvieron conformados por dos órdenes, tres familias, tres géneros y tres especies, la especie más abundante fue *Silvilagus canicularis* (Conejo de monte) con 8 individuos, la cual es endémica de México.

A nivel nacional, ninguna de las especies se encuentra dentro de alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010; respecto a la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la IUCN, todas están catalogadas bajo Preocupación menor (LC).

**Tabla IV. 49 Mamíferos registrados durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie.**

| ID | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN | CITES | Hábitat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Canis Latrans | Coyote | / | / | LC | / | Terrestre |
| 2 | Mephitis macroura | Zorrillo listado sureño | / | / | LC | / | Terrestre |
| 3 | Sylvinagus cunicularius | Conejo de monte | E | / | LC | / | Terrestre |



**Figura IV. 55 Imagen de *Sylvilagus cunicularius* captada por fototrampa**



**Figura IV. 56 Imagen de *Canis latrans* captada por fototrampa.**



**Figura IV. 57 Imagen de *Mephitis macroura* captada por fototrampa**

.

Aves

La avifauna fue el grupo más diverso dentro del muestreo, se observaron 21 especies equivalentes al 72.41% del total de vertebrados registrados. Este grupo se presenta como el grupo con mayor riqueza en las selvas bajas caducifolias por su alta movilidad y buen aprovechamiento de recursos conforme a la fenología de la vegetación (Instituto Tecnológico Superior de Irapuato & Instituto Municipal de Planeación de Irapuato., 2015; Nieto-Montes de Oca, 2019).

Las aves se agruparon en 6 órdenes, 11 familias, 18 géneros y 21 especies. La especie más abundante fue *Zenaida asiática* (Paloma alas blancas) con 14 individuos, seguida por *Icterus pustulatus* (Calandria dorso rayado) con 8 organismos, *Myiarchus nuttingi* (Papamoscas Huí) con 6, *y Turdus rufopalliatus* (Mirlo dorso rufo), *Cathartes aura* (Zopilote aura) y *Columbina passerina* (Tortolita pico rojo) con 5 ejemplares.

No se presenta ninguna especie dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las 21 especies están catalogas como Preocupación menor (LC) dentro de la Lista Roja de las Especies Amenazadas, no están consideradas dentro del CITES, y dos de ellas*, Pheugopedius felix (Saltapared feliz)* y *Phaeoptila sordida* (Colibrí opaco) son endémicas de México.

Adicionalmente, se identificaron las condiciones migratorias de cada una de las especies, encontrándose que la mayoría, el 90.47% de las aves que se registraron, son residentes. Solo dos de ellas *Myiarchus tyrannulus* (Papamoscas gritón) y *Contopus sordidulus* (Papamoscas del oeste) son migratorias de verano. Todas las especies son terrestres.

**Tabla IV. 50 Aves registradas durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie.**

| ID | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN | CITES | Estatus migratorio | Hábitat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Phaeoptila sordida | Colibrí opaco | E | / | LC | / | R | Terrestre |
| 2 | Antrostomus ridgwayi | Tapacaminos tucuchillo | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 3 | Cathartes aura | Zopilote común | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 4 | Zenaida asiatica | Paloma alas blancas | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 5 | Peucaea ruficauda | Zacatonero corona rayada | / | / | LC | / | R | Terrestre |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Tyrannus vociferans | Tirano gritón | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 7 | Icterus pustulatus | Calandria dorso rayado | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 8 | Pheugopedius felix | Saltapared feliz | E | / | LC | / | R | Terrestre |
| 9 | Tyrannus melancholicus | Tirano melancólico | E | / | LC | / | R | Terrestre |
| 10 | Contopus sordidulus | Pibí occidental | E | / | LC | / | MV | Terrestre |
| 11 | Tyrannus crassirostris | Tirano pico grueso | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 12 | Thryophilus pleurostictus | Saltapared barrado | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 13 | Myiopagis viridicata | Mosquerito verdoso | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 14 | Molothrus aeneus | Tordo ojos rojos | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 15 | Columbina passerina | Tortolita pico rojo | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 16 | Mimus polyglottos | Centzontle norteño | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 17 | Myiarchus nuttingi | Papamoscas de Nutting | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 18 | Myiarchus tyrannulus | Papamoscas gritón | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 19 | Turdus rufopalliatus | Tordo dorso rufo | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 20 | Momotus mexicanus | Momoto corona canela | / | / | LC | / | R | Terrestre |
| 21 | Geococcyx velox | Correcaminos tropical | / | / | LC | / | R | Terrestre |



**Figura IV. 58 Imagen de *Geococcyx velox* obtenida del muestreo en transectos.**



**Figura IV. 59 Imagen de *Icterus pustulatus* obtenida del muestreo en transectos.**



**Figura IV. 60 Imagen de *Momotus mexicanus* obtenida del muestreo en transectos.**



**Figura IV. 61 Imagen de *Piaya mexicana* obtenida del muestreo en transectos**

Reptiles

Se registraron 5 especies de reptiles equivalentes al 17.24% del total de especies muestreadas en el polígono del proyecto. La especie *Aspidoscelis communis* (Huico moteado gigante de la costa de Jalisco) registró la mayor cantidad de individuos (7 ejemplares), *Heloderma horridum* (Lagarto de chaquira) y *Sceloporus horridus* (Lagartija espinosa del Pacífico), solo tuvieron un organismo por especie. El grupo está conformado por un orden, una familia, 5 géneros y 5 especies.

*Heloderma horridum*, *C. pectinata*, *A. communis* se encuentran dentro de las categorías de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010: Amenazadas (A) las dos primeras, y Sujeta a Protección Especial (Pr), la tercera. Todas las especies, excepto *Boa constrictor* (Mazacuata), están como Preocupación menor (LC) en la Lista Roja de las Especies Amenazadas; *H. horridum*, *B. sigma* y *C. pectinata* pertenecen al apéndice II del CITES. Todas las especies son de ecosistemas terrestres.

**Tabla IV. 51 Reptiles registrados durante el muestreo en el polígono del proyecto y las características por especie.**

| ID | Especie | Nombre común | Estatus | NOM-059 | IUCN | CITES | Hábitat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Heloderma horridum | Lagarto de chaquira | E | A | LC | II | Terrestre |
| 2 | Boa sigma | Mazacuata | / | / | / | II | Terrestre |
| 3 | Ctenosaura pectinata | Iguana mexicana de cola espinosa | E | A | LC | II | Terrestre |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Aspidoscelis communis | Huico moteado gigante de la costa de Jalisco | E | Pr | LC | / | Terrestre |
| 5 | Sceloporus horridus | Lagartija espinosa del Pacífico | E | / | LC | / | Terrestre |



**Figura IV. 62 Imagen de Aspidoscelis communis obtenida del muestreo en transectos.**



**Figura IV. 63 Imagen de Boa sigma obtenida del muestreo en transectos.**



**Figura IV. 64 Imagen Ctenosaura pectinata obtenida del muestreo en transectos**



**Figura IV. 65 Imagen de Aspidoscelis sackii obtenida del muestreo en transectos.**

Anfibios

Durante el muestreo no fueron registrados anfibios dentro del polígono a intervenir con el proyecto "La Palmera". En las selvas bajas caducifolias, donde las temporadas del año son muy marcadas, cuando

es temporada de estiajes, las temperaturas llegan a alcanzar altas temperaturas, momento en donde los anfibios estivan y buscan permanecer por debajo de la tierra, rocas, ramas, en grietas, donde la humedad es mayor (Lips & Reaser, 1999; Silvia-Ayala *et al.*, 2025). Los individuos buscan salir de sus escondites por las noches y bajo presencia de humedad (Silvia-Ayala *et al.*, 2025). Así mismo, este grupo de vertebrados son considerados con indicadores de la calidad del hábitat y su presencia disminuye en ecosistemas perturbados (Blaustein y Wake, 1990 y Stebbins y Cohen, 1995).

Índices de diversidad de fauna en el polígono del proyecto "La Palmera"

Shannon-Wiener

Para cada grupo registrado en el muestreo, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual mide la diversidad alfa y se basa en la abundancia proporcional de las especies; asume que todas las especies están representadas en la muestra. Fluctúa de 0 a 5.0, donde: 0 a 1.5= diversidad baja, 1.6 a 3.0= diversidad media, 3.1 a 5.0= diversidad alta (Pla, 2006).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln (p_i)$$

Donde:

- $p_i$ = abundancia relativa de la especie i (proporción de individuos de la especie i respecto al total).
- $S$ = número total de especies en el estrato.
- $\ln (S)$ = diversidad máxima posible (si todas las especies fueran igualmente abundantes).

Equitatividad de Pielou (J')

Para cada grupo, se utilizó el índice de equitatividad de Pielou (J'), el cual mide la diversidad alfa y se basa en la uniformidad de la distribución de individuos entre las especies. Su valor oscila entre 0 y 1, donde 1 indica igualdad perfecta en la abundancia de las especies.

$$J' = \frac{H'}{\ln (S)}$$

Donde:

- $H'$ = índice de Shannon-Wiener.
- $S$ = número total de especies en el estrato.
- $\ln (S)$ = diversidad máxima posible (si todas las especies fueran igualmente abundantes).

Los resultados de los índices de diversidad se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla IV. 52 Resultados del análisis de los índices de diversidad y equitatividad de los vertebrados muestreados en el polígono.**

| Grupo faunístico | Riqueza (S) | Shannon-Wiener (H') | H' Max = LN(S) | Equitatividad (J') |
|---|---|---|---|---|
| Mastofauna | 3 | 0.925 | 1.099 | 0.842 |
| Avifauna | 21 | 2.834 | 3.045 | 0.931 |
| Herpetofauna | 5 | 1.304 | 1.609 | 0.810 |

La avifauna presentó la mayor riqueza (S= 21) y diversidad (H´= 2.834) del polígono del proyecto, acompañada de una equitatividad muy alta (J´= 0.931), lo que indica una comunidad compleja y bien distribuida. En contraste, la mastofauna y la herpetofauna mostraron riquezas bajas, S= 3 y S= 5, respectivamente, aunque con valores de equitatividad elevados (J´= 0.842 y J´= 0.810), lo que sugiere que ambas comunidades presentan distribuciones relativamente homogéneas en la abundancia de sus especies. Los mamíferos tuvieron una equitatividad ligeramente mayor que la herpetofauna, mientras que la avifauna mantuvo la estructura comunitaria más equilibrada y diversa.

Para el grupo de los mamíferos, con una riqueza de 3 especies, se obtiene que el índice de diversidad de Shannon-Wiener arroja un valor de H´= 0.925 que refleja una diversidad baja. Respecto al índice de equitatividad de Pielou, se obtiene un valor de J´= 0.842 que indica que la uniformidad entre la comunidad es alta (comunidad equilibrada). La especie más abundante registrada es *Sylvilagus canicularis* (Conejo de monte) con 8 individuos.

Las aves presentaron una riqueza de 21 especies, con una diversidad media-alta representada en el valor de H´= 2.834 conforme al índice de diversidad de Shannon-Wiener. La uniformidad se considera muy alta, con un valor cercano a 1: J´= 0.931, lo que indica que la comunidad está muy bien equilibrada. La especie más abundantes es *Zenaida asiática* (Paloma alas blancas) con 14 organismos.

Con una riqueza de 5, el grupo de los reptiles arroja una diversidad baja, con un valor de H´= 1.304 conforme al índice de diversidad de Shannon-Wiener. El índice de equitatividad de Pielou se representa con el valor de J´= 0.810 que indica una alta uniformidad, con una comunidad equilibrada; la especie que presenta mayor abundancia es *Aspidoscelis sackii* (Huico manchado) con 7 ejemplares.

Es importante mencionar que en ninguno de los transectos de muestreo realizados se obtuvo el registro de alguna especie de anfibio, en este sentido la diversidad es considerada como cero.

Curva de acumulación de especies

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo en el polígono del proyecto “La Palmera”, se construyeron curvas de acumulación de especies basadas en el número de individuos muestreados. Se realizaron por cada grupo faunístico.

Este análisis proporciona confiabilidad a los inventarios biológicos, los hace comparables y permite extrapolar la riqueza observada para la estimación del total de especies probables en determinadas áreas. Son una herramienta útil a la hora de sustentar y dar validez al esfuerzo de muestreo realizado, ya que al presentar de modo porcentual la relación entre la riqueza obtenida y la estimada permite verificar el nivel de confianza de los resultados.

Las curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de muestreo en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual, por más que se muestreé, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Sin embargo, aún en estas curvas podrían obtenerse asíntotas antes de que muchas especies hubieran sido registradas, sobre todo por efecto de la estacionalidad, diversidad beta (grado de reemplazo de especies a través de gradientes ambientales) y la abundancia relativa de especies (Escalante Espinosa, 2003).

Para la estimación en el proyecto “La Palmera”, se utilizó el programa EstimateS versión 9.1.0. (Colwell, 2013), con 100 aleatorizaciones. Se empleó el estimador no paramétrico Chao 1 que considera que el muestreo es suficiente cuando la curva de acumulación alcanza la asíntota y los valores estimados son iguales o muy cercanos al número de especies observadas (S obs), con intervalos de confianza estrechos. El porcentaje de suficiencia se calculó como (S obs / S Chao 1) × 100.

Mamíferos

La curva de acumulación de especies de mamíferos del polígono del proyecto muestra un incremento inicial rápido en la riqueza observada, alcanzando las tres especies en la primera unidad de muestreo. El estimador Chao1 predice inicialmente una riqueza mayor, lo que sugiere la presencia de especies raras en las primeras detecciones. Sin embargo, conforme avanza el muestreo, ambas curvas estimadas convergen con la riqueza observada alrededor de las dos unidades de muestreo, indicando una reducción en la incertidumbre y la ausencia de nuevas especies. Esta convergencia señala que la curva se aproxima a su asíntota, con intervalos de confianza estrechos y que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar adecuadamente la comunidad de mamíferos del área de estudio.

**Tabla IV. 53 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a los mamíferos muestreados en el polígono. .**

| Mamíferos | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 3 | 3 (IC 95%= 3 - 4.01) | 100% |

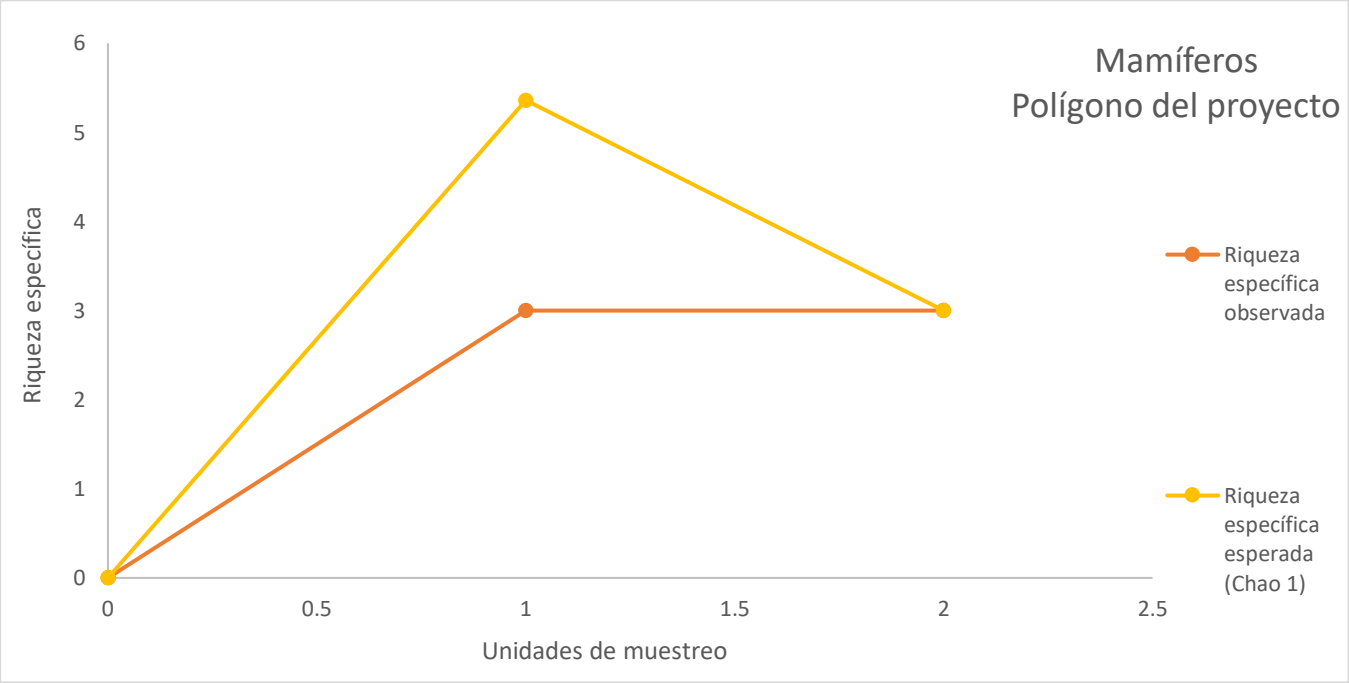



**Figura IV. 66 Curva de acumulación de especies referente a los mamíferos muestreados en el polígono del proyecto.**

Aves

Mientras la riqueza observada tiende a subir, la riqueza esperada Chao 1 comienza a descender hacia la asíntota aproximadamente a las 28 especies, lo que evidencia la presencia de especies raras en las primeras detecciones. Conforme avanza el muestreo, el estimador Chao 1 converge hacia la riqueza observada sugiriendo que la comunidad de aves del polígono del proyecto está bien representada con el esfuerzo aplicado y que la riqueza verdadera se aproxima a los valores observados. Los intervalos de confianza son estrechos y a proporciones superiores al 70% se consideran indicativas de buena precisión y confiabilidad del estudio (Sánchez-Reyes et al., 2014; Chan-Canché et al., 2016; Tripathi et al., 2017; Viera Santiago et al., 2019).

**Tabla IV. 54 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a las aves muestreadas en el polígono.**

| Aves | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 21 | 21 (IC 95%= 22.74 – 22.98) | 100% |

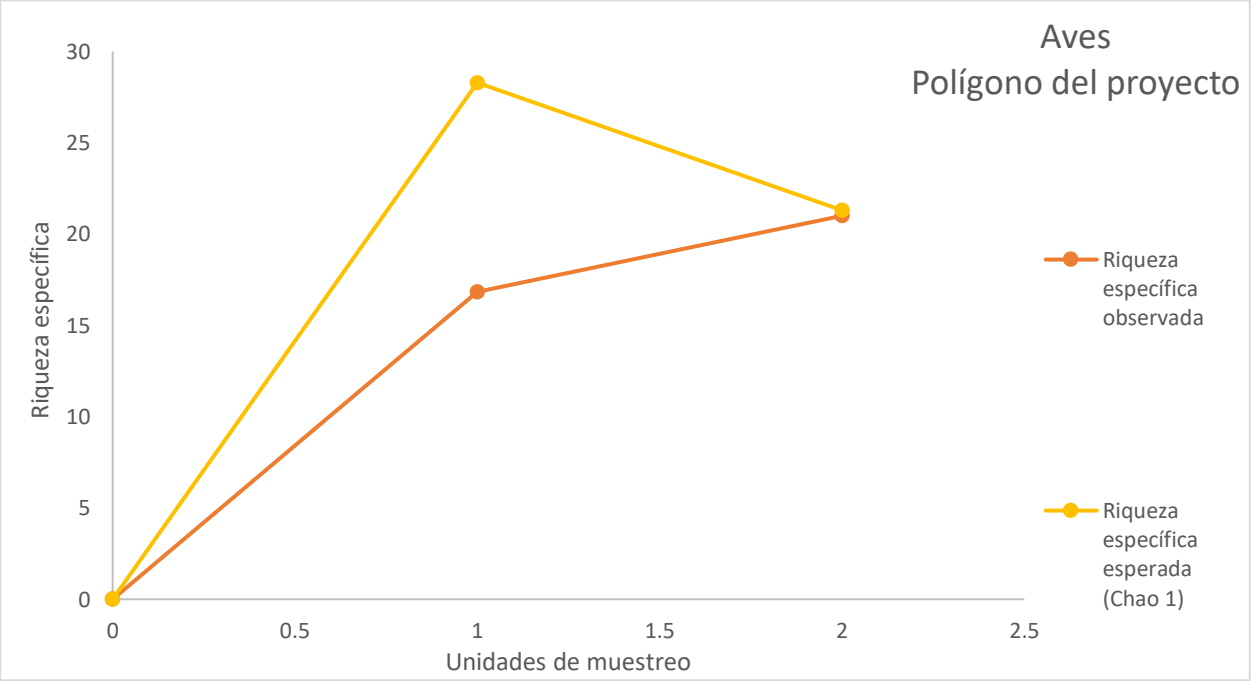



**Figura IV. 67 Curva de acumulación de especies referente a las aves muestreadas en el polígono del proyecto.**

Reptiles

La curva de acumulación de especies de reptiles del polígono del proyecto muestra un incremento gradual en la riqueza observada, alcanzando aproximadamente cinco especies hacia las cuatro unidades de muestreo. El estimador Chao1 predice consistentemente una riqueza mayor que la observada, lo que sugiere la presencia de especies raras o de baja detectabilidad que no fueron registradas durante el muestreo. La riqueza observada fue de 5 especies, lo que sugiere que existe la probabilidad de encontrar aproximadamente una o dos especies más. La ausencia de incrementos posteriores sugiere que la comunidad de reptiles del polígono del proyecto está bien representada con el esfuerzo aplicado y que la riqueza verdadera se aproxima a los valores observados. Este patrón es consistente con una comunidad donde predominan especies comunes y pocas especies raras.

Proporciones superiores al 70% se consideran indicativas de buena precisión y confiabilidad del estudio (Sánchez-Reyes et al., 2014; Chan-Canché et al., 2016; Tripathi et al., 2017; Viera Santiago et al., 2019).

**Tabla IV. 55 Resultados del análisis de curvas de acumulación de especies referentes a los reptiles muestreados en el polígono.**

| Reptiles | | | |
|---|---|---|---|
| **Estimador paramétrico** | **Riqueza específica observada (S obs)** | **Riqueza específica estimada** | **Cobertura del muestreo** |
| Chao 1 | 5 | 5.31 (IC 95%= 5.02 – 10.61) | 100% |

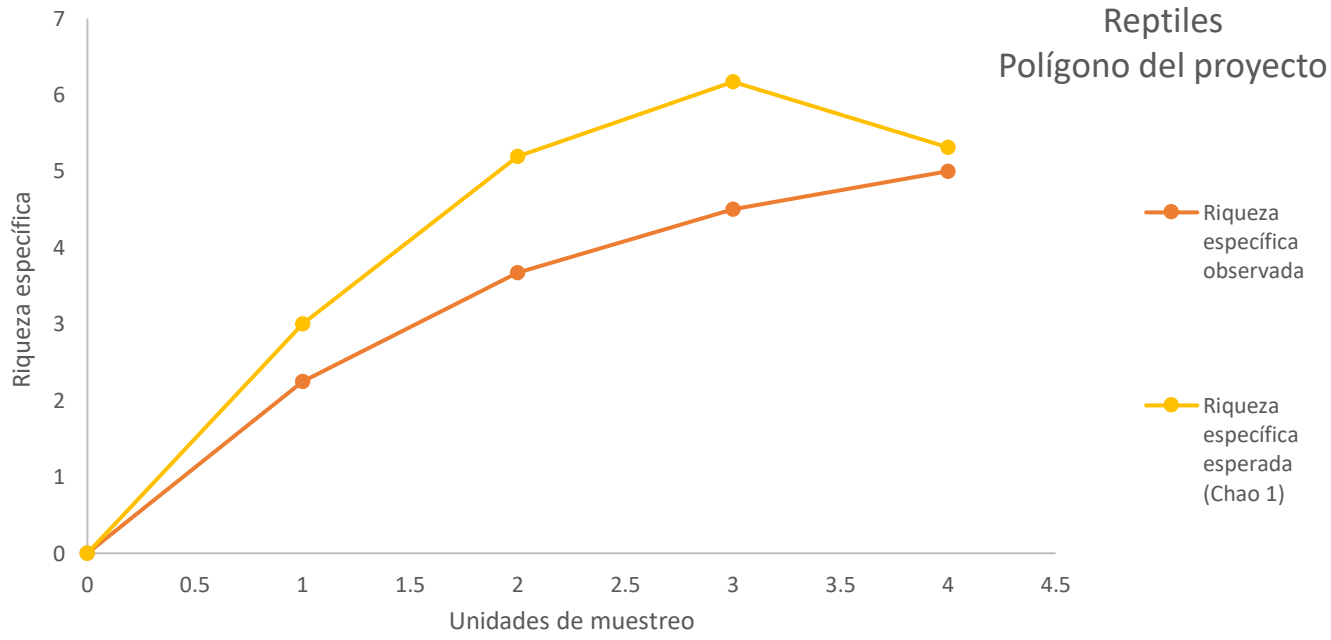



**Figura IV. 68 Curva de acumulación de especies referente a los reptiles muestreados en el polígono del proyecto.**

***Conclusión***

El análisis conjunto de las curvas de acumulación de especies, los intervalos de confianza y los índices de diversidad permitió evaluar de manera integral la representatividad del muestreo y la estructura comunitaria de la mastofauna, avifauna y herpetofauna tanto en el SA como en el polígono del proyecto. En general, los resultados muestran patrones contrastantes entre grupos, derivados de diferencias en detectabilidad, riqueza y presencia de especies con baja abundancia.

En mamíferos, las curvas mostraron una rápida estabilización, con convergencia temprana entre la riqueza observada y el estimador Chao 1. Esto indica que el muestreo fue suficiente y que la comunidad está compuesta por pocas especies, con alta equitatividad y baja proporción de especies poco abundantes.

En las aves se observó una alta riqueza y diversidad por encima de los otros dos grupos faunísticos, se registraron también intervalos de confianza más amplios y el estimador permaneció un poco por encima de la riqueza observada, lo que indica la presencia de especies raras y una comunidad más compleja; sin embargo, los resultados sugieren la probabilidad de detectar solo una o dos especies más con un mayor esfuerzo de muestreo. Es importante referir, que el tamaño del polígono del proyecto, con una superficie de 1.0982 ha, no permitió la implementación de más transectos de los establecidos, ya que, de lo contrario, los registros estarían sobre estimados y habría sesgo en la información. De esta forma, se coloca el mismo número de transectos en el SA para su adecuada comparación (SA vs polígono del proyecto).

En reptiles, las curvas mostraron incrementos graduales y ausencia de convergencia total y parcial entre la riqueza observada y el estimador Chao 1. La convergencia total, sugiere la posible detección de solo una o dos especies más. Este grupo presenta baja detectabilidad.

Los índices de diversidad reforzaron estos patrones: la avifauna presentó la mayor riqueza y diversidad, con equitatividad muy alta; la mastofauna y la herpetofauna mostraron riquezas bajas, pero equitatividades elevadas, lo que indica comunidades pequeñas, pero relativamente equilibradas.

En conjunto, los resultados evidencian que la eficiencia del muestreo fue **suficiente** para caracterizar la composición, estructura y diversidad de la mastofauna, avifauna y herpetofauna considerando las diferencias biológicas y ecológicas de cada taxón, las características de la selva baja caducifolia durante la época de secas: las condiciones climáticas extremas de los días de muestreo, la baja disponibilidad de alimento y agua, la capacidad de desplazamiento de las especies, las características del área relacionadas a los impactos por actividades agropecuarias principalmente y, la superficie del polígono del proyecto.

Los resultados presentados en este capítulo constituyen una línea base confiable para el análisis de impacto y el diseño de medidas de mitigación.

### *IV.2.2.3 Paisaje*

Para establecer el aspecto del paisaje, se consideran las condiciones naturales, así como las condiciones de origen antrópico.

El paisaje es una percepción visual y mental tanto individual como colectiva del conjunto de ese espacio; a este aspecto se le estudia desde dos perspectivas, la primera como elemento aglutinador de una serie de características del medio físico y la segunda es el análisis de su capacidad para absorber los usos y actuaciones que se desarrollan sobre él.

Dentro de los objetivos principales del análisis del paisaje se encuentran los siguientes:

- Caracterización del paisaje en el área de estudio considerando sus elementos y componentes físicos, bióticos y antrópicos los cuales permitan analizar las condiciones actuales de valoración paisajística del área de emplazamiento del proyecto;
- Valorar el paisaje a través de la identificación y descripción de unidades del paisaje, considerando dos aspectos de análisis: calidad visual del paisaje, fragilidad paisajística;

Características generales del proyecto:

El proyecto se localiza en el municipio de Tlaltizapán, Morelos, el Sistema Ambiental comprende una poligonal de 1,585.45 hectáreas que corresponde a una unidad hidrológica de la "microcuenca" Lorenzo Vázquez, el área a afectar por el proyecto abarca una superficie de 1.0982 hectáreas. El área presenta un clima cálido subhúmedo (Awo) con temperatura media anual de 23.8 °C, precipitación promedio de 881.2 mm y una marcada estación seca.

**Topografía accidentada y contrastante**: predominan las *sierras de laderas escarpadas* (51.47 %) y los *lomeríos típicos* (48.44 %), con altitudes de 890 a 1,450 msnm. Esto genera un paisaje de cerros y elevaciones suaves a moderadas, con valles estrechos y ausencia de grandes llanuras.

**Cobertura vegetal dominante**: selva baja caducifolia secundaria arbórea y arbustiva, con especies como *Acacia bilimekii*, *Acacia cochliacantha* y *Chromoleana* sp., intercalada con pastizal inducido y parcelas de agricultura de temporal. El estado de conservación es regular, con claros y signos de pastoreo.

**Influencia antrópica**: el paisaje incluye actividades agropecuarias (principalmente cultivo de caña de azúcar, maíz, sorgo) y pastoreo extensivo. No hay asentamientos humanos cercanos al predio, pero sí caminos rurales y áreas de cultivo de temporal. La zona carece de infraestructura de servicios públicos (agua, drenaje) y de zonas recreativas.

**Elementos naturales destacados**: se localizan escurrimientos perennes (intermitentes) y el predio se ubica dentro de una microcuenca. La vegetación nativa, aunque secundaria, proporciona un paisaje de carácter semiárido con manchones de árboles y arbustos, especialmente verde durante la temporada de lluvias (junio-octubre) y de tonos pardos-grisáceos en la sequía.

**Fragilidad potencial**: los suelos someros (Leptosoles) y las pendientes pronunciadas en las sierras hacen que el paisaje sea vulnerable a la erosión hídrica y a cambios en el uso de suelo. Las inundaciones periódicas del río Yautepec (a 7.6 km) no afectan directamente el predio.

***Metodología***

Para realizar una caracterización del paisaje presente en el área en estudio se efectúo una prospección total del terreno, determinándose estaciones de observación para poder así caracterizar los componentes propios del paisaje. La determinación de las estaciones fue realizada a través de imágenes satelitales e inspecciones in – situ.

A continuación, se especifican los sectores donde se realizan estaciones de observación:

**Tabla IV. 56 Estaciones de Observación.**

| ID | Coordenadas UTM | | Orientación de la observación | Visibilidad* | Accesibilidad |
|---|---|---|---|---|---|
| | *X* | *Y* | | | |
| 1 | 491369 | 2059167 | Oriente | Alta | Alta |
| 2 | 492528 | 2058759 | Sur | Alta | Baja |
| 3 | 492131 | 2158916 | Norte | Alta | Baja |
| 4 | 490434 | 2058691 | Poniente | Alta | Media |

* Se considera una visibilidad baja cuando la vista alcanza una distancia menor a 200 m, como visibilidad media cuando la vista alcanza una distancia entre 200 y 800 m y se considera una visibilidad alta cuando la vista alcanza una distancia mayor a 800 m.



**Figura IV. 69 Punto de visualización ID 1.**



**Figura IV. 70 Punto de visualización ID 2.**



**Figura IV. 71 Punto de visualización ID 3.**



**Figura IV. 72 Punto de visualización ID 4.**

.

**Evaluación del Paisaje:** Se buscaron las zonas de alta densidad de observadores. No se debe olvidar que el paisaje, conceptualmente, existe como recurso solo si existen observadores que puedan apreciarlo.

**Unidades de Paisaje (UP)**. Estas se definen como divisiones espaciales que cubren el territorio a estudiar. Una UP debiera ser lo más homogénea posible en relación con su valor de paisaje (calidad visual) y valor de fragilidad. La unidad es una agregación ordenada y coherente de las partes elementales.

Para la determinación de las Unidades de Paisaje, se establecen en base a los aspectos visuales o de carácter de los factores considerados como definitorios del paisaje. Para determinar una UP se siguen los siguientes aspectos:

a) Determinar el componente central, que es el más representativo en el área de estudio por ejemplo puede tomarse la vegetación o el relieve.
b) Cartografiar el área de estudio generando unidades homogéneas en base al elemento central escogido.
c) Agregar los componentes restantes del paisaje a las unidades homogéneas ya generadas.

Por lo tanto, para definir las unidades de paisaje del SA del proyecto, se realizó una capa ráster con metodología de multicriterio en el software ArcMap, donde se utilizó la clasificación contenida en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Morelos, particularmente la Política Ambiental, así como la clasificación de la capa de Uso de Suelos y Vegetación del INEGI, además de una caracterización visual en recorrido de campo (Tabla 46. Figura 61).

La metodología para un análisis multicriterio mediante Weighted Overlay (superposición ponderada) comienza con la definición de los criterios o factores relevantes para el problema de decisión, los cuales deben convertirse en capas ráster con valores de idoneidad estandarizados en una escala común (del 1 al 3). Luego, se asigna un peso porcentual a cada criterio según su importancia relativa, asegurando que la suma total sea 100%. Con estos ráster de entrada y los pesos definidos, se ejecuta la herramienta "Weighted Overlay" (ubicada en Spatial Analyst ; Superposición múltiple), la cual multiplica cada celda por su peso correspondiente y suma los resultados capa por capa, generando un ráster final de idoneidad donde los valores altos representan las ubicaciones más favorables. Esta técnica permite combinar de manera cuantitativa y sistemática múltiples capas temáticas

**Tabla IV. 57 Criterios de ponderación multicriterio para definición de unidades de paisaje.**

| Ponderación de Unidad de Paisaje | Capa Uso de Suelo Vegetación | Política Ambiental | Caracterización visual |
|---|---|---|---|
| 1 | Pastizal inducido, Agricultura de temporal anual. | Restauración, Aprovechamiento asentamientos humanos | Esta zona comprende la parte baja de la nanocuenca, aquí se concentran las actividades de aprovechamiento como: Agricultura, ganadería, producción de carbón, por lo mismo es la que presenta un alto grado de perturbación principalmente in antrópico, como compactación, erosión, residuos sólidos urbanos dispersos, libre pastoreo, así como casquillos de arma de fuego por lo que se presume la existencia de cacería en la zona. Se observa la predominancia de pastos, vegetación secundaria y claros desprovistos de vegetación. |
| 2 | Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia | Protección-Restauración | Esta zona se sitúa en la parte oriente del SA comprende la parte media de la nanocuenca, prácticamente no existen actividades de aprovechamiento en esta zona salvo terrenos de cultivo abandonados, evidencia de aprovechamientos pétreos, se observan residuos sólidos urbanos dispersos, así como evidencia de excretas de ganado vacuno, lo que deja en evidencia la existencia de libre pastoreo. Se observa vegetación predominante de especies herbáceas y arbustivas. |
| 3 | Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia | Preservación | Esta zona se localiza en la parte poniente, representa la zona alta de la nanocuenca, se observa como el área mejor conservada del SA. Se caracteriza por la presencia de vegetación arbórea de selva baja caducifolia en estado de recuperación avanzado, con estratos bien definidos y mayor diversidad de especies. Las actividades antrópicas son mínimas, observándose únicamente senderos de tránsito ocasional. No se detectaron evidencias |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | significativas de perturbación como residuos sólidos, erosión o libre pastoreo. |

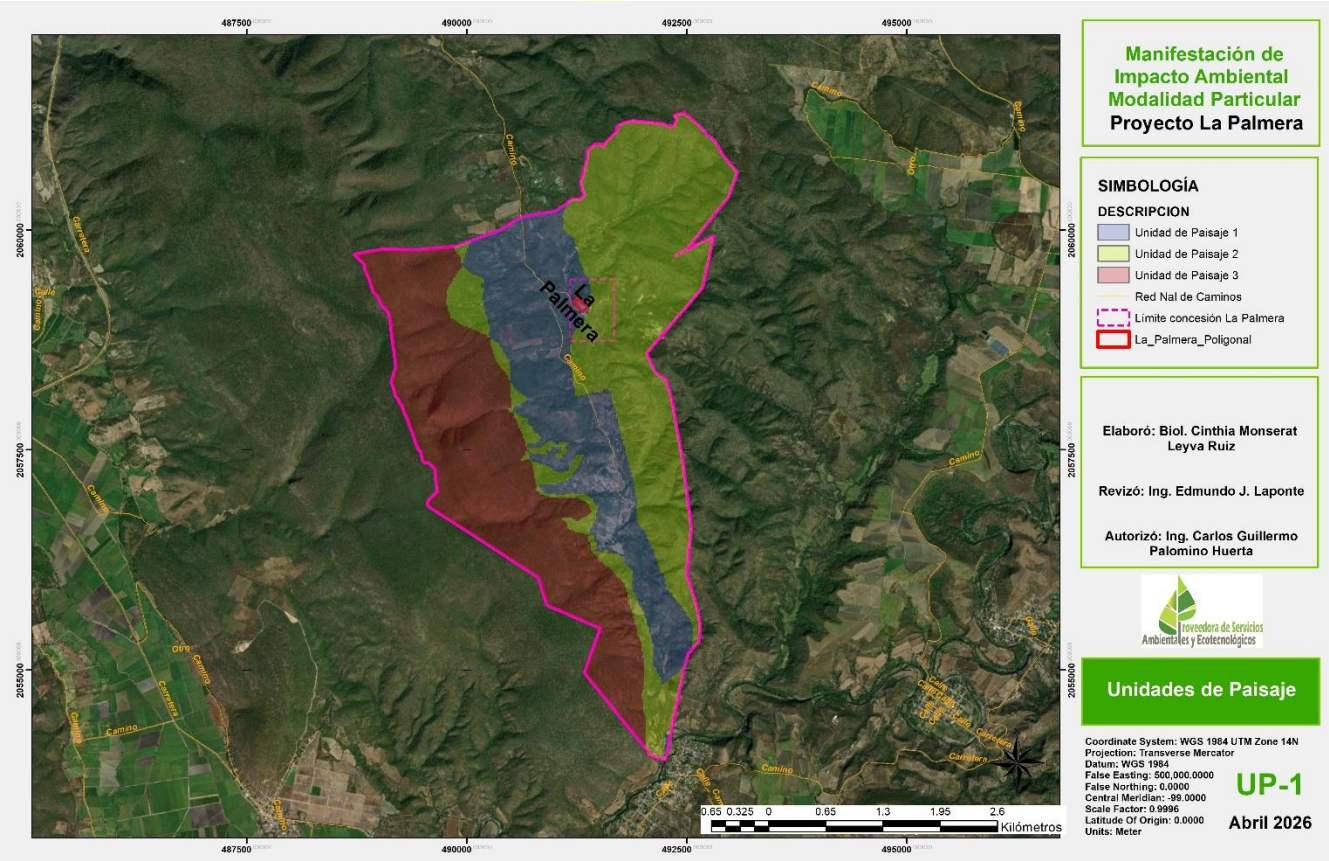



**Figura IV. 73 Unidades de paisaje.**

Valoración y Vulnerabilidad del Paisaje

Ambos conceptos corresponden a una apreciación cualitativa de las unidades territoriales definidas, cuyos rasgos se valoran de manera subjetiva.

La Calidad del Paisaje se entiende como la valoración del territorio a partir de sus elementos bióticos, abióticos y sus características. Sin embargo, es importante señalar que, al evaluar la calidad visual, el foco está únicamente en resaltar los aspectos estéticos o perceptivos del entorno.

La presencia o ausencia de dichos elementos define el nivel de importancia de cada unidad paisajística identificada. Aquellas con mayor diversidad o heterogeneidad, y con un bajo nivel de intervención humana, recibirán una puntuación más alta.

La Fragilidad del Paisaje se refiere al conjunto de propiedades del territorio vinculadas con su capacidad para resistir cambios en sus atributos escénicos ante posibles impactos externos a la unidad. En este sentido, un paisaje muy transformado por la acción humana mostrará una mayor resiliencia frente a perturbaciones externas, lo que se traduce en una fragilidad baja. En resumen, la fragilidad está relacionada con la capacidad de absorción del paisaje, siendo ambos conceptos inversamente proporcionales: a mayor fragilidad, menor capacidad de absorción; y a menor fragilidad, mayor capacidad de absorción.

Para estimar la fragilidad de cada unidad de paisaje se consideran cuatro factores, que se detallan a continuación:

- Biofísicos: La fragilidad más baja se presenta en zonas con vegetación densa, alta, con múltiples estratos y gran contraste cromático. También presentan baja fragilidad los sectores de pendientes suaves.
- Visualización: La fragilidad más alta corresponde a áreas más expuestas a la luz del observador (por ejemplo, laderas soleadas) y que ofrecen visuales cercanas y prolongadas.
- Singularidad: Se consideran más frágiles aquellos lugares próximos a elementos singulares (edificios, monumentos, parajes únicos o escasos, de valor tradicional o interés histórico).
- Accesibilidad: La fragilidad visual aumenta con la presencia potencial de observadores y con la frecuencia con que una zona es vista; por ello, es relevante la existencia de carreteras y la cercanía a núcleos poblados.

Evaluación de la Calidad Visual

Se realiza un análisis de la calidad visual mediante una adaptación de los métodos empleados por el USDA Forest Service (1974) y el Bureau of Land Management de Estados Unidos (1980). Esta adaptación asigna tres niveles de calidad visual a una selección de los componentes principales del paisaje.

**Tabla IV. 58 Calidad visual del paisaje.**

| Evaluación de la calidad visual | | | |
|---|---|---|---|
| Elemento Valorado | *Calidad Visual Alta (3) | *Calidad Visual Media (2) | *Calidad Visual Baja (1) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| (M) | Pendientes de más de un 30% estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos. | Pendientes entre 15 y 30% estructuras morfológicas con modelado suave u ondulado. | Pendientes entre 0 a 15% dominancia del plano horizontal de visualización ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual. |
| Morfología o Topografía | | 2 | |
| (F) | Presencia de fauna permanente en el punto de observación. | Presencia de fauna esporádica en el punto de observación | Ausencia de fauna en el punto de observación. |
| Fauna | | 2 | |
| (V) | Presencia de vegetación con dominancia visual. | Presencia de vegetación. | Ausencia de vegetación. |
| Vegetación | | 2 | |
| (FA) | Presencia de cuerpos de agua con significancia en la estructura global del paisaje. | Presencia de cuerpos de agua. | Ausencia de cuerpos de agua. |
| Formas de Agua | | | 1 |
| (AA) | Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas. | La calidad escénica esta modificada en menor grado por obras no añaden calidad visual. | Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica. |
| Acción Antrópica | | 2 | |
| (FE) | El paisaje circundante potencia e incrementa el conjunto. | El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del conjunto. | El paisaje circundante no ejerce influencia visual al conjunto. |
| Fondo Escénico | | 2 | |
| (VC) | Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo vegetación. roca y agua | Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante. | Muy poca variación de color contraste. colores homogéneos continuos. |
| Variabilidad Cromática | | 2 | |
| (S) | Paisaje único con riqueza de elementos singulares. | Característico pero similar a otros de la región. | Paisaje común inexistencia elementos únicos o singulares. |
| Singularidad o Rareza. | | 2 | |

$$Calidad\ Visual\ (CV): ((M) + (F) + (V) + (FA) + (AA) + (FE) + (VC) + (S)) / 8$$

*Alta = 3. Media = 2. Baja = 1*

**Tabla IV. 59 Rangos de calidad visual del paisaje.**

| Rango | Calidad Visual |
|---|---|
| 1.00 – 1.50 | Baja |
| 1.51 – 2.50 | Media |
| 2.51 – 3.00 | Alta |

Evaluación de la fragilidad visual

Se aplica un análisis de la fragilidad visual conforme al modelo general de fragilidad visual (Escribano et al., 1987). En este modelo, los paisajes o sus porciones se clasifican según una selección de componentes principales agrupados en cuatro factores, utilizando la siguiente escala valorativa:

**Tabla IV. 60 Evaluación de la Fragilidad visual del paisaje.**

| Factores | Elemento de Influencia | *Fragilidad Visual Alta (3) | *Fragilidad Visual Media (2) | *Fragilidad Visual Baja (1) |
|---|---|---|---|---|
| Biofísicos | (P) | Pendientes de más de un 30% terrenos con un dominio del plano vertical de visualización. | Pendientes entre 15 y 30%. Terrenos con modelado suave u ondulado. | Pendientes entre 0 a 15%. Terrenos con plano horizontal de dominancia visual. |
| | Pendiente | | 2 | |
| | (D) | Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrata herbácea. | Cubierta vegetal discontinuo. Dominancia de estrata arbustiva o arbórea aislada | Grandes masas boscosas. 100% de ocupación de suelo. |
| | Densidad (Vegetación) | 3 | | |
| | (C) | Vegetación monoespecífica escasez vegetacional. Contrastes poco evidentes | Diversidad de especies media con contrastes evidentes, pero no sobresalientes | Alto grado en variedad de especies. Contrastes fuertes gran estacionalidad de especias |
| | Contraste (Vegetación) | | 2 | |
| | (A) | Vegetación arbustiva o herbácea no sobrepasa los 2 m de altura. | No hay gran altura de las masas (-10 m) ni gran diversidad de estratos. | Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m. |
| | Altura (Vegetación) | 3 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Visualización | (TCV) | Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000 m). Dominio de los primeros planos. | Visión media (1000 a 4000 m) domino de los planos medios de visualización. | Visión de carácter lejano o a zonas distantes > a 4000m. |
| | Tamaño de la cuenca visual | | | 1 |
| | (FCV) | Cuencas alargadas generalmente unidireccionales en el flujo visual. | Cuencas irregulares mezcla de ambas categorías. | Cuencas regulares extensas generalmente redondeadas. |
| | Forma de la cuenca visual | 3 | | |
| | (Co) | Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales. | El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual. Pero en un bajo porcentaje | Vistas cerradas u obstaculizada. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual. |
| | Compacidad | 3 | | |
| Singularidad | (UP) | Paisaje singular notable con riqueza de elementos únicos y distintivos. | Paisaje de importancia visual pero habitual sin presencia de elementos singulares. | Paisaje común sin riqueza visual o muy alterada. |
| | Unicidad de paisaje | | 2 | |
| Accesibilidad | (V) | 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. |
| | Visual | 3 | | |

- *Alta*: Baja capacidad de absorción visual (3)
- *Media*: Capacidad de absorción visual moderada (2)
- *Baja*: Alta capacidad de absorción visual (1)

$$Fragilidad\ Visual\ (FV): (((P + D + C + A) / 4) + ((TCV + FCV + Co) / 3) + (UP) + (V))) / 4$$

*Alta = 3. Media = 2. Baja = 1*

**Tabla IV. 61 Rangos de fragilidad visual dle paisaje.**

| Rango | Fragilidad Visual |
|---|---|
| 1.00 – 1.50 | Baja |
| 1.51 – 2.50 | Media |
| 2.51 – 3.00 | Alta |

Clasificación de paisaje

Una vez evaluados, la calidad y la fragilidad visuales se determina a qué clase de paisaje corresponde cada unidad evaluada. La metodología fue adaptada del libro Visual Resource Classes and Objectives of Bureau of Land Management (2003).

De acuerdo con lo establecido por la BLM se define cuatro clases, las cuales son identificadas de acuerdo con la fragilidad y calidad visual de cada Unidad de Paisaje:

**Tabla IV. 62 Clase de paisaje.**

| | Categoría | Calidad Visual | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Alta | Media | Baja |
| Fragilidad Visual | Alta | II | II | II/III |
| | Media | II | III | IV |
| | Baja | III/IV | IV | IV |

A continuación, se detallan las cuatro clases de paisajes:

**Clase I:** El objetivo de esta categoría es preservar el carácter original del paisaje existente. Se prevé la existencia de cambios ecológicos naturales, lo que no limita la existencia o ejecución de actividades. El nivel de modificación de las características originales del paisaje puede ser bajo y no debe generar atracción al observador común. Esta clase no parece en la tabla ya que solo se le aplica a zonas especiales, la cuales son protegidas por su componente paisajístico.

**Clase II:** El objetivo de esta categoría es conservar el carácter del paisaje existente. El nivel de cambio de las características del paisaje debe ser bajo. Las actividades para realizar pueden generar modificaciones, las cuales no deben atraer la atención del observador casual. Cualquier cambio debe repetir o adaptarse a los elementos básicos de forma, línea, color y textura encontrada en las características de las formas naturales presentes en el paisaje.

**Clase III:** El objetivo de esta categoría es conservar parcialmente el carácter del paisaje existente. El nivel de cambio de las características del paisaje debe ser moderado. Las actividades a realizar pueden generar modificaciones, las cuales pueden atraer la atención del observador casual, las que, sin embargo, no deben ser dominantes. Los cambios realizados deben repetir los elementos característicos básicos encontrados en las formas naturales predominantes en el paisaje.

**Clase IV:** El objetivo de esta clase es servir para la ejecución de actividades que requieren de grandes modificaciones de las características del paisaje. El nivel de cambio de las características del paisaje puede ser alto. Las actividades para realizar pueden dominar el foco de atención del observador. De todos modos, deben existir intentos por minimizar los posibles efectos de las actividades, a través de una localización adecuada, minimización de los niveles de disturbio y repetición de elementos básicos.

***Resultados***

Calidad visual del sitio

Aplicando la adaptación del método USDA Forest Service / BLM (ocho elementos: topografía, fauna, vegetación, formas de agua, acción antrópica, fondo escénico, variabilidad cromática y singularidad), se obtuvo para la UP2 un valor de calidad visual (CV) de **1.88** (en una escala de 1 a 3), lo que corresponde a una categoría **Media** (rango 1.51 – 2.50).

Este resultado refleja que el paisaje del sitio presenta una diversidad moderada, con pendientes suaves a moderadas (15-30%), vegetación secundaria arbustiva con claros, presencia esporádica de fauna, ausencia de cuerpos de agua permanentes con significancia escénica, una acción antrópica evidente pero no dominante (cultivos abandonados, pastoreo), variabilidad cromática estacional (verde en lluvias, tonos pardos-grisáceos en sequía), y un paisaje característico de la región sin elementos únicos o singulares.

Fragilidad visual del sitio

Mediante el modelo de fragilidad visual de Escribano et al. (1987), que integra cuatro factores (biofísicos, visualización, singularidad y accesibilidad), se determinó para la UP2 un valor de fragilidad visual (FV) de **2.10** (escala 1 a 3), correspondiente a una categoría **Media** (rango 1.51 – 2.50). Esto indica una **capacidad de absorción visual moderada**: el paisaje puede soportar cambios sin pérdida severa de su valor escénico, siempre que las modificaciones no dominen la atención del observador.

Los principales factores que contribuyen a esta fragilidad media son:

- **Biofísicos**: pendientes entre 15-30%, cobertura vegetal arbustiva discontinua, contraste moderado, altura de masa vegetal inferior a 10 m.
- **Visualización**: cuenca visual de tamaño medio (1000-4000 m), forma irregular, vistas semiabiertas.
- **Singularidad**: paisaje de importancia visual pero habitual en la región, sin elementos singulares.
- **Accesibilidad**: visibilidad media ocasional a través de caminos rurales existentes; no hay núcleos poblados cercanos.

Clase de paisaje (BLM)

Combinando la calidad visual (media) y la fragilidad visual (media) en la matriz establecida por el Bureau of Land Management (BLM, 2003), el área del proyecto se clasifica como **Clase de Paisaje III**.
De acuerdo con la definición de la BLM, los objetivos y restricciones para esta clase son:

- **Objetivo**: Conservar parcialmente el carácter del paisaje existente.
- Nivel de cambio permitido: Moderado.
- **Atención del observador**: Las actividades pueden atraer la atención del observador casual, pero **no deben ser dominantes**.
- **Condiciones de diseño**: Cualquier modificación debe repetir o adaptarse a los elementos básicos de forma, línea, color y textura encontrados en las formas naturales predominantes del paisaje (en este caso, cerros de laderas suaves, manchones de vegetación arbustiva, colores terrosos y gris-verdosos).

Implicaciones para el diseño y operación del proyecto

Los resultados obtenidos (calidad visual media, fragilidad visual media y Clase III) han sido considerados en la definición de las características particulares del proyecto, especialmente en las siguientes medidas integradas en el diseño.

En congruencia con la Clase III, el proyecto no contempla elementos que pudieran dominar el paisaje (como grandes edificaciones, torres de iluminación alta, superficies reflectantes o cortes geométricos abruptos). La operación se ha diseñado con una huella visual acotada, aprovechando la topografía existente y la vegetación remanente como filtros visuales naturales.

***Conclusión***

El análisis demuestra que el sitio del proyecto presenta atributos paisajísticos de valor medio, con capacidad de absorción moderada frente a cambios. El diseño adoptado, respetuoso de las condiciones de la Clase III, permitirá desarrollar la explotación de yeso y montmorillonita manteniendo un nivel de alteración paisajística **moderado y no dominante**, cumpliendo con los objetivos de conservación parcial del carácter del paisaje establecidos por la BLM y la normativa ambiental aplicable en el Estado de Morelos.

### IV.2.3 Medio socioeconómicos

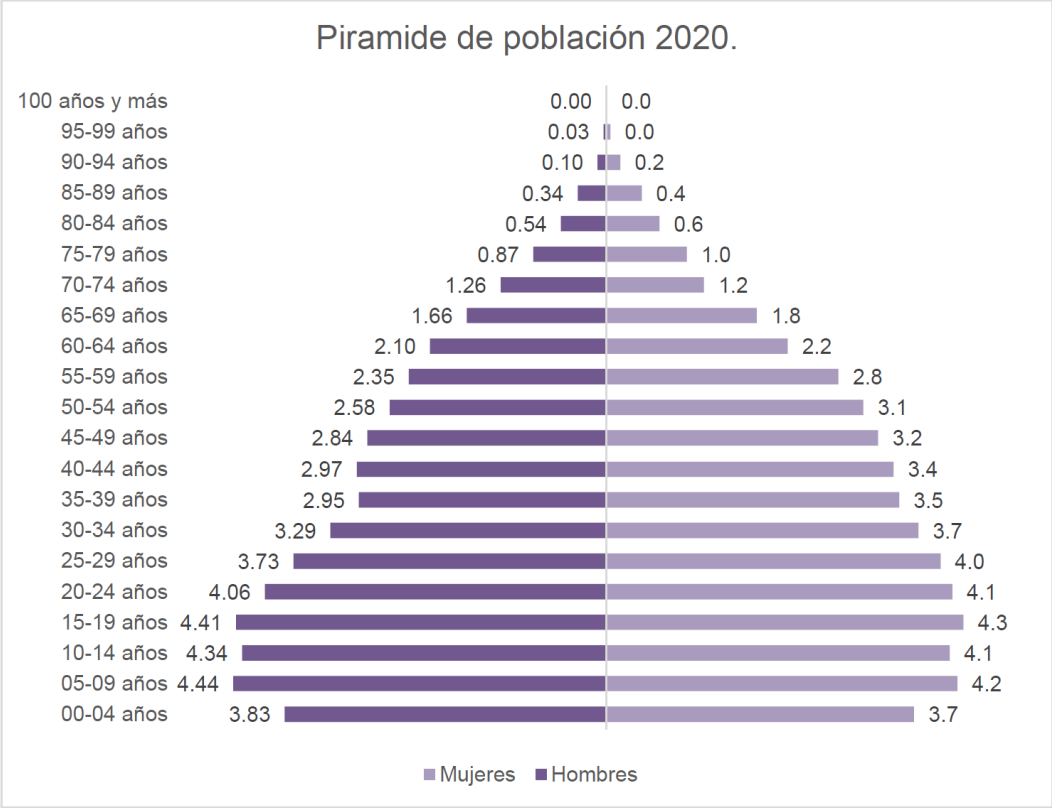
Conocer el contexto de una zona determinada nos permite comprender la relación de un proyecto respecto a las necesidades económicas y sociales, además contribuye a percibir los impactos que favorecen el desarrollo de este proyecto para estos factores.

El reporte de los datos descritos a continuación corresponde de manera general al municipio de Tlaltizapán de Zapata, debido a que no se encuentra información autentica del área de estudio.

#### *IV.2.3.1 Demografía*

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, el municipio cuenta con una población de 52,399 habitantes, cifra que representa 2.7% de la población de la entidad. Del total de habitantes, 26,874 son mujeres y 25,525 son hombres, representando 51.3% y 48.7% de la población total, respectivamente. Del total de la población 6 personas no mencionaron su edad, 2 hombres y 4 mujeres.

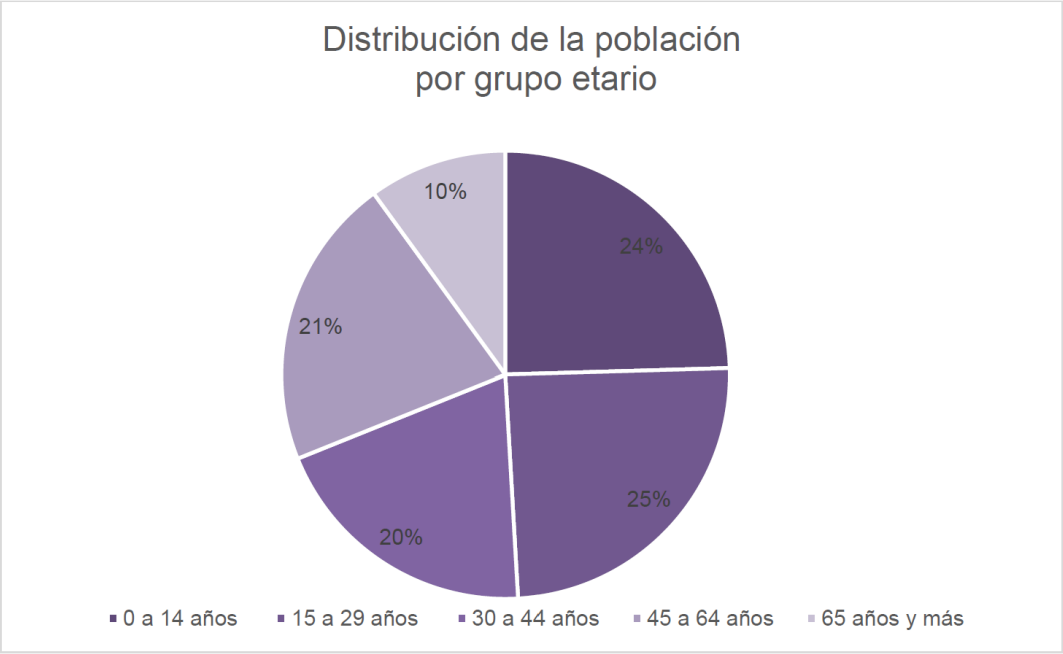
De acuerdo con el censo de Población y Vivienda 2020, el Municipio de Tlaltizapán de Zapata cuenta con una población de 52 399 de habitantes, del total de habitantes, 26 874 son mujeres y 25 525 son hombres, representando el 51% y 49% respectivamente (INEGI, 2020).




Fuente: Secretaría de Hacienda. Dirección General de Planeación e Información Estratégica /Secretaria Técnica del COESPO. Con datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020, INEGI.

**Figura IV. 74 Proporción de la población total por sexo perteneciente a Tlaltizapán de Zapata, Morelos.**

Como se aprecia en la gráfica de la Pirámide poblacional, los grupos etarios en donde hay una mayor concentración de hombres y mujeres son los que van de 5 a 19 años.



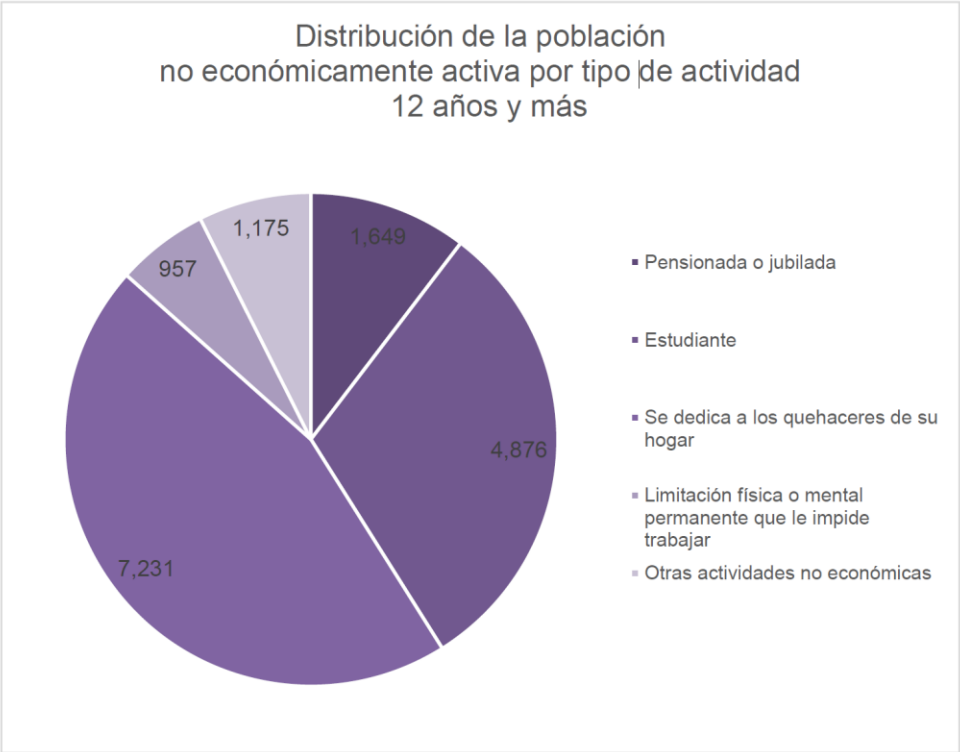

Fuente: Secretaría de Hacienda. Dirección General de Planeación e Información Estratégica /Secretaria Técnica del COESPO. Con datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020, INEGI.

**Figura IV. 75 Distribución poblacional de Tlaltizapán de Zapata, Morelos.**

***Población económicamente activa***

La población económicamente activa, se considera a las personas en edad de laborar que tuvieron vínculo con la actividad económica o que buscaron en la semana de referencia, por lo que se encontraban ocupadas o desocupadas.

En Tlaltizapán de Zapata la población económicamente activa asciende a 25, 999 personas que representa un 62% de la población de 12 años y más, distribuida en 10, 758 población femenina que representa el 41% y 15, 241 población masculina que representa el 59% de la población económicamente activa.




Fuente: Censos Económicos 2019/Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC).INEGI

**Figura IV. 76 Distribución poblacional de Tlaltizapán de Zapata, Morelos.**

***Impactos Demográficos del Proyecto "La Palmera"***

La evaluación de los impactos demográficos del Proyecto se realiza mediante indicadores que permiten medir alteraciones en la estructura, dinámica y distribución de la población del municipio de Tlaltizapán de Zapata, en particular de las localidades rurales cercanas al polígono del proyecto (Los Dormidos, Tlaquiltenango, y otras).

A continuación, se analizan los principales indicadores demográficos afectados por el proyecto en sus etapas de preparación del sitio, construcción de obras mineras, operación y abandono.

Variaciones en la población total y su relación con la población local

Datos base del municipio (2020):

- Población total: 52,399 habitantes.
- Población joven (0-29 años): 49% del total.

- Población económicamente activa (PEA): 25,999 personas (62% de la población ≥12 años).
- Grado de marginación municipal: **Bajo** (índice 56.37), pero con localidades rurales en grado **Muy bajo** a **Medio**.
- Población en situación de pobreza (2020): 59.1% (moderada 50.1%, extrema 8.9%).

Impacto estimado:

El proyecto generará una **alteración positiva, en la población ocupada local**, sin esperarse un incremento significativo en la población total del municipio debido a la baja magnitud del empleo directo (15 personas por turno en operación) y al carácter temporal de la obra (vida útil de 3 años).
No se prevé un crecimiento demográfico inducido similar al de grandes proyectos mineros, dado que la contratación privilegiará mano de obra local y servicios regionales existentes.

**Indicador:** Variación anual de la población municipal atribuible al proyecto: <0.1% (dentro del margen de error censal).

Empleos generados directos, indirectos e inducidos

Empleos directos (por etapa):

- **Exploración geológica, geofísica y perforación:** hasta 6 personas por campaña (temporal, ≤4 semanas).
- Preparación del sitio y construcción de obras mineras: 10-12 personas (temporal, 3 meses).
- **Operación minera (extracción y carga a pie de camión):** 15 personas por turno (un turno diurno, 330 días/año).
- Mantenimiento y servicios auxiliares: 3-5 personas adicionales.

Empleos indirectos (estimados):

- Transporte externo del mineral: 5-8 empleos eventuales.
- Suministro de agua por pipa, sanitarios portátiles, combustible y alimentos: 4-6 empleos locales.
- Mantenimiento de equipos y repuestos: 2-3 empleos regionales.

Empleos inducidos (efecto multiplicador):

- Comercio y servicios locales (comedores, hospedaje, tiendas): estimación de 5-10 empleos adicionales.

Resumen de empleo generado:

**Tabla IV. 63 Empleos generados.**

| Concepto | Número de empleos (máximo) | Duración |
|---|---|---|
| Directos (operación) | 15-18 | 3 años |
| Indirectos | 10-15 | Variable |
| Inducidos | 5-10 | Variable |
| Total estimado | 30-43 empleos | Mayoritariamente temporal |

**Indicador:** Relación empleos directos / población ocupada municipal (4,108 personas según Censos Económicos 2019): aproximadamente **0.4%**. Impacto moderado pero significativo en localidades rurales de alta marginación.

Número de individuos y/o viviendas afectadas por emisiones de ruido y contaminación atmosférica

Ruido:

- Las viviendas más cercanas se ubican a **>800 m** del límite del predio.
- Niveles de ruido proyectados en el límite de la propiedad: ≤68 dB(A) diurno (dentro de la NOM-081-SEMARNAT-1994 para zona industrial).
- En viviendas a 800 m: nivel previsto **<50 dB(A)**, inferior al límite de 55 dB(A) para área residencial diurna.

Población afectada por ruido:

- Ninguna vivienda dentro de la isóbara de 55 dB(A). **Cero personas afectadas** por niveles perjudiciales para la salud o el descanso.

Contaminación atmosférica (polvo y partículas):

- Fuentes: polvo fugitivo de caminos no pavimentados y equipos de excavación/carga.
- Medidas de control: riego de caminos (pipas), límite de velocidad (≤30 km/h), cabinas cerradas.
- La comunidad más cercana (800 m) no se encuentra en la dirección predominante del viento (NE-SO).
- Modelación preliminar indica que las PM10 y PM2.5 en el límite del predio cumplirán la NOM-025-SEMARNAT-2021.

**Indicador:** Población expuesta a niveles superiores a los límites normativos: **0 habitantes**.

Impacto del proyecto en el favorecimiento de la inmigración

Factores que limitan la inmigración:

- Escala reducida del proyecto (solo 1.0982 ha afectadas).
- Empleos directos limitados (15-18 puestos).
- Duración corta (3 años de operación).
- Inexistencia de campamento permanente (solo campamento itinerante diurno).
- Vivienda de los trabajadores: se espera que sea suministrada por los propios trabajadores en localidades existentes (Los Dormidos, Tlaquiltenango, Tlaltizapán), sin construcción de nuevas viviendas.

Factores que podrían inducir inmigración:

- Contratación de personal especializado no disponible localmente (geólogos, perforistas, mecánicos de maquinaria pesada). Se estima **2-4 personas** foráneas como máximo.
- Posible atracción de pequeños proveedores de servicios (mantenimiento de equipos, transporte de agua, comedores), pero sin cambio significativo en la estructura demográfica.

Conclusión sobre inmigración:
Se prevé un **flujo migratorio nulo o insignificante** hacia el municipio. La contratación priorizará mano de obra local y de localidades vecinas (Tlaquiltenango, Yautepec, Zacatepec), que ya cuentan con oferta de vivienda y servicios. No se generará presión sobre la vivienda, la infraestructura educativa o los servicios de salud municipales.

**Indicador:** Saldo migratorio neto atribuible al proyecto: **<0.05%** de la población municipal anual.

Alteraciones en la estructura por edad y sexo

Empleos por sexo (estimación):

- El proyecto no tendrá restricciones de género. En operaciones mineras de cantera, tradicionalmente la mano de obra ha sido predominantemente masculina (>90%).
- Impacto potencial: ligera sobrerrepresentación de hombres en el grupo de edad de 25-55 años durante la operación.

Empleos por edad:

- Se favorecerá a la población económicamente activa local (PEA de 25,999 personas, de las cuales 59% son hombres).
- Podría reducir temporalmente el desempleo abierto y la subocupación en el sector rural.

**Indicador:** Tasa de participación laboral masculina en el rango 25-55 años: incremento marginal (<0.5% a nivel municipal).

Impacto sobre la población en situación de pobreza y vulnerabilidad

Datos base municipal (CONEVAL 2020):

- Pobreza: 59.1% (moderada 50.1%, extrema 8.9%).
- Vulnerable por carencias sociales: 20.3%.
- Rezago educativo: 16.1%.

Beneficios potenciales:

- Generación de empleos formales (con acceso a seguridad social IMSS) para población en situación de pobreza moderada.
- Dinamización de la economía local (comercio, transporte, servicios) en localidades de marginación **Muy baja** a **Baja** (Tlaltizapán cabecera, Ticumán, Temilpa Viejo, etc.).

Riesgos:

- Los beneficios serán limitados y concentrados en un número reducido de familias, sin capacidad de reducir significativamente los indicadores municipales de pobreza.

**Indicador:** Reducción estimada del porcentaje de pobreza municipal: **<0.2%** , dado el bajo número de empleos generados en relación con la población total.

Impacto sobre la población hablante de lengua indígena y afrodescendiente

Datos base:

- Hablantes de lengua indígena en Tlaltizapán: 572 personas (1.14% de la población).
- Población que se autorreconoce afrodescendiente: 433 personas (0.8%).

Impacto estimado:

- El proyecto no contempla medidas específicas para estos grupos, pero tampoco generará desplazamiento físico ni afectación a sus territorios.
- La contratación deberá respetar el principio de no discriminación, pero es probable que la mano de obra contratada refleje la composición étnica del municipio (mayoritariamente mestiza).

**Indicador:** Proporción de trabajadores pertenecientes a grupos étnicos: se recomienda monitoreo voluntario, pero no se prevé afectación diferencial.

Impacto sobre hogares y jefatura de familia

Datos base:

- Hogares totales: 15,158 (33% con jefatura femenina, 67% masculina).
- Edad promedio de jefes de familia: 35-54 años.

Impacto estimado:

- Los empleos generados (mayoritariamente en operación minera) podrían beneficiar a hogares.
- Se implementarán políticas de contratación inclusiva para mujeres en roles operativos y administrativos, a fin de equilibrar el impacto por género.

**Indicador:** Variación en la tasa de ocupación por sexo del jefe de hogar en localidades cercanas: potencialmente +2-3% para hogares con jefe varón.

Resumen de indicadores demográficos afectados

**Tabla IV. 64 Tabla de indicadores.**

| Indicador | Valor estimado / Efecto | Magnitud |
|---|---|---|
| Variación población total municipal | Incremento <0.1% | Insignificante |
| Empleos directos generados | 15-18 | Baja |
| Empleos indirectos + inducidos | 15-25 | Baja |
| Población afectada por ruido >55 dB(A) | 0 | Nula |
| Población afectada por contaminación del aire (excediendo norma) | 0 | Nula |
| Inmigración neta inducida | <10 personas/año | Insignificante |
| Cambio en estructura por edad/sexo | Leve sobrerrepresentación masculina (25-55 años) | Marginal |
| Reducción de pobreza municipal | <0.2% | Insignificante |

| | | |
|---|---|---|
| Afectación a población indígena o afrodescendiente | Nula (sin desplazamiento) | Nula |
| Presión sobre vivienda y servicios | Nula (sin construcción de vivienda nueva) | Nula |

***Conclusión general sobre impactos demográficos.***

El Proyecto "La Palmera" generará **impactos demográficos positivos,** concentrados en la creación temporal de empleo directo e indirecto para la población local, sin inducir cambios significativos en la estructura, dinámica o distribución de la población del municipio de Tlaltizapán de Zapata. No se prevén afectaciones negativas por ruido, contaminación atmosférica, inmigración descontrolada, presión sobre vivienda o servicios públicos, ni desplazamiento de población.

Los principales beneficios demográficos serán locales y acotados a las comunidades rurales cercanas al proyecto (Los Dormidos, Tlaquiltenango), donde la generación de empleo formal podría contribuir a reducir temporalmente la pobreza moderada y la subocupación, sin generar los impactos negativos típicos de proyectos mineros de mayor escala (como los observados en minería metálica con presas de jales o lixiviación con cianuro).

### IV.2.4 Factores socioculturales

#### *IV.2.4.1 Valor cultural y usos tradicionales del sitio:*

De acuerdo con la verificación en campo y los antecedentes del proyecto, en las comunidades vecinas (principalmente del ejido de Tlaquiltenango y la localidad de Los Dormidos) se realizan **actividades de agostadero o pastoreo informal** (ganadería de libre pastoreo). Esta actividad forma parte de las formas de vida tradicionales en el medio rural del municipio, donde la ganadería extensiva (bovina, equina, porcícola) y la agricultura de temporal (huertos frutales, maíz forrajero) son prácticas comunes.

Modificaciones esperadas:

- No se identifican otras formas de vida tradicional (recolección, caza de subsistencia, ceremonias, etc.) ligadas específicamente a ese predio, según la línea base presentada.

**Indicador:** Superficie con cambio de uso de suelo que afecta prácticas tradicionales = **1.0982 ha** (0.00046% del territorio municipal de 238.5 km²).

Número y valor de elementos del patrimonio histórico-artístico y cultural afectados

Inventario de elementos:

- El proyecto no identifica, dentro del polígono de 1.0982 ha, ningún elemento del patrimonio histórico, artístico o cultural (monumentos, sitios arqueológicos, edificios con valor patrimonial, arte rupestre, etc.).
- En los alrededores existen **trabajos mineros históricos** (de más de 26 años), pero corresponden a labores previas no atribuibles al proyecto y no están catalogados como patrimonio protegido por la legislación aplicable (Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos).
- No se menciona la presencia de bienes comunales o ejidales con valor simbólico o ceremonial dentro del área a intervenir.

Valoración:

Ningún elemento patrimonial será afectado. Por lo tanto, el número de elementos afectados = 0 y el valor económico o cultural de dichos elementos = No aplica.
**Indicador:** Número de inmuebles con valor patrimonial afectados = **0**.

***Intensidad de uso actual del predio por comunidades vecinas (esparcimiento, reunión u otros)***

Usos detectados:

- **Pastoreo informal (agostadero):** Los animales (bovinos, equinos, caprinos) ingresan al predio para alimentarse de la vegetación secundaria. Los ganaderos locales acompañan a sus animales o los dejan en libre pastoreo durante el día.
- **No se reportan usos recreativos o de reunión comunitaria** (áreas de picnic, juegos, ceremonias, asambleas) dentro del polígono. Tampoco se mencionan caminos internos utilizados por peatones o ciclistas como zona de esparcimiento.

Frecuencia estimada:

Con base en las prácticas de ganadería extensiva en la región, el pastoreo ocurre **diariamente o al menos 5-6 días por semana**, principalmente durante las horas diurnas. La intensidad de uso es **alta para la actividad ganadera**, pero **nula para esparcimiento o reunión social**.

**Indicador:** Días por semana de uso del predio por la comunidad = **6-7 días/semana** (pastoreo); **0 días/semana** para esparcimiento o reunión.

Indicadores del sector primario (agrícola, ganadero, forestal, pesquero)

Porcentaje de superficie que cambiará su uso de suelo

- **Superficie total del proyecto:** 1.0982 ha (dentro de concesión de 35 ha).
- **Uso actual:** Selva baja caducifolia secundaria (verificado en campo), con uso ganadero extensivo (pastoreo).
- **Nuevo uso:** Minería a cielo abierto (extracción de yeso y montmorillonita) y áreas asociadas (patios de acopio, caminos internos, obras de drenaje).
- **Superficie forestal afectada:** 1.0982 ha (se tramitará autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales ante SEMARNAT).

**Indicador:** Porcentaje de cambio de uso = **100% de la superficie del proyecto** (1.0982 ha). En relación con la superficie municipal total (238.5 km²): **0.0046%**.
En relación con la superficie de pastizales y selva baja del municipio: insignificante.

Variación de la productividad y calidad de la producción agropecuaria

Productividad ganadera actual:

El predio se utiliza para pastoreo de bajo rendimiento (vegetación secundaria perturbada, con baja capacidad de carga animal). No se trata de praderas cultivadas ni de cultivos agrícolas.

Efecto del proyecto:

- Pérdida de aproximadamente 1.1 ha de superficie de pastoreo (irregular).
- Dado que el municipio cuenta con amplias áreas de pastizal inducido y selva baja para la ganadería (según INEGI), el impacto en la **productividad ganadera regional es despreciable** (<0.1% de la superficie de pastoreo disponible).
- No se afectan cultivos agrícolas (maíz, frutales, forraje) porque no existen dentro del polígono del proyecto.
-

**Indicador:** Reducción estimada de la producción de biomasa forrajera = **<0.05%** de la oferta forrajera municipal.

Limitaciones a actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias

- **Pesca y acuacultura:** No existen cuerpos de agua superficiales permanentes dentro del predio. La corriente intermitente colindante al poniente no es utilizada para pesca comercial o de subsistencia (caudal estacional, sin especies de importancia económica).
- **Agropecuarias:** El cerco perimetral impedirá el acceso del ganado al área del proyecto, aunque es una actividad no regulada, los animales podrán pastorear en el resto de la concesión (35 ha) y en terrenos vecinos. No se afectan sistemas de riego, bordos, o abrevaderos.
- **Agricultura:** No se desviarán canales de riego ni se afectarán parcelas agrícolas.

**Indicador:** Superficie agrícola de riego o temporal afectada = **0 ha**. Número de pescadores o acuicultores afectados = **0**.

Indicadores del sector secundario (construcción, industria, servicios)

Número de trabajadores en la obra por etapa

**Tabla IV. 65 Trabajadores por etapa.**

| Etapa | Duración | Trabajadores directos (promedio) |
|---|---|---|
| Exploración (geología, geofísica, perforación) | ~4 meses | 5-6 (intermitente) |
| Preparación del sitio y construcción de obras mineras | ~3 meses | 10-12 |
| Operación minera | 3 años | 15-18 (por turno diurno) |
| Mantenimiento | continuo | 3-5 |
| Abandono y restauración | ~6 meses | 6-8 |

**Indicador:** Pico de trabajadores directos = **18 personas**.

Trabajadores indirectos (transporte, mantenimiento externo, suministros) = **10-15 adicionales**.

Demanda y tipo de servicios de los trabajadores incorporados en cada etapa

Servicios básicos requeridos:

- Alimentación: comedor móvil en sitio (se evitará que los trabajadores consuman en comunidades cercanas durante el horario laboral, pero fuera de horario sí).
- Hospedaje: No se construye campamento permanente. Los trabajadores foráneos (muy pocos) se hospedarán en hoteles o rentarán cuartos en Tlaltizapán, Tlaquiltenango o Yautepec.
- Transporte: Uso de vehículos particulares o transporte colectivo local para llegar al sitio del proyecto.
- Servicios sanitarios: Portátiles ecológicos (Sanirent EcoPlus 300), sin descarga al suelo.
- Combustible y lubricantes: Se abastecerán en gasolineras de la cabecera municipal o en Tlaquiltenango.
- Mantenimiento de equipos: Talleres locales (mecánica, soldadura, electricidad) podrían ser contratados.

Demanda estimada por etapa:

- **Exploración:** baja (solo 6 personas, servicios ocasionales).
- **Construcción:** demanda moderada de hospedaje (si hay personal externo), alimentación y lavandería.
- **Operación:** demanda continua de suministros (agua, alimentos, refacciones), pero al ser personal predominantemente local, la presión sobre servicios de hospedaje es baja.

**Indicador:** Número de pernoctas de trabajadores foráneos en la zona = **<500 noches/año** (estimado para 2-4 personas foráneas × 250 días laborales).

Incremento en la actividad comercial de las comunidades vecinas

Comunidades beneficiadas:

- Tlaltizapán de Zapata (cabecera, 15,158 hogares, 906 unidades económicas dedicadas al comercio).
- Tlaquiltenango (colindante al sur, con comercio y servicios).
- Localidad de Los Dormidos (pequeña, sin datos desagregados).

Efectos esperados:

- Incremento en la venta de alimentos preparados, bebidas, abarrotes y refacciones automotrices.
- Mayor demanda de hospedaje eventual (si bien limitada).

- Contratación de servicios de limpieza, vigilancia, transporte de agua y manejo de residuos.

Magnitud:

Dada la escala pequeña (gasto operativo anual de ~206,275 USD, de los cuales una parte se queda local), el **incremento en la actividad comercial municipal será bajo pero perceptible** en los establecimientos cercanos a la ruta de acceso. Se estima un **aumento del 0.5% al 1% en las ventas del comercio minorista** de Tlaltizapán durante la fase de operación, según modelos de proyectos similares.

**Indicador:** Incremento porcentual en unidades económicas dedicadas al comercio (servicios de alimentos, hospedaje, mantenimiento) en un radio de 10 km = **+1 a 3 nuevos establecimientos o empleos** en el primer año de operación (cualitativo).

Conclusión sobre factores socioculturales

El Proyecto "La Palmera" se localiza en una zona rural con **baja densidad de población y usos tradicionales limitados** (principalmente pastoreo informal). La superficie afectada es muy reducida (1.0982 ha) y no contiene patrimonio cultural protegido. La principal alteración sociocultural será la **restricción del acceso para el pastoreo no regulado en esa fracción**. No se prevén modificaciones sustanciales en las formas de vida tradicionales ni en la cohesión social.

En el sector primario, los impactos son mínimos y localizados. En el sector secundario, el proyecto generará una **pequeña pero positiva dinamización del comercio y los servicios locales**, con una demanda moderada de mano de obra y servicios auxiliares. La magnitud de estos efectos es acorde con la escala del proyecto y no representa una transformación estructural de la economía municipal.

## IV.3 Diagnóstico ambiental

Con base en la caracterización y análisis del sistema ambiental desarrollado en el apartado IV.2, y siguiendo los criterios de valoración establecidos (normativos, diversidad, rareza, naturalidad, grado de aislamiento, calidad y fragilidad), se presenta a continuación la integración, interpretación y síntesis del inventario ambiental. El objetivo es identificar las tendencias de deterioro natural, el grado de conservación del área de estudio y los puntos críticos que pudieran verse modificados por el proyecto, así como establecer una línea base ambiental homogénea que sirva como referencia para la evaluación de impactos y el diseño de medidas de mitigación.

### IV.3.1 Integración e interpretación del inventario ambiental

La integración de los componentes abióticos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos descritos en el capítulo IV permite construir una visión holística del estado actual del Sistema Ambiental de Referencia (SA), el cual abarca una superficie de 1,585.45 hectáreas definida por criterios hidrológicos (microcuenca Lorenzo Vázquez), normativos (UGA 350 de Restauración) y de cobertura vegetal.

#### *IV.3.1.1 Aspectos abióticos: un medio físicamente funcional, pero con déficit hídrico y suelos frágiles.*

El clima cálido subhúmedo (Awo) con precipitación media anual de 881.2 mm y una marcada estación seca condiciona fuertemente la disponibilidad de agua y la productividad primaria. La temperatura media anual de 23.8 °C y las máximas extremas de hasta 49 °C generan un estrés hídrico significativo, especialmente en las zonas de lomerío y sierra, donde los suelos son predominantemente Leptosoles réndzicos (28.44% del SA) y Kastanozems cálcicos lúvicos (58.33%). Los Leptosoles, someros y muy susceptibles a la erosión, representan una restricción edáfica importante; su presencia en pendientes pronunciadas (>15-30%) incrementa el riesgo de degradación por prácticas de pastoreo no regulado y por cualquier actividad que remueva la cobertura vegetal. Por el contrario, los Chernozems y Phaeozems asociados (13.23%) presentan mayor profundidad y fertilidad, aunque suelen estar ocupados por agricultura de temporal o pastizal inducido.

Desde el punto de vista hidrológico, el predio del proyecto se ubica en una zona con escurrimientos intermitentes que fluyen hacia el río Yautepec (a 7.6 km) y el río Cuautla (a 6.07 km). No existen cuerpos de agua permanentes dentro del polígono. Sin embargo, el acuífero Cuautla-Yautepec presenta un déficit de -0.71 $hm^3$/año (CONAGUA, 2023), lo que indica un estrés hídrico subterráneo. La profundidad al nivel estático en el área del proyecto se estima entre 400 y 500 m, lo que inviabiliza cualquier afectación directa al acuífero por excavaciones someras (profundidad máxima del tajo de 80 m). Aun así, la recarga natural es un servicio ecosistémico crítico en la microcuenca, y cualquier alteración de la infiltración o de los patrones de escorrentía debe ser cuidadosamente gestionada.

#### *IV.3.1.2 Aspectos bióticos: un mosaico de vegetación secundaria perturbada con relictos de valor ecológico*

El SA presenta una cobertura dominada por selva baja caducifolia secundaria en distintos estados sucesionales, intercalada con pastizal inducido y agricultura de temporal. La verificación en campo determinó que el polígono del proyecto (1.0982 ha) corresponde en su totalidad a selva baja caducifolia secundaria arbórea y arbustiva, con una densidad de 953 ind/ha en el estrato arbóreo y 1,712 ind/ha

en el arbustivo. Las especies *Acacia bilimekii* (endémica de México) y *Acacia cochliacantha* dominan claramente el estrato arbóreo (IVIE de 107.23 y 80.82, respectivamente), mientras que *Chromoleana* sp. y *Dalea foliolosa* dominan el arbustivo. La diversidad calculada mediante el índice de Shannon-Wiener es baja a media (H' arbóreo = 1.465, H' arbustivo = 1.376, H' herbáceo = 1.594), reflejando un estado de perturbación moderada a alta, con presencia de la especie exótica invasora *Melinis repens* en el estrato herbáceo.

El inventario faunístico potencial (160 especies de vertebrados) incluye 7 anfibios, 27 reptiles, 91 aves y 35 mamíferos. Destaca la presencia de 10 especies herpetofaunísticas, 5 aves y 4 mamíferos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre ellas, *Ctenosaura pectinata* (iguana de cola espinosa), *Heloderma horridum* (lagarto de chaquira), *Leopardus wiedii* (tigrillo) y *Lepnonycteris nivalis* (murciélago magueyero mayor) se encuentran en categoría de Amenazada (A) o Peligro de Extinción (P). La presencia de estas especies, aunque potencial y no confirmada en el polígono inmediato, indica que el área de estudio, especialmente las sierras de laderas escarpadas al poniente (Unidad de Paisaje 3), funciona como un corredor biológico que conecta con la Reserva Estatal Sierra Monte Negro.

#### *IV.3.1.3 Paisaje: calidad visual media y fragilidad media, con capacidad de absorción moderada*

La evaluación del paisaje, realizada mediante adaptación de la metodología BLM y el modelo de fragilidad de Escribano et al. (1987), clasificó el área del proyecto (UP2) como Clase de Paisaje III. Esto implica una calidad visual media (CV = 1.88) y una fragilidad visual media (FV = 2.10), lo que se traduce en una capacidad de absorción visual moderada. El paisaje actual, dominado por lomeríos típicos (48.44% del SA) y sierras de laderas escarpadas (51.47%), presenta un mosaico de vegetación secundaria, claros por pastoreo y manchones de agricultura. No existen elementos singulares ni patrimonio arquitectónico protegido dentro del polígono, pero sí una percepción de ruralidad y cierto grado de intervención antrópica (caminos, tendidos eléctricos, residuos sólidos dispersos). La presencia de observadores potenciales es baja, limitada a pobladores locales y transeúntes de caminos rurales.

#### *IV.3.1.4 Medio socioeconómico: marginación baja a nivel municipal, pero pobreza y dependencia de actividades primarias*

El municipio de Tlaltizapán de Zapata presenta una población de 52,399 habitantes (2020), con un grado de marginación bajo a nivel municipal, pero con localidades rurales (Los Dormidos, Temilpa Viejo) que presentan carencias sociales más agudas. La pobreza afecta al 59.1% de la población (moderada 50.1%, extrema 8.9%). La Población Económicamente Activa (PEA) es de 25,999 personas (62% de la

población ≥12 años), con una fuerte dependencia del sector primario (agricultura de temporal, ganadería extensiva) y de servicios. El predio del proyecto es utilizado actualmente para pastoreo informal (agostadero) y no se identificaron usos recreativos, ceremoniales o de recolección con valor cultural. No existen bienes patrimoniales afectados, pero sí una percepción de que el área ha sido históricamente intervenida por actividades mineras (trabajos antiguos de más de 26 años) y agropecuarias.

#### *IV.3.1.5 Tendencias de deterioro y puntos críticos preexistentes*

La integración de los componentes permite identificar las siguientes tendencias de deterioro y puntos críticos en el SA, independientemente del proyecto:

1. **Erosión de suelos** en laderas y lomeríos con pendientes >15%, exacerbada por el sobrepastoreo y la falta de prácticas de conservación.
2. **Fragmentación y perturbación de la selva baja caducifolia**, con presencia de especies secundarias e invasoras (*Melinis repens*), reducción de la diversidad y pérdida de conectividad ecológica, especialmente en la porción baja de la microcuenca (UP1 y UP2).
3. **Déficit de disponibilidad de agua** en el acuífero Cuautla-Yautepec, con extracciones que superan la recarga, lo que limita cualquier nueva concesión para usos industriales intensivos.
4. **Contaminación difusa** por residuos sólidos urbanos dispersos (plásticos, vidrio, escombros) en caminos y áreas de pastoreo, así como evidencia de cacería furtiva (casquillos).
5. **Alta vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos** como sequías recurrentes (clasificación muy alta a alta en el sur y este del municipio) e inundaciones en la planicie aluvial del río Yautepec (aunque el proyecto se ubica fuera de esa zona).
6. **Presión antrópica creciente** por la expansión de la frontera agropecuaria y la falta de regulación del pastoreo en terrenos de vocación forestal.

El polígono del proyecto se inserta en la zona de lomerío típico (UP2), caracterizada por una vegetación secundaria arbustiva en estado regular, suelos Kastanozem/Leptosol con signos de compactación por ganado, y presencia de caminos rurales existentes. No se detectaron relictos de vegetación primaria ni especies de flora amenazada dentro del polígono, aunque sí en las colindancias de la sierra (UP3). El grado de conservación general del SA es **regular a bajo**, con una clara tendencia a la degradación si no se implementan medidas de manejo sustentable.

### IV.3.2 Síntesis de inventario (unidades homogéneas)

Con base en la superposición de las capas temáticas de topoformas, uso de suelo y vegetación (verificado en campo), política ambiental (POE Morelos), unidades de paisaje y fragilidad visual, se definieron tres unidades ambientales homogéneas dentro del SA. Estas unidades constituyen la síntesis del inventario y permiten una evaluación diferenciada de impactos.

### *IV.3.2.1 Unidad Homogénea 1 (UH-1): Sierra de laderas escarpadas con vegetación arbórea secundaria y política de preservación.*

- **Extensión:** ~820 ha (51.5% del SA).
- **Localización:** Porción poniente y norponiente del SA, correspondiente a las estribaciones de la Sierra Temilpa-Palo Grande.
- Características:
  - **Topoforma:** Sierra de laderas escarpadas (pendientes >30%, a menudo >45%).
  - **Altitud:** 1,100 a 1,450 msnm.
  - **Geología:** Calizas del Cretácico Superior (Ks(cz)) y lutita-arenisca (Ks(lu-ar)).
  - **Suelos:** Leptosoles réndzicos (LPrz) y Kastanozems cálcicos lúvicos (KScc-lv), someros y muy susceptibles a la erosión.
  - **Vegetación:** Selva baja caducifolia secundaria arbórea en estado de conservación regular a bueno. Presencia de especies como *Acacia bilimekii*, *Haematoxylum brasiletto*, *Bursera fagaroides*. Mayor diversidad y cobertura que en otras unidades.
  - Política ambiental (POE): Preservación.
  - **Paisaje:** Calidad visual media-alta, fragilidad visual alta (Clase II o III). Zona de alta percepción visual desde las partes bajas.
  - **Fauna:** Corredor biológico potencial para especies de interés (*Leopardus wiedii*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Ctenosaura pectinata*). Alta probabilidad de presencia de aves rapaces y murciélagos.
  - **Problemática preexistente:** Baja, pero con evidencia de pastoreo esporádico y cacería furtiva. Sin residuos sólidos significativos.
- **Valoración ecológica: Alta a media**. Funciona como área de recarga hídrica, reservorio de biodiversidad y regulador del microclima. Debe ser prioritaria para la conservación.

### *IV.3.2.2 Unidad Homogénea 2 (UH-2): Lomerío típico con vegetación arbustiva secundaria y política de protección-restauración.*

- **Extensión:** ~768 ha (48.4% del SA).
- **Localización:** Porción central y oriente del SA, donde se ubica el polígono del proyecto.

- Características:
  - **Topoforma:** Lomerío típico (pendientes suaves a moderadas, 5-15% hasta >15% en algunos sectores).
  - **Altitud:** 890 a 1,100 msnm.
  - **Geología:** Lutita-arenisca (Ks(lu-ar)) y conglomerados del Paleógeno (Ti(cg)).
  - **Suelos:** Kastanozems cálcicos lúvicos (KScc-lv) y Phaeozems cálcicos (PHca), con presencia de Leptosoles en laderas más pronunciadas. Suelos más profundos, pero con signos de compactación por pastoreo.
  - **Vegetación:** Selva baja caducifolia secundaria arbustiva, con claros y pastizal inducido. Dominancia de *Chromoleana* sp., *Dalea foliolosa*, *Acacia cochliacantha* y *Acacia farnesiana*. Presencia de la exótica *Melinis repens*. Densidad arbórea menor que en UH-1.
  - **Política ambiental (POE):** Restauración (UGA 350) y Protección-Restauración (UGA 329).
  - **Paisaje:** Calidad visual media, fragilidad visual media (Clase III). Capacidad de absorción visual moderada.
  - **Fauna:** Especies adaptadas a ambientes perturbados: Aspidoscelis costatus, Iguana iguana, Crotalus culminatus, aves como Caracara plancus y Tyrannus melancholicus. Probable presencia de mamíferos pequeños (Sylvilagus cunicularius, Didelphis virginiana).
  - **Problemática preexistente: Alta**. Pastoreo extensivo no regulado, erosión laminar, residuos sólidos urbanos dispersos, evidencia de cacería (casquillos), caminos rurales no pavimentados con generación de polvo. Es la unidad con mayor presión antrópica.
- **Valoración ecológica: Media a baja**. Requiere acciones de restauración activa, control de especies invasoras y manejo de pastoreo. El proyecto se ubica en esta unidad, donde la capacidad de carga ambiental es moderada.

#### *IV.3.2.3 Unidad Homogénea 3 (UH-3): Planicie aluvial con pastizal inducido/agricultura y política de restauración-aprovechamiento.*

- **Extensión:** ~1.5 ha (0.09% del SA) + superficie de agricultura y pastizal asociado no cuantificada separadamente (pero presente en la parte sur del SA).
- **Localización:** Porción sur del SA, en las márgenes del río Yautepec y áreas bajas de la microcuenca.
- Características:
  - **Topoforma:** Valle de laderas tendidas con lomerío.
  - **Altitud:** 890-950 msnm.
  - **Geología:** Depósitos aluviales del Cuaternario (Q(ai)).
  - **Suelos:** Chernozem lúvico lóssico + Phaeozem cálcico (CHlv-lo+PHca), más profundos y fértiles, aunque con posible compactación.

- **Vegetación:** Pastizal inducido, agricultura de temporal (maíz, sorgo, caña de azúcar) y vegetación secundaria arbustiva en bordes. Árboles aislados de *Acacia farnesiana* y *Haematoxylum brasiletto*.
- **Política ambiental (POE):** Restauración y Aprovechamiento (asentamientos humanos).
- **Paisaje:** Calidad visual baja a media, fragilidad visual baja. Paisaje fuertemente modificado con predominio de elementos antrópicos (cultivos, caminos, líneas de conducción).
- **Fauna:** Especies generalistas y tolerantes a la perturbación: *Rattus rattus*, *Passer domesticus*, *Molothrus aeneus*. Aves acuáticas eventuales en el río Yautepec.
- **Problemática preexistente: Muy alta**. Contaminación por residuos sólidos y descargas municipales (aguas arriba), inundaciones periódicas (riesgo muy alto), pérdida de vegetación nativa, uso intensivo de agroquímicos (potencial). Alta vulnerabilidad a sequías e inundaciones.

- **Valoración ecológica: Baja**. Prioridad para la restauración hidrológica y el manejo de residuos, pero con escaso valor para la conservación de biodiversidad nativa.

### *IV.3.2.4 Ubicación del proyecto en el contexto del diagnóstico.*

El polígono del proyecto "La Palmera" (1.0982 ha) se localiza íntegramente dentro de la **Unidad Homogénea 2 (UH-2: Lomerío típico con vegetación arbustiva secundaria)**. Esta unidad presenta un grado de conservación regular, con impactos preexistentes significativos (pastoreo, compactación, residuos, fragmentación) pero aún con capacidad de recuperación mediante medidas de restauración. La calidad del paisaje es media, la fragilidad visual es media (Clase III), y los suelos, aunque con limitaciones (Kastanozems y Leptosoles), pueden ser manejados con técnicas de conservación.

El diagnóstico confirma que el proyecto no afecta relictos de vegetación primaria (UH-1), ni se ubica en zonas de alta fragilidad ecológica o riesgo por inundación (UH-3). La principal tendencia de deterioro en la UH-2 es la erosión y pérdida de cobertura vegetal por pastoreo no regulado. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto, siempre que implemente medidas de mitigación (control de polvo, manejo de residuos, descompactación, restauración progresiva) y compensación (revegetación con especies nativas, conservación de áreas en UH-1), podría contribuir a revertir parte de la degradación existente, sin generar impactos regionales significativos.

***Conclusión del diagnóstico ambiental***

El Sistema Ambiental de Referencia (SA) del Proyecto La Palmera se caracteriza por un mosaico de unidades homogéneas con diferente valor ecológico y grado de perturbación. El área donde se

pretende desarrollar la explotación minera (UH-2) presenta una **capacidad de carga ambiental moderada**, con impactos preexistentes atribuibles al pastoreo extensivo y a la falta de manejo. La biodiversidad es de media a baja, con presencia de especies generalistas y algunas de interés para la conservación en las zonas de sierra adyacentes (UH-1). Los recursos agua y suelo son frágiles, especialmente por el déficit del acuífero y la susceptibilidad a la erosión de los Leptosoles.

El diagnóstico permite concluir que, **con la aplicación rigurosa de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración** (descritas en el Capítulo VI), el proyecto es compatible con la vocación de restauración de la UGA 350 y no generará impactos residuales inaceptables. Los puntos críticos a atender son: la conservación del suelo, el control de la escorrentía, la gestión de residuos, el rescate de fauna y la restauración de la cubierta vegetal con especies nativas. El abandono del sitio, con la rehabilitación geomorfológica y la revegetación, permitirá una recuperación funcional del área, alineada con la política ambiental de restauración del estado de Morelos.

## IV.4 Fuentes de consulta


- Avibase. (2025). Base de datos de aves del mundo. https://avibase.bsc-eoc.org
- Blaustein, A. R. y D. B. Wake. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? Trends in Ecology and Evolution 5:203.
- Bureau of Land Management. (1980). Visual resource management program. U.S. Department of the Interior.
- Bureau of Land Management. (2003). Visual resource classes and objectives. U.S. Department of the Interior.
- Castro Franco, R. (2016). Base de datos de herpetofauna mexicana [Base de datos]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CENAPRED. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán, Morelos. SEDESOL, Gobierno Municipal de Tlaltizapán. (J. Mendoza Mendoza, Coord.)
- Cheyne, S. M. (2016). Mamíferos como indicadores de calidad de hábitat. Revista de Ecología Tropical, 34(2), 45-58.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Versión 9.1.0) [Software informático]. http://purl.oclc.org/estimates
- Comisión Nacional del Agua. (2010). Red hidrográfica de México. CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua. (2023). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación, 9 de noviembre de 2023.

- Comisión Nacional del Agua. (2026). Base de datos climatológica nacional. Estadística mensual de la estación 17013 Temilpa, Morelos. Servicio Meteorológico Nacional.
- CONABIO. (2021). La biodiversidad en Morelos: Estudio de Estado 2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONEVAL. (2020). Medición de pobreza en México. Informe municipal de Tlaltizapán de Zapata. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- Cuéllar-Cárdenas, M. A., Nieto-Samaniego, Á. F., Levresse, G., Alaniz-Álvarez, S. A., Solari, L., Ortega-Obregón, C., & López-Martínez, M. (2012). Límites temporales de la deformación por acortamiento Laramide en el centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29(1), 1-19.
- Escribano, M., de Frutos, M., & Iglesias, E. (1987). Modelo general de fragilidad visual del paisaje. Estudios de Paisaje, 12, 33-47.
- FIRCO. (2020). Capa vectorial de microcuencas. Fideicomiso de Riesgo Compartido.
- Fundación Desarrollo Ambiental y Cultural (FDAC). (2008). Plan de manejo de la Reserva Estatal Sierra de Monte Negro, Morelos. FDAC.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5a ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Vázquez, U. O. (2006). La herpetofauna mexicana: riqueza y endemismo. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana, 14(1), 1-10.
- Gobierno del Estado de Morelos. (2014). Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos. Periódico Oficial del Estado de Morelos, 29 de septiembre de 2014.
- Gobierno del Estado de Morelos - Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente. (2008). Diagnóstico sobre la biodiversidad de Morelos: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de Morelos.
- González-Hernández, A. J. (2021). Diversidad de reptiles en México: estado actual del conocimiento. Revista Mexicana de Biodiversidad, 92, e923456.
- Guerrero-Enríquez, M. (2020). Mamíferos de Morelos: riqueza y distribución. Acta Zoológica Mexicana, 36, 1-25.
- Hernández Santana, J. R., et al. (2017). Clasificación geomorfométrica del relieve mexicano: una aproximación morfográfica por densidad de curvas de nivel y la energía del relieve. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 34(3), 235-250.
- INEGI. (1982). Geología de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2001). Sistema de Topoformas. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Serie I [Datos vectoriales]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI. (2010). Red Hidrográfica edición 2.0 [Datos vectoriales]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2019). Censos Económicos 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2021). Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII (Continuo Nacional) [Datos vectoriales]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2024). Compendio de Aspectos Geográficos de Morelos 2022. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2024). Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos escala 1:250,000 serie II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (s.f.). Fisiografía. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el [día] de [mes] de [año], de https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/
- Instituto Tecnológico Superior de Irapuato & Instituto Municipal de Planeación de Irapuato. (2015). Inventario de los vertebrados terrestres del Área Natural Protegida Cerro de Arandas, Irapuato, Guanajuato (Informe final, 9 de septiembre de 2015). ITESI / IMPLAN.
- IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources 2022 (4th ed.). International Union of Soil Sciences.
- Lips, K. R., Reaser, J. K., & Young, B. E. (1999). El monitoreo de anfibios en América Latina: Un manual para coordinar esfuerzos. The Nature Conservancy.
- López Ramos, E. (1982). Estratigrafía cretácica y tectónica de una porción del centro y noreste de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 44(1), 21-38.
- Lugo Hubp, J. (2011). Diccionario geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
- Mendoza Consultoría Especializada S.C. (s.f.). Registros geológicos y morfoalineamientos para el municipio de Tlaltizapán [Informe técnico].
- NaturalistaMx. (2025). Registros de aves en Morelos. CONABIO. https://naturalista.mx
- Nieto Montes de Oca, A. (2019). Informe final del Proyecto PJ016: Diversidad de grupos selectos de flora y fauna del APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México (31 de mayo de 2017 – 4 de junio de 2019). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”.
- Nieto-Samaniego, A. F., Del Pilar-Martínez, A., Suárez-Arias, A. M., Angeles-Moreno, E., Alaniz-Álvarez, S. A., Levresse, G., Xu, S., Olmos-Moya, M. de J. P., & Báez-López, J. A. (2023). Una revisión de la geología y evolución tectónica cenozoicas de la Mesa Central de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 40(2), 187-214. https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2023.2.1736

- Padilla y Sánchez, R. J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 59(1), 19-42. https://doi.org/10.18268/BSGM2007v59n1a3
- Pla, L. (2006). Índices de diversidad biológica: interpretación y límites de uso. Ecología Aplicada, 5(1-2), 77-84.
- Secretaría de Desarollo Sustentable. (s.f.). Provincias biogeográficas de México. Gobierno del Estado de Morelos.
- Servicio Sismológico Nacional. (s.f.). Registros sísmicos históricos del estado de Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Silva-Ayala, A., Díaz-García, J. M., Hernández-Jiménez, C. A., RomeroUribe, H. M. (2025) Variación estacional de las comunidades de anfibios y reptiles en una selva tropical caducifolia del centro de México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 41, 1–17.
- Stebbins, R. C. y N. W. Cohen. 1995. A natural history of amphibians. Princeton University Press, New Jersey. Tyler, M. J. 1991. Declining amphibian populations – a global phenomenon? Alytes 9:43-50.
- Urbina-Torres, F. (2016). Distribución y cambios en la avifauna de Morelos. Ornitología Neotropical, 27, 101-115.
- USDA Forest Service. (1974). National forest landscape management (Vol. 2, Cap. 1: The visual management system). U.S. Department of Agriculture.
- Valencia-Aguilar, A. (2013). Servicios ecosistémicos de anfibios y reptiles: una revisión. Biota Colombiana, 14(1), 56-68.
- Vaughan, T. A. (1988). Mamíferos (3a ed.). Editorial Limusa.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo V

## CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ..... 3
V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales ..... 3
V.1.1 Indicadores de impacto ..... 3
V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación ..... 5
V.2 Conclusión ..... 22

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla V. 1 Factores abióticos y bióticos. ..... 3
Tabla V. 2 Etapas y actividades del proyecto. ..... 4
Tabla V. 3 Listado de indicadores. ..... 4
Tabla V. 4 Identificación de los impactos. ..... 6
Tabla V. 5 Matriz Causa-efecto del proyecto. ..... 8
Tabla V. 6 Impactos ambientales y su caracterización. ..... 8
Tabla V. 7 Atributos metodológicos. ..... 11
Tabla V. 8 Intensidad del impacto. ..... 12
Tabla V. 9 Categorías de evaluación de impactos. ..... 14
Tabla V. 10 Evaluación de impactos. ..... 15

# V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se presenta la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales que se generarán por las acciones a realizar en la ejecución del proyecto, considerando las siguientes cuatro etapas:

- Exploración
- Preparación del Sitio
- Operación
- Abandono

## V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

### V.1.1 Indicadores de impacto

#### *V.1.1.1 Factores ambientales y actividades del proyecto*

El listado de factores abióticos, bióticos y socioeconómicos que podrían interactuar con el proyecto son los siguientes:

**Tabla V. 1 Factores abióticos y bióticos.**

| Factor | Componente |
|---|---|
| Aire | Calidad |
| Ruido | Niveles |
| Agua | Calidad del agua |
| | Infiltración |
| | Modificación de escorrentía |
| Suelo | Calidad |
| | Compactación |
| | Pérdida de suelo |
| Topografía y relieve | Modificación del relieve |
| Flora | Cubierta vegetal |
| Fauna | Desplazamiento |
| Paisaje | Calidad |
| Socioeconómico | Empleo temporal |

El desarrollo del proyecto implica tres etapas, las cuales son: Preparación del Sitio, Operación y Abandono. Cada una de estas etapas contiene diferentes actividades, mismas que caracterizan al proyecto y al entorno donde se desarrollan.

**Tabla V. 2 Etapas y actividades del proyecto.**

| Etapa | Actividades |
|---|---|
| Exploración | Exploración Geológica |
| | Exploración Geofísica |
| | Perforación |
| Preparación del Sitio | Delimitación y cerco perimetral |
| | Desmonte selectivo |
| | Uso de maquinaria y equipo (Instalación de caseta de control, señalización y sistemas de vigilancia, colocación de servicios sanitarios portátiles ecológicos, campamento itinerante o móvil, sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial para control de polvos en áreas de movimiento de tierras). |
| | Generación de residuos (RSU, RME y RP) |
| Construcción y Operación | Excavación y extracción de material (Rampas de acceso, Tajo y taludes) |
| | Uso de maquinaria y equipo |
| | Movimiento de camiones de volteo (Depósitos superficiales de tepetate, terreros, suelo fértil y suelo estéril) |
| | Generación de residuos (RSU, RME y RP) |
| Abandono | Restauración del sitio |

***Lista indicativa de indicadores de impacto***

A continuación, se presenta la lista indicativa de los factores ambientales con su respectivo indicador de impacto.

**Tabla V. 3 Listado de indicadores.**

| Factor | Componente | Indicador |
|---|---|---|
| Aire | Calidad | Contaminantes: partículas (PM2.5 y PM10), ozono (O3), dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2) y monóxido de carbono (CO) y polvos. |
| Ruido | Niveles | Incremento dB |
| Agua | Calidad del agua | Compuesto orgánico |
| | Infiltración | Área ($m^2$) |
| | Modificación de escorrentía | Área ($m^2$) |
| Suelo | Calidad | $m^3$ |

| | | |
|---|---|---|
| | Compactación | Área ($m^2$) |
| | Pérdida de suelo | Tasa |
| Flora | Cubierta vegetal | No. individuos/especies |
| Fauna | Desplazamiento | No. individuos/ especies |
| Paisaje | Calidad | Área ($m^2$) |
| Socioeconomía | Empleo temporal | No. empleos |

### V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación

#### *V.1.2.1 Criterios*

La identificación de los impactos se realizó con la matriz de Leopold (ML) (Leopold et al., 1971), la cual presenta un eje horizontal con las acciones que causan impacto ambiental; y un eje vertical con las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones, lo que provee información directa de las interacciones entre las actividades del proyecto y los factores ambientales.
La metodología empleada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que puede ocasionar la implementación del proyecto se desarrolló de acuerdo con el siguiente marco metodológico.

La identificación de los impactos ambientales del proyecto considera el desarrollo de las siguientes acciones:

- Identificación mediante listados de verificación de las actividades del proyecto en sus distintas etapas (preparación del sitio, operación y mantenimiento), de acuerdo en la información presentada.
- Identificación mediante listas de verificación de los factores ambientales (abióticos, bióticos y socioeconómicos) que forman parte del sistema ambiental analizado en el capítulo anterior, y pudieran tener alguna interacción con el proyecto.
- Identificación de las interacciones (adversas y benéficas) de las actividades del proyecto con los factores ambientales del sistema ambiental que pudieran ser afectados por el desarrollo del proyecto, mediante la elaboración de la matriz modificada tipo Leopold (1971), de relaciones para la identificación para determinar impactos ambientales que pudieran producirse durante las etapas del proyecto.

- Como ya se había mencionado, la matriz de Leopold (1971) presenta la identificación de los impactos (negativos y positivos) en las diferentes etapas (preparación del sitio, construcción, operación y abandono del sitio), tal como se muestra a continuación:

**Tabla V. 4 Identificación de los impactos.**

| Impactos Ambientales | | ETAPAS | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | EXPLORACIÓN | | PREPARACIÓN DEL SITIO | | | | | ETAPA CONSTRUCCIÓN-OPERACIÓN | | | | | ABANDONO |
| | | Actividades | | | | | | | | | | | | |
| a | Adversos (-) | Exploración Geológica | Exploración Geofísica | Perforación | Delimitación y cerco perimetral | Desmonte selectivo | Uso de maquinaria y equipo campamento itinerante o móvil, sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial para (Instalación de caseta de control, señalización y sistemas de vigilancia, | Generación de residuos (RSU, RME y RP) | Excavación y extracción de material (Rampas de acceso, Tajo y taludes) | Uso de maquinaria y equipo | Movimiento de camiones de volteo (Depósitos superficiales de tepetate, terreros, suelo fértil y suelo estéril) | Generación de residuos (RSU, RME y RP) | Restauración del sitio |
| b | Benéficos (+) | | | | | | | | | | | | | |
| Factor | Componente | | | | | | | | | | | | | |
| Aire | Calidad | | | | | | a | | | a | a | | b | |
| Ruido | Niveles | | | | | | a | | | a | a | | b | |
| Agua | Calidad del agua | | | a | | | a | | | a | a | | | |
| | Infiltración | | | a | | | | | a | | | | b | |
| | Modificación de la escorrentía | | | | | | | | a | | | | b | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Suelo | Calidad | | | | | | | a | | | | a | b |
| | Compactación | | | | | | a | | | a | a | | b |
| | Pérdida de suelo | | | | | a | | | | | | | b |
| Topografía y relieve | Modificación del relieve | | | | | | | | a | | | | b |
| Flora | Cubierta vegetal | | | | | a | | | | | | | b |
| Fauna | Desplazamiento | | | | | a | | | | | | | b |
| Paisaje | Calidad | | | | | a | | a | | | | a | b |
| Socioeconómico | Empleo temporal | | | | | b | b | | b | b | b | | b |

### *V.1.2.2 Metodología I. Matriz de causa-efecto.*

La lista de revisión es la forma más elemental, y consiste en realizar una lista donde se enumeran los posibles impactos, en donde se deducen cuáles de esos impactos son los que se producirán en el proyecto estudiado y se analizan si son simples efectos mínimos o efectos notables que se denominan impactos significativos.

La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa–efecto, en donde se parte de las acciones de la obra y de los factores ambientales que podrían ser afectados que se disponen como entradas de una matriz., y por último se señalan las casillas de cruce cuando en estas tienen un impacto significativo.

El uso de matrices causa-efecto puede llevarse a cabo con los datos técnicos de ingeniería y ambientales, en donde las matrices presentan un listado de acciones humanas y de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos, pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales, por lo que para el presente estudio se implementan las dos metodologías para evaluar los impactos identificados por el desarrollo del proyecto.

La metodología aplicada en este apartado es a partir de la elaboración de listas de chequeo, el análisis de las actividades a desarrollar para el establecimiento del proyecto, la determinación de los factores ambientales y sus atributos susceptibles de verse afectados, y la utilización de estas para la construcción de una matriz de tipo Leopold, y la evaluación progresiva y selectiva por parte de los especialistas, y posteriormente la descripción de cada uno de los impactos a partir de la lectura

sistemática de la matriz, mediante lo cual se puede obtenerse una visión global del impacto producido por la obra y/o actividad en el proyecto.

**Tabla V. 5 Matriz Causa-efecto del proyecto.**

| Factor ambiental | Acciones del Proyecto / Subfactor | Exploración | Preparación de sitio | Construcción-Operación | Abandono |
|---|---|---|---|---|---|
| Aire | Calidad | C | A | A | A |
| Ruido | Niveles | | A | A | A |
| Agua | Calidad | | A | A | C |
| | Infiltración | C | | C | C |
| | Modificación de escorrentía | | | C | |
| Suelo | Calidad | | C | | C |
| | Compactación | | | C | C |
| | Pérdida de suelo | | C | | C |
| Topografía y relieve | Modificación del relieve | | | C | C |
| Flora | Cubierta vegetal | | C | | C |
| Fauna | Desplazamiento | | C | | C |
| Paisaje | Calidad | | C | | C |
| Socioeconómico | Empleo temporal | | A | A | A |
| Calificación del Impacto: I: INACEPTABLE, C: CRÍTICO, y A: ACEPTABLE. | | | | | |

El primer análisis sobre la matriz de causa-efecto indica un conteo de 0 interacciones inaceptables, 20 interacciones de carácter crítico y 11 aceptables, por lo que los componentes ambientales que se verán más afectados son Agua, Suelo, Topografía, Flora y Paisaje, mismos que resultan en valores esperados por la naturaleza del proyecto.

Y en contraste, el componente Socioeconómico, es el componente que tendrá una afectación positiva, de acuerdo con las interacciones de las actividades del proyecto, lo que resulta ser favorable de acuerdo con la matriz de evaluación. Al presentarse un efecto que beneficia al ambiente al tener considerado desde proyecto la restauración del área, lo que propiciará el continuó de los servicios ambientales hacia la región.

Para poder establecer un análisis sobre el resultado de las interacciones los otros componentes, se abordan los impactos por etapas, a modo de identificar en qué etapa del proyecto se puede establecer medidas de mitigación de los impactos ambientales acorde a lo esperado.

**Tabla V. 6 Impactos ambientales y su caracterización.**

| IMPACTOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| INACEPTABLE | CRÍTICO | ACEPTABLE |
| 0 | 20 | 11 |

Es de notarse que los impactos inaceptables y críticos se dan durante las etapas del proyecto, siendo estos durante la exploración, preparación del sitio y operación de forma temporal y puntual, mientras que a largo plazo serán permanentes.

Como se puede observar, la matriz solo indica los impactos y la etapa en la que se originarán, estimar su importancia y magnitud, pero no contempla una metodología que permita valorizarlos y jerarquizarlos, por lo que es necesario evaluar dichos impactos ambientales por medio de una segunda metodología, más robusta, que permita evaluarlos adecuadamente.

### *V.1.2.3 Metodología II. Evaluación de impactos de Gómez Orea (1999)*

La evaluación de los impactos se realiza a través de una metodología cualitativa y cuantitativa la cual permite conocer la eficiencia de las medidas mediante la reducción del grado de alteración. Dicha evaluación se desarrollará mediante la metodología de Gómez Orea (1999), así como la descripción de los impactos más representativos o significativos.

Por lo que la evaluación de los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del proyecto se realizó de la siguiente manera:

- Se seleccionaron indicadores de impacto ambiental para definir los índices cualitativos y/o cuantitativos con base en valores normados y límites máximos permisibles que permitan definir la dimensión de las alteraciones o modificaciones que provocará el desarrollo del proyecto sobre los factores del área de influencia.
- Después se elaboró la matriz de evaluación de impactos ambientales incluyendo la actividad que genera el impacto.
- Posteriormente, se realizó la asignación de códigos cuantificables (incluye impactos benéficos, adversos, directos, indirectos, simples, acumulativos, sinérgicos y residuales) a cada impacto para determinar su índice de incidencia (estandarizado entre 0 y 1) a través de la aplicación de una suma ponderada y se determinó la calidad del factor o componente (con proyecto y sin proyecto) a partir de los indicadores de impacto seleccionados.
- La determinación de la magnitud de cada impacto ambiental se estandarizo entre 0 y 1 a partir del índice de incidencia y calidad del factor o componente determinados, lo que permitió el cálculo

del valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes determinadas, para su jerarquización.

- La jerarquización de los impactos ambientales detectados se dio a partir de los criterios de evaluación y valoración de los impactos y su interacción con los factores del sistema ambiental analizado, y después se realizó la identificación y descripción de los impactos ambientales relevantes ocasionados por la ejecución del proyecto.

***Determinación del Índice de Incidencia.***

La incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual es definida por la intensidad y una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración.

Una vez identificado el impacto, se procede a caracterizarlo para calcular el Índice de incidencia, este se estandarizando entre valores de 0 y 1, para obtenerlo se aplican cuatro pasos en su procedimiento.

1. Tipificación de las formas en que se puede describir cada atributo. Por ejemplo.
    - Momento: corto plazo, medio plazo o largo plazo
    - Recuperabilidad: fácil, media y difícil
2. Atribución de un código numérico a cada forma, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (ver en la tabla la columna Código/Valor); así para los ejemplos anteriores:
    - Momento: corto plazo 3, medio plazo 2 y largo plazo
    - Recuperabilidad: fácil 1, media 2 y difícil 3

3. Aplicación de una función, suma ponderada para obtener un valor.

4. Estandarización de los valores obtenidos entre 0 y 1, mediante la siguiente expresión:

$$Ii = (I - I\,mín) / (I\,máx - I\,mín)$$

Donde:

Ii = Índice de incidencia
I = Σ de valores de atributos

**Tabla V. 7 Atributos metodológicos.**

| Atributos | Carácter de los Atributos | Descripción | Código/ Valor |
|---|---|---|---|
| Signo del efecto | Benéfico | Se refiere a la consideración de benéfico o adverso | + |
| | Adverso | | - |
| | Difícil de calificar | Requiere de estudios para asignarle valor | X |
| Inmediatez | Directo o Primario | Tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental | 3 |
| | Indirecto o Secundario | Se deriva de un efecto primario | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acumulación | Simple | Se manifiesta en un solo componente ambiental o no induce efectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos | 1 |
| | Acumulativo | Incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera | 3 |
| Sinergia | Leve | Reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple | 1 |
| | Media | | 2 |
| | Fuerte | | 3 |
| Momento | Corto plazo | Se manifiesta en un ciclo anual | 3 |
| | Medio plazo | Se manifiesta antes de cinco años | 2 |
| | Largo plazo | Se manifiesta en un período mayor a 5 años | 1 |
| Persistencia | Temporal | Supone una alteración que desaparece después de un tiempo | 1 |
| | Permanente | Supone una alteración de duración indefinida | 3 |
| Reversibilidad | Corto plazo o reversible | Puede ser asimilado por los procesos naturales en un corto plazo. Reversible en su totalidad | 1 |
| | Mediano plazo o parcialmente reversible | Puede ser asimilado por los procesos naturales a mediano plazo | 2 |
| | Largo plazo o no reversible | No puede ser asimilado por los procesos naturales o sólo después de muy largo tiempo | 3 |

La importancia del impacto toma valores entre 9 y 100. Presenta valores intermedios (entre 40 y 60), cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Intensidad total, y afección mínima de los restantes símbolos.
- Intensidad muy alta o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

**Tabla V. 8 Intensidad del impacto.**

| Tipo de impacto | Significado |
|---|---|
| Irrelevantes o compatible | Impactos con valores de importancia inferiores a 25 |
| Moderados | Impactos presentan una importancia entre 26 y 50 |
| Severos | Impactos con valores de importancia entre 51 y 75 |
| Críticos | Impactos con valor superior a 76 |

Es muy importante reseñar que los valores de las cuadrículas en una matriz dada no son comparables debido a que pertenecen a un diferente factor y actúan de forma independiente, pero sí lo son cuadrículas que ocupen lugares equivalentes en alternativas de un mismo proyecto.

El proceso de desarrollo del proyecto implica tres etapas básicas que son: preparación del sitio, operación y abandono del proyecto. Cada una de ellas representada por las diferentes acciones que se realizan en cada una y que son únicas en el proyecto.

Con lo anterior, es necesario aclarar que los impactos se presentan de forma subsecuente asociados a alguna de las acciones del proyecto, y su identificación se realizó tratando de respetar la independencia de estos.

***Determinación de la Magnitud***

La determinación de la magnitud consiste en transformar las unidades heterogéneas a unidades homogéneas a dimensionales de valor ambiental, operación que se hace traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1. Posteriormente, se estiman los valores que toma cada indicador en la situación "sin" y "con" proyecto.

Las unidades heterogéneas son obtenidas de referencias de conocimientos y herramientas experimentales y simulaciones, así como de la capacidad de utilizarlas y desarrollarlas cuantificando el impacto a través de indicadores. En la evaluación se toman en cuenta el valor de expertos para poder ponderar la importancia del factor en el escenario ambiental donde está planeado el proyecto, a fin de poder valorar la magnitud de cambio que podría generarse por el impacto en el escenario actual.

***Valoración Cuantitativa***

$$Vi = M \times Ii$$

Donde:
Vi= Valor de impacto
M = Magnitud
Li = índice de incidencia

Cada uno de los factores ambientales alterados se obtiene por diferencia entre la situación "sin" y "con" proyecto, el valor del impacto ambiental sobre cada uno de ellos, expresados en valores limitados entre 0 y 1, atribuyéndose a partir de la siguiente fórmula:

J***erarquización***

La jerarquización permite adquirir una visión integrada y completa de la incidencia ambiental del proyecto y requiere de la determinación del valor de cada impacto en unidades conmensurables a partir

de los valores de incidencia y magnitud; como ambos oscilan entre 0 y 1, el valor de cada impacto también se hace variar, a su vez, entre 0 y 1; ese valor es quien marca la jerarquía exigida. Una vez realizada la operación se consultan los datos de la tabla siguiente, para ubicar el impacto ambiental generado.

**Tabla V. 9 Categorías de evaluación de impactos.**

| Impactos Benéficos | Jerarquización | Impactos Adversos |
|---|---|---|
| Benéfico muy importante | 0.81 – 1.0 | Adverso muy importante |
| Benéfico importante | 0.61 – 0.80 | Adverso importante |
| Benéfico medio | 0.41 – 0.60 | Adverso medio |
| Benéfico moderado | 0.21 - 0.40 | Adverso moderado |
| Benéfico muy moderado | 0 - 0.20 | Adverso muy moderado |
| O nulo | | |

A continuación, se muestra la caracterización y valoración de los impactos.

La evaluación de los impactos identificados en la matriz modificada de Leopold está en las tablas:

Tabla V. 10 Evaluación de impactos.

| Actividad | Impacto | Factor/ Componente | Criterios de Incidencia | | | | | | | | | | Total | Suma ponderada | Índice de incidencia (ii) | Intensidad del Impacto | Calidad del Factor | | Magnitud (M) | Valor del Impacto | Jerarquización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Signo | Inmediatez | Acumulación | Sinergia | Momento | Persistencia | Reversibilidad | Recuperabilid | Continuidad | Periodicidad | | | | | Sin Proyecto | Con Proyecto | | | |
| Exploración | EXP-1 | Agua/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Adverso muy moderado |
| | EXP-1 | Agua/Infiltración | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| Desmote selectivo | PS-1 | Suelo/Pérdida de suelo | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | PS-2 | Flora/Cubierta vegetal | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | PS-3 | Fauna/Desplazamiento | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Adverso muy moderado |
| | PS-4 | Paisaje/Calidad | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.28 | Adverso moderado |
| | PS-5 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |
| Uso de maquinaria y equipo | PS-6 | Aire/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.80 | 0.75 | 0.05 | 0.027 | Adverso muy moderado |
| | PS-7 | Ruido/Niveles | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.70 | 0.60 | 0.1 | 0.055 | Adverso muy moderado |
| | PS-8 | Agua/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Adverso muy moderado |
| | PS-9 | Suelo/Compactación | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |

| Actividad | Impacto | Factor/ Componente | Criterios de Incidencia | | | | | | | | | | Total | Suma ponderada | Índice de incidencia (Ii) | Intensidad del Impacto | Calidad del Factor | | Magnitud (M) | Valor del Impacto | Jerarquización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Signo | Inmediatez | Acumulación | Sinergia | Momento | Persistencia | Reversibilidad | Recuperabilid | Continuidad | Periodicidad | | | | | Sin Proyecto | Con Proyecto | | | |
| | PS-10 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |
| Generación de residuos (RSU, RME y RP) | PS-11 | Suelo/Calidad | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Adverso moderado |
| | PS-12 | Paisaje/Calidad | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Adverso moderado |
| Excavación y extracción de material (Rampas de acceso, Tajo y taludes) | COP-1 | Agua/Infiltración | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | COP OP-2 | Agua/Modificación de la escorrentía | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | COP OP-3 | Topografía/Modificación del relieve | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | COP OP-4 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |
| Uso de maquinaria y equipo (Inst. caseta de control, señalización y sistemas de vigilancia, colocación de | COP OP-5 | Aire/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.80 | 0.75 | 0.05 | 0.027 | Adverso muy moderado |
| | COP OP-6 | Ruido/Niveles | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.70 | 0.60 | 0.1 | 0.055 | Adverso muy moderado |
| | COP OP-7 | Agua/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Adverso muy moderado |
| | COP OP-8 | Suelo/Compactación | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | COP OP-9 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |

| Actividad | Impacto | Factor/ Componente | Criterios de Incidencia | | | | | | | | | | Total | Suma ponderada | Índice de incidencia (Ii) | Intensidad del Impacto | Calidad del Factor | | Magnitud (M) | Valor del Impacto | Jerarquización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Signo | Inmediatez | Acumulación | Sinergia | Momento | Persistencia | Reversibilidad | Recuperabilid | Continuidad | Periodicidad | | | | | Sin Proyecto | Con Proyecto | | | |
| servicios sanitarios portátiles ecológicos, campamento itinerante o móvil, sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial para control de polvos en áreas de movimiento de tierras). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimiento de camiones de volteo (Depósitos superficiales de tepetate, | COP OP-10 | Aire/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.80 | 0.75 | 0.05 | 0.027 | Adverso muy moderado |
| | COP OP-11 | Ruido/Niveles | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.70 | 0.60 | 0.1 | 0.055 | Adverso muy moderado |
| | COP OP-12 | Agua/Calidad | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Adverso muy moderado |

| Actividad | Impacto | Factor/ Componente | Criterios de Incidencia | | | | | | | | | | Total | Suma ponderada | Índice de incidencia (Ii) | Intensidad del Impacto | Calidad del Factor | | Magnitud (M) | Valor del Impacto | Jerarquización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Signo | Inmediatez | Acumulación | Sinergia | Momento | Persistencia | Reversibilidad | Recuperabilid | Continuidad | Periodicidad | | | | | Sin Proyecto | Con Proyecto | | | |
| terreros, suelo fértil y suelo estéril) | COP OP-13 | Suelo/Compactación | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Adverso medio |
| | COP -14 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |
| Generación de residuos (RSU, RME y RP) | COP -15 | Suelo/Calidad | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Adverso moderado |
| | COP -16 | Paisaje/Calidad | - | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Adverso moderado |
| Restauración del sitio | AB-1 | Aire/Calidad | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Benéfico moderado |
| | AB-2 | Ruido/Niveles | + | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 15 | -1 | 0.55 | Severo | 0.70 | 0.60 | 0.1 | 0.055 | Benéfico muy moderado |
| | AB-3 | Agua/Infiltración | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |
| | AB-4 | Agua/Modificación de la escorrentía | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |
| | AB-5 | Suelo/Calidad | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Benéfico moderado |
| | AB-6 | Suelo/Compactación | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |
| | AB-7 | Suelo/Pérdida de suelo | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |
| | AB-8 | Topografía/Modificación del relieve | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |
| | AB-9 | Flora/Cubierta vegetal | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 26 | -5 | 0.96 | Crítico | 0.70 | 0.10 | 0.6 | 0.57 | Benéfico medio |

| Actividad | Impacto | Factor/ Componente | Criterios de Incidencia | | | | | | | | | | Total | Suma ponderada | Índice de incidencia (Ii) | Intensidad del Impacto | Calidad del Factor | | Magnitud (M) | Valor del Impacto | Jerarquización |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Signo | Inmediatez | Acumulación | Sinergia | Momento | Persistencia | Reversibilidad | Recuperabilid | Continuidad | Periodicidad | | | | | Sin Proyecto | Con Proyecto | | | |
| | AB-10 | Fauna/Desplazamiento | + | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | -4 | 0.77 | Crítico | 0.60 | 0.50 | 0.1 | 0.077 | Benéfico muy moderado |
| | AB-11 | Paisaje/Calidad | + | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 22 | -3 | 0.81 | Crítico | 0.70 | 0.40 | 0.3 | 0.24 | Benéfico moderado |
| | AB-12 | Socioeconómico/Empleo | + | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 20 | +2 | 0.74 | Severo | 0.90 | 0.95 | 0.05 | 0.037 | Benéfico muy moderado |

### *V.1.2.4 Resultados de la evaluación de los impactos ambientales del proyecto*

De acuerdo con la aplicación de la metodología seleccionada para la identificación de los impactos del proyecto, se detectaron en total 42 impactos positivos y negativos, de los cuales 25 corresponden a impactos negativos y 17 a impactos favorables o positivos.

La etapa de construcción-operación es la que presenta más impactos ambientales adversos, con un total de 13, seguida por la etapa de preparación del sitio con un total de 10, seguida por la etapa de exploración con un total de 02 impactos, siendo la etapa de operación la que no presenta impactos adversos.

En cuanto a número de impactos adversos, los factores ambientales más afectados durante las etapas de preparación del sitio y construcción-operación del proyecto son el factor aire, ruido, agua y suelo, con un total de 03 cada uno; mientras que el impacto adverso que obtuvo una mayor intensidad es en el factor flora, suelo, agua, topografía y relieve, y paisaje ya que se requerirá la extracción de material.

***Descripción de los Impactos Ambientales***

En esta sección se describirán los impactos identificados, indicando los resultados de su jerarquización y si es susceptible o no a la aplicación de medidas de mitigación para cada uno de los factores ambientales afectados durante las diferentes etapas del proyecto, los detalles de la evaluación (inmediatez, acumulación, sinergia, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, continuidad, periodicidad y jerarquización) se pueden consultar en las tablas presentadas con anterioridad.

A continuación, se presenta la descripción de los impactos ambientales por factor ambiental.

*Factor ambiental: Aire y ruido*

Los impactos ambientales adversos que se identificaron y evaluaron sobre este componente son debidos a la emisión de gases de combustión, emisión de polvos y el ruido generado durante los trabajos en las etapas del proyecto (Preparación del sitio y Operación). El ruido que se generará será por el uso de la maquinaria, equipo y vehículos usados en las diferentes actividades para desarrollar el proyecto.

Los impactos ambientales si bien presentan una intensidad de impacto severo, la jerarquización es que son impactos adversos pero moderados, debido a que el proyecto se desarrollará en un área ya modificada, además de que se tiene medidas de mitigación necesarias para dichos impactos ambientales.

*Factor ambiental: Flora y fauna*

Los impactos ambientales adversos que se identificaron y evaluaron sobre este componente son debidos al retiro de la cubierta vegetal existente durante los trabajos en la etapa de preparación del sitio del proyecto, mientras que la fauna podría ser desplazada por la misma actividad.

Los impactos ambientales si bien presentan una intensidad de impacto crítico, la jerarquización es que son impactos adversos pero medio y muy moderado, debido a que el proyecto se desarrollará en un área modificada, por lo que no existen tipos de vegetación, sino más bien un área en recuperación, además de que se tiene medidas de mitigación necesarias para dichos impactos ambientales.

*Factor ambiental: Agua*

Los impactos ambientales adversos que se identificaron y evaluaron sobre este componente son debidos principalmente a las actividades que se desarrollarán en esta área, ya que, si bien es un área modificada, serán actividades nuevas que se incorporen a la cotidianidad del día a día, durante las etapas de preparación del sitio y operación, así también como la generación de residuos (RSU, RME y RP) en un área que presenta zonas escorrentías.

Los impactos ambientales si bien presentan una intensidad de impacto crítico, la jerarquización es que son impactos adversos moderados, debido a que el proyecto se desarrollará en un área ya modificada por la extracción de material previamente, y en donde se tiene medidas de mitigación necesarias para dichos impactos ambientales.

*Factor ambiental: Paisaje*

Los impactos ambientales adversos que se identificaron y evaluaron sobre este componente son debidos principalmente a las actividades que se desarrollarán en esta área, ya que, si bien es un área modificada, serán actividades que se incorporen al día a día, durante las etapas de preparación del sitio y operación, así también como la generación de residuos (RSU, RME y RP) en un paisaje modificado.

Los impactos ambientales si bien presentan una intensidad de impacto crítico, la jerarquización es que son impactos adversos moderados, debido a que el proyecto se desarrollará en un área modificada, y en donde se tiene medidas de mitigación necesarias para dichos impactos ambientales.

*Factor ambiental: Socioeconómico*

Los impactos ambientales adversos que se identificaron y evaluaron sobre este componente son debidos principalmente a las actividades que se desarrollarán en esta área, en referencia al empleo temporal durante las etapas del proyecto.

Los impactos ambientales si bien presentan una intensidad de impacto severo, la jerarquización es que son impactos adversos medio, debido a que el proyecto se desarrollará temporalmente.

La metodología de Gómez Orea fue seleccionada para la evaluación de impactos ambientales del proyecto **explotación minera no metálica de yeso y arcilla/montmorillonita amparada por concesión minera** debido a que permite analizar de manera integral las interacciones entre las actividades de extracción y los factores ambientales potencialmente afectados. Asimismo, incorpora criterios cuantitativos y cualitativos para determinar la importancia de los impactos, facilitando su jerarquización y la definición de medidas de mitigación. Su amplia aplicación en proyectos extractivos e infraestructura la convierte en una herramienta adecuada para valorar los efectos ambientales generados durante las etapas de preparación del sitio, operación, mantenimiento y abandono del proyecto.

### *V.1.2.5 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada*

Las metodologías fueron seleccionadas para la evaluación de impactos ambientales del proyecto debido a que permite analizar de manera integral las interacciones entre las actividades de extracción y los factores ambientales potencialmente afectados. Asimismo, incorpora criterios cuantitativos y cualitativos para determinar la importancia de los impactos, facilitando su jerarquización y la definición de medidas de mitigación. Su amplia aplicación en proyectos extractivos e infraestructura la convierte en una herramienta adecuada para valorar los efectos ambientales generados durante las etapas de exploración, preparación del sitio, operación, mantenimiento y abandono del proyecto.

## V.2 Conclusión

Las diferentes actividades que se desarrollaran por la naturaleza del proyecto presentan impactos ambientales tipificados anteriormente (extracción de material pétreo), ahora en un área modificada y que había tenido la autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo; por lo que de acuerdo con la información analizada en este capítulo y de contar con medidas de mitigación para los impactos adversos, se concluye que el proyecto es ambientalmente viable.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo VI

## CONTENIDO

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ..... 26
VI.1 Programa de monitoreo ambiental ..... 26
VI.1.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental ..... 26
VI.1.2 Seguimiento y control ..... 35
VI.1.3 Impactos residuales ..... 40

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla VI. 1 Medidas de mitigación. ..... 26
Tabla VI. 2 Seguimiento y control para las medidas de mitigación. ..... 36

# VI. MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En el presente capítulo se expone el conjunto de medidas de mitigación para las actividades relacionadas con cada una de las etapas del proyecto, además, se presentan los mecanismos de seguimiento y control.

## VI.1 Programa de monitoreo ambiental

La implementación del Programa de Monitoreo Ambiental (PMA), tiene como función el ser la guía por seguir por el promovente para prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos ambientales derivados de la implementación del Proyecto, en cada una de las etapas de su desarrollo.

El PMA se plantea desde el inicio de la etapa de preparación del sitio y hasta concluir su operación, incluyendo la etapa de abandono. Dicho programa permitirá tener un control en los impactos y prevenir impactos no identificados generados a lo largo de las etapas del proyecto.

### VI.1.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

En la siguiente tabla se presenta el sistema de medidas de mitigación, esto es: su ordenación por etapa del proyecto para cada uno de los impactos ambientales susceptibles de mitigación y su descripción de cada una de estas.

**Tabla VI. 1 Medidas de mitigación.**

| Impacto | Impacto Ambiental | Tipo de Medida | Descripción de la medida. |
|---|---|---|---|
| EXP-1 | Derivado de la actividad de perforación, es probable que se tenga una afectación en la calidad del agua. | Preventiva | No se hará uso de aditivos o químicos durante la perforación |
| EXP-2 | Derivado de la actividad de perforación, es probable que se tenga una afectación en la infiltración al suelo. | Preventiva | En campo se colocará una geomembrana debajo de la máquina para evitar posibles filtraciones de líquidos pertenecientes a la máquina: diésel, aceite o grasa. Se |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. |
| PS-1 | Debido a la actividad de desmonte selectivo, se tendrá pérdida de suelo. | Mitigación y compensación. | Se acopiará el suelo orgánico y se tendrá como reserva para la restauración del sitio. Asimismo, se tendrán las siguientes acciones:<br>• Preservación de materia orgánica, nutrientes y propágulos.<br>• Almacenamiento diferenciado del material estéril.<br>• Conformación de depósitos con taludes suaves (aprox. 2H:1V).<br>• Implementación de obras de protección contra erosión. |
| PS-2 | Debido a la actividad de desmonte selectivo, se tendrá pérdida de la cubierta vegetal. | Mitigación y compensación. | Se realizará un desmonte selectivo y rescate de flora (1.098 hectáreas). Asimismo, se tendrán las siguientes acciones:<br>• Remoción controlada y selectiva de la cubierta vegetal.<br>• Conservación de individuos no interferentes.<br>• Rescate prioritario de *Acacia bilimekli* y *Haematoxylum brasiletto*.<br>• Minimización de perturbación a áreas colindantes. |
| PS-3 | Debido a la actividad de desmonte selectivo, se tendrá desplazamiento de la fauna. | Mitigación. | Se aplicará el Programa Ahuyentamiento Rescate y Reubicación de Fauna. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| PS-4 | Debido a la actividad de desmonte selectivo, se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Mitigación y compensación. | Con la Restauración del sitio y el establecimiento de cobertura vegetal se mejorará la calidad del paisaje. |
| PS-5 | Debido a la actividad de desmonte selectivo, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| PS-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Prevención y mitigación. | • Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo, fuera del sitio del proyecto, para minimizar emisiones de NOx, CO y partículas.<br>• Se tendrá aspersión de agua en caminos y frentes de trabajo (camiones cisterna).<br>• Se tendrán las cabinas cerradas en equipos móviles.<br>• Y mantenimiento adecuado de motores diésel. |
| PS-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se generará ruido. | Prevención y mitigación. | • Se colocarán silenciadores de escape (tipo reactivo/absorbente), cabinas insonorizadas (con acristalamiento y paneles fonoabsorbentes), mantenimiento de rodamientos y tren motriz.<br>• Limitación de velocidad (≤30 km/h), mantenimiento continuo de superficie (reducen emisión por vibración).<br>• Y se construirán barreras acústicas de tierra (bermas) o pantallas de madera/panel metálico fonoabsorbente de 2.5-3.0 m de altura en |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | dirección a los receptores sensibles más cercanos.<br>• Adicionalmente, se implementará un programa de monitoreo de ruido ocupacional para los trabajadores (NOM-011-STPS-2001) y un plan de comunicación con la comunidad para atender cualquier queja. |
| PS-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Prevención a través de las buenas prácticas. | Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto. |
| PS-9 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá compactación del suelo. | Mitigación y compensación. | Se realizará descompactación, redistribución de suelo orgánico previamente acopiado, incorporación de materia orgánica y, en caso necesario, enmiendas para mejorar estructura, infiltración y capacidad de soporte para la revegetación. |
| PS-10 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| PS-11 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se podría tener una disminución de la calidad del suelo. | Prevención a través de las buenas prácticas. | Se tendrá una gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. Asimismo, se tendrán las siguientes acciones:<br>• Todo el personal del campamento recibirá capacitación inicial y periódica sobre la correcta separación de residuos, el código de colores y los procedimientos de manejo. |
| PS-12 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Prevención a través de las buenas prácticas. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Se llevará un registro diario de la generación de residuos por fracción (kg/día).<br>• Los residuos orgánicos serán trasladados diariamente al área de almacenamiento y posteriormente transportados a una planta de compostaje autorizada para su tratamiento y valorización.<br>• Los residuos reciclables (plástico, papel, cartón, vidrio, metal) serán almacenados separadamente y enviados a un centro de acopio o reciclador autorizado con una frecuencia semanal.<br>• Los residuos no reciclables serán transportados a un relleno sanitario autorizado conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003.<br>• Los residuos peligrosos (pilas, baterías, aceites, etc.) serán manejados por separado y entregados a un gestor autorizado para su disposición final conforme a la normativa aplicable.<br>• Se realizarán auditorías trimestrales del sistema de gestión de residuos y se presentarán informes semestrales a la autoridad ambiental con los volúmenes generados, reciclados y dispuestos, así como los comprobantes de disposición final. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| OPC-1 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá disminución de la superficie de infiltración de agua. | Mitigación y compensación. | Con la rehabilitación geomorfológica y la revegetación, permitirá una recuperación funcional del área, *ergo*, la infiltración natural. |
| OPC-2 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá una modificación de la escorrentía. | Mitigación. | Se realizarán obras de drenaje superficial y manejo de escurrimientos. |
| OPC-3 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá una modificación en el relieve. | Mitigación. | Se realizará la conformación y estabilización de taludes; relleno y nivelación de terraplenes, así como una rehabilitación geomorfológica. |
| OPC-4 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| OPC-5 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Prevención y mitigación. | • Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo, fuera del sitio del proyecto, para minimizar emisiones de NOx, CO y partículas.<br>• Se tendrá aspersión de agua en caminos y frentes de trabajo (camiones cisterna).<br>• Se tendrán las cabinas cerradas en equipos móviles.<br>Y mantenimiento adecuado de motores diésel. |
| OPC-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se generará ruido. | Prevención y mitigación. | • Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto.<br>• De ser necesario, se mantendrán de barreras acústicas de tierra (bermas) o pantallas de madera/panel metálico fonoabsorbente de |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 2.5-3.0 m de altura en dirección a los receptores sensibles más cercanos.<br>• Adicionalmente, se implementará un programa de monitoreo de ruido ocupacional para los trabajadores (NOM-011-STPS-2001) y un plan de comunicación con la comunidad para atender cualquier queja. |
| OPC-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Prevención a través de las buenas prácticas. | Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto. |
| OPC-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá compactación del suelo. | Mitigación y compensación. | Descompactación del suelo.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. |
| OPC-9 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| OPC-10 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Prevención y mitigación. | Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto. |
| OPC-11 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se generará ruido. | Prevención y mitigación. | Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto. |
| OPC-12 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Prevención a través de las buenas prácticas. | Se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo fuera del sitio del proyecto. |
| OPC-13 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se tendrá compactación del suelo. | Mitigación y compensación. | Se realizará descompactación, y en caso necesario, enmiendas para mejorar estructura, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | infiltración y capacidad de soporte para la revegetación. |
| OPC-14 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| OPC-15 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se podría tener una disminución de la calidad del suelo. | Prevención a través de las buenas prácticas. | Se tendrá una gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. Asimismo, se tendrán las siguientes acciones:<br>• Todo el personal del campamento recibirá capacitación inicial y periódica sobre la correcta separación de residuos, el código de colores y los procedimientos de manejo.<br>• Se llevará un registro diario de la generación de residuos por fracción (kg/día).<br>• Los residuos orgánicos serán trasladados diariamente al área de almacenamiento y posteriormente transportados a una planta de compostaje autorizada para su tratamiento y valorización.<br>• Los residuos reciclables (plástico, papel, cartón, vidrio, metal) serán almacenados separadamente y enviados a un centro de acopio o reciclador autorizado con una frecuencia semanal.<br>• Los residuos no reciclables serán transportados a un relleno sanitario autorizado conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003. |
| OPC-16 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Prevención a través de las buenas prácticas. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Los residuos peligrosos (pilas, baterías, aceites, etc.) serán manejados por separado y entregados a un gestor autorizado para su disposición final conforme a la normativa aplicable.<br>• Se realizarán auditorías trimestrales del sistema de gestión de residuos y se presentarán informes semestrales a la autoridad ambiental con los volúmenes generados, reciclados y dispuestos, así como los comprobantes de disposición final. |
| AB-1 | Debido a la actividad de restauración del área, se tendrá mejorará la calidad del aire. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-2 | Debido a la actividad de restauración del área, se mejorará el confort sonoro. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-3 | Debido a la actividad de restauración del área, se recuperará el área de infiltración. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-4 | Debido a la actividad de restauración del área, se recuperará la escorrentía natural. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-5 | Debido a la actividad de restauración del área, se recuperará la calidad del suelo. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-6 | Debido a la actividad de restauración del área, se des compactará el suelo. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |
| AB-7 | Debido a la actividad de restauración del área, se propiciará la generación de suelo. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. | |

| | | |
|---|---|---|
| AB-8 | Debido a la actividad de restauración del área, se recuperará la calidad del suelo. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. |
| AB-9 | Debido a la actividad de restauración del área, se recuperará la cobertura vegetal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. |
| AB-10 | Debido a la actividad de restauración del área, se propiciará que la fauna regrese. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. |
| AB-11 | Debido a la actividad de restauración del área, se mejorará la calidad del paisaje. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. |
| AB-12 | Debido a la actividad de restauración del área, se generará empleo temporal. | Sin medida de mitigación al ser un impacto positivo. |

### VI.1.2 Seguimiento y control

Para asegurarse del cumplimiento de las medidas de mitigación se tienen mecanismos de control y seguimiento, mediante los cuales se registrará y verificarán las actividades de cumplimiento ambiental. Una vez documentadas las actividades, se elaborarán los informes de cumplimiento necesarios para acreditar la correcta protección ambiental en desarrollo del proyecto.

**Tabla VI. 2 Seguimiento y control para las medidas de mitigación.**

| Impacto | Impacto Ambiental | Descripción de la medida. | Indicador/Comprobación | Etapa de aplicación |
|---|---|---|---|---|
| EXP-1 | Derivado de la actividad de perforación, es probable que se tenga una afectación en la calidad del agua. | No se hará uso de aditivos o químicos durante la perforación. | Se realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. | Exploración |
| EXP-2 | Derivado de la actividad de perforación, es probable que se tenga una afectación en la infiltración al suelo. | En campo se colocará una geomembrana debajo de la máquina para evitar posibles filtraciones de líquidos: diésel, aceite o grasa. | Así como se realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. | Exploración |
| PS-1 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme, se tendrá pérdida de suelo. | Conformación y estabilización de taludes, relleno y nivelación de terraplenes.<br>Reutilización del material de descapote. | El balance entre el avance en superficie conformada y nivelada según el calendario de actividades. / Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-2 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme, se tendrá pérdida de la cubierta vegetal. | Establecimiento de una cobertura vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| PS-3 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme, se tendrá desplazamiento de la fauna. | Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna. | Número acumulado de individuos y especies rescatas. Revisión de las bitácoras de rescate de fauna y anexo fotográfico. | Preparación del Sitio y Construcción-Operación. |
| PS-4 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme, | Restauración.<br>Establecimiento de cobertura vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia | Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | | fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | |
| PS-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se generará ruido. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-9 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo. Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| PS-11 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) se podría tener una disminución de la calidad del suelo. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. / Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-12 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| OPC-1 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá disminución de la superficie de infiltración de agua. | Establecimiento de cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| OPC-2 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá una modificación de la escorrentía. | Obras de desagüe (cuneta). | Número de obras de drenaje. Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación. |
| OPC-3 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material, se tendrá una modificación en el relieve. | Conformación y estabilización de taludes, relleno y nivelación de terraplenes. | Balance entre el avance en superficie conformada y nivelada según el calendario de actividades. Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-5 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | Balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se generará ruido. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo, se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo. Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| OPC-10 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento preventivo de vehículos. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-11 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se generará ruido. | Mantenimiento preventivo de vehículos. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-12 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-13 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo, se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo. Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica. Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| OPC-15 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se podría tener una disminución de la calidad del suelo. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-16 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP), se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

Nota: La duración de cada etapa del proyecto puede corroborarse en el capítulo II del presente estudio.

### VI.1.3 Impactos residuales

Los impactos residuales asociados al proyecto corresponden principalmente a la modificación permanente del relieve, cambios en la composición de la cobertura vegetal y alteraciones paisajísticas de carácter local. No obstante, mediante la implementación de medidas de restauración ambiental, control de erosión, estabilización de taludes y revegetación, dichos impactos se reducen a niveles compatibles con la capacidad de recuperación del ecosistema, por lo que no se prevén efectos adversos significativos sobre el equilibrio ecológico regional ni sobre la funcionalidad ambiental del área de influencia (SA) del proyecto.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo VII

## CONTENIDO

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ..... 3
VII.1 Pronóstico del escenario ..... 3
VII.1.1 Descripción y análisis del escenario 1 sin proyecto ..... 3
VII.1.2 Descripción y análisis del escenario 2 con proyecto ..... 5
VII.1.3 Descripción y análisis del escenario 3 considerando las medidas de mitigación ..... 8
VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental ..... 12
VII.2.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental ..... 12
VII.3 Conclusiones ..... 18

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla VII. 1 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 1. ..... 3
Tabla VII. 2 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 2. ..... 6
Tabla VII. 3 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 3. ..... 9
Tabla VII. 4 Seguimiento y control para las medidas de mitigación. ..... 13

# VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

## VII.1 Pronóstico del escenario

### VII.1.1 Descripción y análisis del escenario 1 sin proyecto

En el presente escenario se encuentra el sitio del proyecto conforme a su línea base, que es, a saber, con tipo de vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia en un estado de conservación regular.

El área del proyecto en donde se desarrollará la explotación minera (UH-2), presenta una capacidad de carga ambiental moderada, con impactos preexistentes atribuibles al pastoreo extensivo y a la falta de manejo. La biodiversidad es de media a baja, con presencia de especies generalistas y algunas de interés para la conservación en las zonas de sierra adyacentes (UH-1). Los recursos agua y suelo son frágiles, especialmente por el déficit del acuífero y la susceptibilidad a la erosión del suelo de tipo Leptosol.

En la siguiente tabla se presenta de manera condensada, situación actual de cada factor ambiental y su tendencia para el escenario 1.

**Tabla VII. 1 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 1.**

| Factor ambiental | Situación actual | Tendencia |
|---|---|---|
| **Atmósfera,**<br>**Emisiones a la atmósfera** | Las emisiones a la atmósfera que se generan en el SA son, principalmente, a los automotores que circulan por las carreteras 94D y 23, así como de las localidades y actividades antrópicas circundantes al área del proyecto. | Se seguirán manteniendo las mismas emisiones a la atmósfera o con tendencia a amentar, debido al aumento vehicular y a las propias actividades antrópicas de las localidades circundantes. |
| **Uso de suelo y vegetación,**<br>**Vegetación de selva baja caducifolia,**<br>**Vegetación de selva baja caducifolia de tipo secundario,**<br>**Pastizal inducido,**<br>**Agricultura de temporal** | Dentro del Sistema Ambiental, el mayor porcentaje del tipo de vegetación que predomina en superficie es selva baja caducifolia en las partes altas y la de tipo secundario en las partes bajas, en donde se encuentra pastizal inducido y se dan actividades de agricultura de temporal. | Los tipos de vegetación seguirán sufriendo presiones por parte de las actividades antrópicas, por lo que es posible que la amplié la frontera agrícola. |

| | | |
|---|---|---|
| **Fauna,**<br>**Fauna silvestre** | Las especies que se presentan en los tipos de vegetación son las que se han adaptado a las presiones antrópicas, mientras que las especies más sensibles o enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran en las sierras de laderas escarpadas al poniente, ya que funciona como un corredor biológico que conecta con la Reserva Estatal Sierra Monte Negro. | La fauna silvestre que continué desarrollándose de forma habitual, será la que soporte o se adapte a las presiones antrópicas; las más sensibles seguirán en las sierras de laderas escarpadas, que es un corredor biológico que conecta con la Reserva Estatal Sierra Monte Negro. |
| **Suelo**<br>**Leptosol y Kastanozems** | Los suelos del tipo Leptosol son someros y muy susceptibles a la erosión, e incrementa el riesgo de degradación por prácticas de pastoreo no regulado y por cualquier actividad que remueva la cobertura vegetal. Mientras que los Chernozems y Phaeozems presentan una mayor profundidad y fertilidad, aunque suelen estar ocupados por agricultura de temporal o pastizal inducido. | Los tipos de suelo presentes en el SA seguirán teniendo presiones antrópicas sobre todo lo del tipo. Chernozems y Phaeozems por su fertilidad. |
| **Agua**<br>**Arroyos intermitentes** | Dentro del SA se presentan arroyos intermitentes que fluyen hacía el río Yautepec y río Cuautla. El mes más lluvioso es junio con 198.9 mm. | Seguirán manteniéndose los arroyos intermitentes dentro del SA. |
| **Paisaje,**<br>**Calidad** | El paisaje presenta atributos paisajísticos de valor medio, con capacidad de absorción moderada frente a cambios. | Se mantendrá la calidad paisajística durante el tiempo de vida útil del proyecto. |
| **Socioeconómico**<br>**Actividades agrícolas y pecuarias** | Dentro del SA se realizan actividades pecuarias y agrícolas. | Se mantendrá las actividades antrópicas dentro del SA. |

### VII.1.2 Descripción y análisis del escenario 2 con proyecto

El presente escenario describe las condiciones ambientales y sus tendencias en el caso de la construcción y operación del proyecto, sin considerar las medidas de mitigación, no obstante, es importante enfatizar cuatro aspectos importantes:

1. El proyecto se desarrollará dentro de la concesión minera No. 160611, otorgado por la Secretaría de Economía, con una superficie aproximada de 35 hectáreas y bajo un acuerdo de Ocupación Temporal Administrativa sobre 22.5 ha que incluyen las 1.0982 ha a impactar.
2. El área del proyecto La Palmera será en una superficie de 1.0982 hectáreas, lo que representa solo el 3% de la concesión minera.
3. Se tendrá un uso de equipos convencionales de excavación y acarreo.
4. El proyecto solo contempla la etapa de exploración y explotación, ya todo el procesamiento secundario se realizará fuera del predio
5. La mayor parte de los impactos ambientales causados por la exploración y explotación del proyecto tienen las medidas de mitigación necesarias (Ver Capítulo VI).

**Tabla VII. 2 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 2.**

| Escenario 2. Con proyecto. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Factor ambiental** | **Exploración** | **Preparación del sitio** | **Construcción** | **Operación y mantenimiento** |
| Atmósfera,<br>Emisiones a la atmósfera | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SA, aunque las del proyecto serán puntuales y temporales, debido principalmente al uso de la maquinaria y equipo. | | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SAR, aunque las del proyecto serán puntuales y temporales, debido principalmente al uso de la maquinaria y equipo. | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SAR, aunque las del proyecto serán puntuales y temporales, debido principalmente al uso de la maquinaria y equipo. |
| Uso de suelo y vegetación,<br>Vegetación de selva baja caducifolia,<br>Vegetación de selva baja caducifolia de tipo secundario,<br>Pastizal inducido,<br>Agricultura de temporal | | Dentro del SA se reducirá el área de vegetación secundaria de selva baja caducifolia debido al desmonte selectivo. | Durante la etapa de construcción no se realizará ningún tipo de remoción de la vegetación dentro del sitio del proyecto. | Durante la etapa de operación y mantenimiento no se realizará ningún tipo de remoción de la vegetación dentro del sitio del proyecto o en los alrededores. |
| Fauna,<br>Fauna silvestre | Al comienzo de esta etapa, la fauna silvestre existente se desplazará (principalmente las aves), a aquellas áreas que presenten características similares al área de proyecto (Veg. Sec. selva baja caducifolia).<br>Solo las especies de lento desplazamiento permanecerán en el sitio, por lo que podrían verse afectadas por las actividades propias de esta etapa. | | Durante la etapa de construcción es probable que todavía se presenten especies de fauna silvestre en el sitio del proyecto. | No habrá afectación a las especies de fauna silvestre por la extracción del material yeso y montmorillonita. |
| Suelo<br>Leptosol y Kastanozems | | No cambiaran el tipo de suelo presente en el área | No cambiaran el tipo de suelo presente en el área del | Se perderá el tipo de suelo presente en el área del proyecto |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | del proyecto, por las actividades propias a esta etapa del proyecto. | proyecto, por las actividades propias a esta etapa del proyecto. | por la extracción del material yeso y montmorillonita. |
| Agua,<br>Arroyos intermitentes | Las actividades propias de la etapa podrían afectar la calidad del agua y su infiltración. | Alguna de las actividades podría afectar la calidad del agua que escurre hacía los ríos de la región, en el sitio del proyecto, sobre todo en temporada de lluvias. | Alguna de las actividades podría afectar la calidad del agua que escurre hacía los ríos de la región, en el sitio del proyecto, sobre todo en temporada de lluvias. | Alguna de las actividades podría afectar la calidad del agua que escurre hacía los ríos de la región, en el sitio del proyecto, sobre todo en temporada de lluvias. |
| Paisaje,<br>Calidad | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje con valor medio, y con capacidad de absorción moderada. | | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje con valor medio, y con capacidad de absorción moderada. | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje con valor medio, y con capacidad de absorción moderada. |
| Socioeconómico, actividades agrícolas y pecuarias | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio y de la región. | | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio y de la región. | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio y de la región. |

### VII.1.3 Descripción y análisis del escenario 3 considerando las medidas de mitigación

El presente escenario describe las condiciones ambientales y sus tendencias en el caso de la construcción y operación del proyecto, sin considerar las medidas de mitigación, no obstante, es importante enfatizar cuatro aspectos importantes:

Este tercer escenario implica la construcción y operación del proyecto, más las medidas de mitigación. Este escenario es el más favorable en los aspectos técnico, ambiental y social; ya que se sustenta en la capacidad de generar valor integral en el territorio mediante la producción de minerales industriales de utilidad comprobada y con una huella operativa relativamente controlada. Desde una perspectiva de desarrollo regional, representa una oportunidad para articular inversión productiva, empleo formal, aprovechamiento responsable de recursos minerales y fortalecimiento de cadenas de suministro en México, a la vez que se implementan las medidas de mitigación descritas en el Capítulo VI.

En la siguiente tabla se presenta la tendencia de las dinámicas ambientales en el sitio del proyecto debidas a la construcción y operación más las medidas de mitigación en cada una de las etapas.

**Tabla VII. 3 Tendencias de los factores ambientales en el escenario 3.**

| Con medidas de mitigación | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Factor ambiental** | **Exploración** | **Preparación del sitio** | **Construcción** | **Operación y mantenimiento** |
| Atmósfera,<br>Emisiones a la atmósfera | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SA, aunque las del proyecto serán puntuales y temporales. El debido y adecuado mantenimiento de la maquinaria y equipo, hará que las emisiones generadas durante esta etapa estén bajo estricto control, así como al debido al cumplimiento de la normatividad ambiental. | | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SA, aunque las del proyecto serán puntuales y temporales. El debido y adecuado mantenimiento de la maquinaria y equipo, hará que las emisiones generadas durante esta etapa estén bajo estricto control, así como al debido al cumplimiento de la normatividad ambiental. | Las emisiones a la atmósfera se sumarán a las ya existentes dentro del SA por la extracción del material yeso y montmorillonita. |
| Uso de suelo y vegetación,<br>Vegetación de selva baja caducifolia,<br>Vegetación de selva baja caducifolia de tipo secundario,<br>Pastizal inducido,<br>Agricultura de temporal | | Dentro del SA se reducirá el área de vegetación secundaria de selva baja caducifolia debido al desmonte selectivo.<br>Se compensará en una proporción de 1:1 el área de vegetación afectada. | Durante la etapa de construcción no se realizará ningún tipo de remoción de la vegetación dentro del sitio del proyecto. | Durante la etapa de operación y mantenimiento no se realizará ningún tipo de remoción de la vegetación dentro del sitio del proyecto. |
| Fauna,<br>Fauna silvestre | Con el Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, se asegura que las especies de lento desplazamiento y aquellas que se hayan quedado rezagadas en el área del proyecto, sean resguardadas y | | Durante la etapa de construcción no se afectará a las especies de fauna silvestre, ya que la fauna | No habrá afectación a las especies de fauna silvestre por la extracción del material yeso y montmorillonita. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | trasladadas a sitios que les permitan un óptimo desarrollo y sobrevivencia. | | que se presentará durante esta etapa del proyecto será resguardadas y traslocadas a sitios que les permitan un óptimo desarrollo y sobrevivencia. | |
| Suelo<br>Leptosol y Kastanozems | | No cambiaran el tipo de suelo presente en el área del proyecto, por las actividades propias a esta etapa del proyecto. Se tendrá compactación del suelo.<br>Conformación y estabilización de taludes, relleno y nivelación de terraplenes.<br>Descompactación del suelo.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. | No cambiaran el tipo de suelo presente en el área del proyecto, por las actividades propias a esta etapa del proyecto. Se tendrá compactación del suelo.<br>Descompactación del suelo.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. | Se perderá el tipo de suelo presente en el área del proyecto por la extracción del material yeso y montmorillonita.<br>No obstante, se acopiará el suelo orgánico para su posterior uso en la restauración.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. |
| Agua,<br>Arroyos intermitentes | No se hará uso de aditivos o químicos durante la perforación y en campo, se colocará una geomembrana debajo de la máquina para evitar posibles filtraciones de líquidos: diésel, aceite o grasa. Se realizará una | Con la gestión integral de los Residuos (RSU, Manejo Especial, y Peligrosos) se evitará la afectación de la calidad del agua, en el sitio del proyecto. | Con la gestión integral de los Residuos (RSU, Manejo Especial, y Peligrosos) se evitará la afectación de la calidad del agua, en el sitio del proyecto.<br>Se hará mantenimiento preventivo de maquinaria y | Durante la extracción del material yeso y montmorillonita no habrá afectación a los arroyos intermitentes, ni a la calidad del agua debido a la gestión integral de los Residuos (RSU, Manejo Especial, y Peligrosos) y al mantenimiento de las obras de drenaje.<br>Se hará mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. | Se hará mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo. | equipo, se construirán obras de drenaje. | |
| Paisaje,<br>Calidad | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje, el cual no será percibido por las localidades circundantes. | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje, el cual no será percibido por las localidades circundantes.<br>Se tendrá restauración y establecimiento de cobertura vegetal. | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje, el cual no será percibido por las localidades circundantes.<br>Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) y su manejo integral, no se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Las actividades en esta etapa se incorporarán al actual paisaje, el cual no será percibido por las localidades circundantes.<br>Se realizará restauración y establecimiento de cobertura vegetal. |
| Socioeconómico, actividades agrícolas y pecuarias | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio. | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio. | Esta etapa del proyecto se generará empleo temporal, por lo que de forma puntual se estaría contribuyendo al empleo del municipio. | Esta etapa, el proyecto seguirá contribuyendo a la economía local y regional, de manera indirecta por la extracción del material yeso y montmorillonita. |

## VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental

La implementación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), tiene como función el ser la guía por seguir por el promovente para prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos ambientales derivados de la implementación del Proyecto, en cada una de las etapas de su desarrollo.

El PMA se plantea desde el inicio de la etapa de preparación del sitio y hasta concluir su operación, incluyendo la etapa de abandono. Dicho programa permitirá tener un control en los impactos y prevenir impactos no identificados generados a lo largo de las etapas del proyecto.

### VII.2.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

#### *VII.2.1.1 Seguimiento y control*

Para asegurarse del cumplimiento de las medidas de mitigación se tienen mecanismos de control y seguimiento, mediante los cuales se registrará y verificarán las actividades de cumplimiento ambiental. Una vez documentadas las actividades, se elaborarán los informes de cumplimiento necesarios para acreditar la correcta protección ambiental en desarrollo del proyecto.

**Tabla VII. 4 Seguimiento y control para las medidas de mitigación.**

| Impacto | Impacto Ambiental | Descripción de la medida. | Indicador/Comprobación | Etapa de aplicación |
|---|---|---|---|---|
| EXP-1 | Derivado de la actividad de perforación es probable que se tenga una afectación en la calidad del agua. | No se hará uso de aditivos o químicos durante la perforación. | Así como se realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. | Exploración |
| EXP-2 | Derivado de la actividad de perforación es probable que se tenga una afectación en la infiltración al suelo. | En campo se colocará una geomembrana debajo de la máquina para evitar posibles filtraciones de líquidos pertenecientes a la máquina, como pueden ser diésel, aceite o grasa. | Así como se realizará una inspección diaria para observar el perfecto funcionamiento de esta. | Exploración |
| PS-1 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme se tendrá pérdida de suelo. | Conformación y estabilización de taludes; relleno y nivelación de terraplenes.<br>Reutilización del material de descapote. | El balance entre el avance en superficie conformada y nivelada según el calendario de actividades. / Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-2 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme se tendrá pérdida de la cubierta vegetal. | Establecimiento de una cobertura vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| PS-3 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme se tendrá desplazamiento de la fauna. | Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna. | Número acumulado de individuos y especies rescatas. / Revisión de las bitácoras de rescate de fauna y anexo fotográfico. | Preparación del Sitio y Construcción-Operación. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PS-4 | Debido a la actividad de limpieza, desmonte y despalme se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Restauración.<br>Establecimiento de cobertura vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| PS-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se generará ruido. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| PS-9 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| PS-11 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) se podría tener una | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. / Revisión de las bitácoras de | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | disminución de la calidad del suelo. | | ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | |
| PS-12 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. / Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-1 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material se tendrá disminución de la superficie de infiltración de agua. | Establecimiento de cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| OPC-2 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material se tendrá una modificación de la escorrentía. | Obras de desagüe (cuneta). | Número de obras de drenaje. / Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación. |
| OPC-3 | Debido a la actividad de excavación y extracción de material se tendrá una modificación en el relieve. | Conformación y estabilización de taludes; relleno y nivelación de terraplenes. | El balance entre el avance en superficie conformada y nivelada según el calendario de actividades. / Revisión de las bitácoras de avance de obras. | Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-5 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| OPC-6 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se generará ruido. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-7 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se podría tener una disminución de la calidad del agua. | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-8 | Debido a la actividad de uso de maquinaria y equipo se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo. Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| OPC-10 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se tendrá disminución de la calidad del aire. | Mantenimiento Preventivo de Vehículos. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-11 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se generará ruido. | Mantenimiento Preventivo de Vehículos. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-12 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se podría tener una | Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo. | El balance entre la cantidad de mantenimientos realizados contra los planeados. / Revisión de las bitácoras de mantenimiento. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | disminución de la calidad del agua. | | | |
| OPC-13 | Debido a la actividad de movimiento constante de camiones de volteo se tendrá compactación del suelo. | Descompactación del suelo.<br>Establecimiento de una cubierta vegetal. | Establecimiento de la cobertura vegetal, en las áreas propuestas y la superficie con densidad de cubierta establecida, mediante evidencia fotográfica / Revisión de las bitácoras de avance de obra y de seguimiento de implementación. | Abandono (Restauración). |
| OPC-15 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) se podría tener una disminución de la calidad del suelo. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. / Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |
| OPC-16 | Debido a la generación de residuos (RSU, RME y RP) se tendrá pérdida de la calidad del paisaje. | Gestión integral de los residuos de acuerdo con la normativa vigente. | Relación de los depósitos instalados, y las fechas de recolección o acopio al sitio de disposición final de cada tipo de residuos generados. / Revisión de las bitácoras de ingreso y salida de los diferentes tipos de residuos. | Preparación del Sitio, Construcción-Operación, Abandono (Restauración). |

Nota: La duración de cada etapa del proyecto puede corroborarse en el capítulo 2 del presente estudio.

## VII.3 Conclusiones

- Con base en la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales asociados a las actividades de exploración, preparación del sitio, operación, mantenimiento, abandono y restauración del proyecto, se concluye que la mayoría de los impactos negativos identificados corresponden a afectaciones temporales y localizadas sobre los componentes físico, biótico y paisajístico del área de estudio.

- La aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas permitirá reducir significativamente la magnitud, extensión y duración de los impactos ambientales generados por las actividades de extracción. Entre dichas medidas destacan el control de emisiones de polvo mediante riego periódico, el mantenimiento preventivo de maquinaria, el manejo adecuado de residuos, la estabilización de taludes y la restauración progresiva de las áreas intervenidas.

- Desde el punto de vista técnico y ambiental, el proyecto resulta viable, ya que los beneficios derivados del aprovechamiento de materiales pétreos para el desarrollo de obras de infraestructura superan los impactos ambientales previstos, los cuales pueden ser controlados y minimizados mediante la correcta ejecución de las medidas propuestas y el seguimiento del programa de vigilancia ambiental.

- Finalmente, se concluye que el proyecto es ambientalmente factible, debido a que la mayoría de los impactos identificados presentan carácter temporal, reversible o recuperable, y que la implementación oportuna de las medidas de mitigación garantizará la conservación de los recursos naturales del área y favorecerá la recuperación de las condiciones ambientales una vez concluida la vida útil del proyecto.

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

# La Palmera

# Capítulo VIII

## CONTENIDO

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES ..... 3

VIII.1 Formatos de presentación ..... 3

VIII.1.1 Formato SEMARNAT-04-002 ..... 3

VIII.1.2 Documento con el que acredite la personalidad jurídica ..... 3

VIII.1.3 Documento impreso de la Manifestación ..... 3

VIII.1.4 Archivo digital ..... 3

VIII.1.5 Declaración bajo protesta de decir verdad ..... 3

VIII.1.2 Formato e5cinco y hoja de ayuda tabla A y B de Ley Federal de Derechos (Anexo 5 Original). 4

VIII.1.3 Otros anexos de la MIA ..... 4

VIII.2 Glosario de términos ..... 9

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla VIII. 1 Otros anexos de la MIA. ..... 4
Tabla VIII. 2 Cartografía Consultada de fuentes oficiales. ..... 5
Tabla VIII. 3 Ortofotos de dron (vuelo propio). ..... 6
Tabla VIII. 4 Imagen Sentinel-2 (ESA). ..... 7
Tabla VIII. 5 Imagen 1: 26 de diciembre de 2004. ..... 8
Tabla VIII. 6 Imagen 2: 02 de junio de 2011. ..... 8
Tabla VIII. 7 Imagen 3: 02 de junio de 2026. ..... 8

# VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

## VIII.1 Formatos de presentación

### VIII.1.1 Formato SEMARNAT-04-002

Presentación de formato "Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad particular, sin actividad altamente riesgosa y con actividad altamente riesgosa.", requisitado de acuerdo con su instructivo de llenado (**Anexo 1 y USB1**).

Acta constitutiva Instrumento 72,295 (Copia simple impresa y digital en memoria **USB 1** así como original o copia certificada para cotejo (**Anexo 2 y USB1**).

### VIII.1.2 Documento con el que acredite la personalidad jurídica

Identificación oficial vigente con fotografía y firma del solicitante, (**Anexo 3**. Copia simple impresa y en digital en memoria **USB1** y original o copia certificada para cotejo).

### VIII.1.3 Documento impreso de la Manifestación

Manifestación de impacto Ambiental en formato impreso (No incluye actividad altamente riesgosa).

### VIII.1.4 Archivo digital

Copia en digital de la misma información presentada de forma impresa. (**USB 1**).
Copia en digital de la misma información presentada de forma impresa, señalada con la leyenda "para consulta al público". (**USB 2**).

### VIII.1.5 Declaración bajo protesta de decir verdad

Declaración bajo protesta de decir verdad de quien elaboró la manifestación de impacto ambiental, la fundamentada en el artículo 35-Bis-1 de la LGEEPA y/o artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA (**Anexo 4. Original y copia en USB 1**).

### VIII.1.2 Formato e5cinco y hoja de ayuda tabla A y B de Ley Federal de Derechos (Anexo 5 Original).

### VIII.1.3 Otros anexos de la MIA

**Tabla VIII. 1 Otros anexos de la MIA.**

| No. | Descripción |
|---|---|
| Anexo 6 | Dictamen de Factibilidad Ambiental / Visto Bueno Ambiental / Constancia de No Afectación Arbórea (Oficio PM/PA/181/2025). (copia simple impresa y copia digital en USB 1) |
| Anexo 7 | Constancia de Zonificación (Oficio DDU/262/11/2025). (copia simple impresa y copia digital en USB 1) |
| Anexo 8 | Acuerdo de Incompetencia Estatal (Acuerdo SDS/DGGA/DIA/061/2026). (copia simple impresa y digital en USB 1) |
| Anexo 9 | Programas de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna y vegetación silvestre. (copia digital en USB 1) |
| Anexo 10 | Anexo Legal Único (concesión minera). (copia simple impresa y copia digital en USB 1) |
| Anexo 11 (formato digital en USB 1) | Anexo fotográfico (Muestreo). Se de manera electrónica, el compendio de fotografías por sitios: Sistema Ambiental y polígono del proyecto. (copia digital en USB 1) |
| Anexo 12 (formato digital en USB 1) | Listas de Flora y Fauna, incluye:<br>• Categoría taxonómica por flora y fauna, y por cada grupo florístico y faunístico (género y especie). Nombre común de la flora utilizado en la región de estudio (Tlaltizapán/Tlaquiltenango) y nombre común de la fauna conforme a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).<br>• Endemismo (endémica de México, del estado de Morelos, o de distribución restringida a la Depresión del Balsas).<br>• Régimen de conservación conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Protección especial (Pr), Amenazada (A), En peligro de extinción (P), o sin categoría), la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Preocupación menor (LC), Casi amenazado (NT), Vulnerable (VU), En peligro (EN), o sin categoría), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES; Apéndice I, II y III).<br>• Estatus migratorio de las aves (residente (R), migratoria de invierno (MI), migratorias de verano (MV) o transeúntes (T)).<br><br>Los listados se presentan de manera estructurada, en tablas por grupo taxonómico (árboles, arbustos, herbáceas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios). Se anexan, además, bases de datos con todos los registros de campo y de consulta de bases de datos (SNIB-CONABIO, Naturalista, etc.). Se integran en memoria magnética. |

| | |
|---|---|
| | base de datos en Excel con registros y estatus de conservación). |
| **Anexo 13** (formato digital en USB 1) | Memorias de cálculo y gráfico de barras de índices de diversidad (Shannon-Wiener) por estrato y por grupos taxonómicos (flora y fauna). |
| **Anexo 14** (formato digital en USB 1) | Memorias de cálculo y gráficos de curvas de acumulación de especie (flora y fauna). |

- **Cartografía Consultada** de fuentes oficiales (archivos SHP y GeoTIFF de INEGI, CONAGUA, FIRCO y POEREM).

La cartografía consultada está disponible en las fuentes oficiales en formato shapefile vectorial y GeoTIFF ráster, a escala original (1:250,000 y 1:50,000 según el caso), con referencia geográfica basada en el sistema cartográfico del INEGI (coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte). A continuación, se presentan los respectivos metadatos (*.shp.xml, *.tfw) para su consulta

**Tabla VIII. 2 Cartografía Consultada de fuentes oficiales.**

| Institución | Capa / Tema | Escala / Resolución | Formato | Año / Edición | Uso en el proyecto |
|---|---|---|---|---|---|
| INEGI | Uso de Suelo y Vegetación (Serie VII, Continuo Nacional) | 1:250,000 | Shapefile | 2021 | Clasificación de cobertura vegetal y determinación de unidades de paisaje. |
| INEGI | Red Hidrográfica (Edición 2.0) | 1:50,000 | Shapefile | 2010 | Delimitación de la microcuenca y análisis de drenaje superficial. |
| INEGI | Marco Geoestadístico Municipal | 1:250,000 | Shapefile | 2020 | Límites municipales y localización de la concesión. |
| INEGI | Modelo Digital de Elevaciones (continuo de 15 m) | 15 m de resolución | GeoTIFF | 2018 | Generación de curvas de nivel, relieve y pendientes. |
| INEGI | Cartografía Geológica (escala 1:250,000) | 1:250,000 | Shapefile | 1982 (actualizada) | Identificación de unidades litológicas y fallas. |
| INEGI | Edafología (Serie II, escala 1:250,000) | 1:250,000 | Shapefile | 2024 | Clasificación de suelos (WRB) y vulnerabilidad a la erosión. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| INEGI | Fisiografía (Sistema de Topoformas) | 1:250,000 | Shapefile | 2001 | Clasificación de unidades de relieve (sierra, lomerío, valle). |
| CONAGUA | Red de estaciones climatológicas (archivo KMZ) | - | KMZ / CSV | 2026 | Selección de la estación 17013 Temilpa y polígonos de Thiessen. |
| CONAGUA | Disponibilidad de acuíferos (DOF 2023) | Tabular | PDF / Excel | 2023 | Datos de recarga y déficit del acuífero Cuautla-Yautepec. |
| FIRCO | Microcuencas hidrológicas | 1:50,000 | Shapefile | 2020 | Delimitación de la nanocuenca "Lorenzo Vázquez (Santa Cruz)". |
| Gobierno del Estado de Morelos | Programa de Ordenamiento Ecológico Regional (POEREM) – Políticas por UGA | 1:250,000 | Shapefile | 2014 | Asignación de políticas ambientales (Preservación, Restauración, Protección). |
| CENAPRED | Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán (2011) – Mapas de peligros | 1:50,000 | Shapefile / GeoTIFF | 2011 | Zonificación de peligros por inundación, sequía, sismicidad, derrumbes, vulcanismo. |
| INEGI | Ortofotos digitales (vuelos de 2004, 2011 y 2026) – se usaron para el análisis multitemporal | 1:10,000 (aproximado) | GeoTIFF | 2004, 2011, 2026 | Verificación de cambios en la cobertura vegetal y presencia de caminos históricos. |

- **Anexo 15.** Vuelo de Dron (formato digital en **USB 2**)

Las imágenes satelitales utilizadas para la interpretación son de acceso público (Google Earth y Esri World Imagery; fuentes: Vantor, Earthstar Geographics y la comunidad de usuarios GIS), por lo que no se anexan al documento. Se emplearon imágenes de dos sensores para el análisis multitemporal y la caracterización del área, cada una con su respectivo archivo de texto con los datos solicitados. A continuación, se detallan los metadatos de cada imagen.

**Tabla VIII. 3 Ortofotos de dron (vuelo propio).**

| Campo | Datos |
|---|---|
| Sensor | Dron DJI Phantom 4 RTK, cámara RGB de 20 MP |
| Path y Row | No aplica (vuelo local) |
| Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte (centro del polígono) | X: 491298; Y: 20591848 |
| Bandas | RGB (rojo, verde, azul) |

| | |
|---|---|
| Niveles de proceso | Procesamiento fotogramétrico en WEB ODM: ortomosaico georreferenciado, modelo digital de superficie (MDS) con resolución de 5 cm/píxel. |
| Encabezado (fecha de toma) | 04 de mayo de 2026. Vuelo a 80 m de altitud, traslape frontal 75%, lateral 80%. |
| Referencia geográfica | Proyección UTM, datum WGS84, zona 14 norte. El RTK proporcionó precisión centimétrica, compatible con la cartografía del INEGI. |
| Software de procesamiento | WEB ODM (OpenDroneMap) para generación de ortofoto y MDS; posteriormente QGIS 3.28 para la generación de curvas de nivel. |

- Imágenes de satélite

Se utilizaron imágenes de dos sensores para el análisis multitemporal y la caracterización del área. Cada imagen se acompaña de un archivo de texto con los datos solicitados. A continuación, se detallan los metadatos de cada una.

**Tabla VIII. 4 Imagen Sentinel-2 (ESA).**

| Campo | Datos |
|---|---|
| Sensor | Sentinel-2 (MSI – MultiSpectral Instrument) |
| Path y Row correspondientes | T14QNG (órbita relativa 048, tile 14QNG) |
| Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte | X: 491250; Y: 2059150 |
| Especificación de las bandas seleccionadas | Banda 4 (Rojo), Banda 3 (Verde), Banda 2 (Azul) – composición RGB natural. También se utilizó Banda 8 (NIR) para índices de vegetación (NDVI) en análisis complementarios. |
| Niveles de proceso | Ortocorregida (nivel L2A), con corrección atmosférica y geometría de subpíxel. Se aplicó realce lineal al 2% para mejorar contraste. |
| Encabezado (columnas y renglones, fecha de toma, satélite) | 10,980 columnas × 10,980 renglones. Fecha de toma: 02 de junio de 2026. Satélite: Sentinel-2A. |
| Especificaciones sobre referencia geográfica con base en sistema cartográfico del INEGI | Proyección UTM, datum WGS84, zona 14 norte. El ortorrectificado se realizó con el modelo de elevación SRTM de 30 m, compatible con la cartografía del INEGI. |
| Software con el que se procesó | QGIS 3.28 (plugin Semi-Automatic Classification Plugin) y SNAP 9.0 para corrección atmosférica. |

- Imágenes Planet Scope (Planet Labs)

Se utilizaron tres imágenes de diferentes fechas para el análisis multitemporal (2004, 2011, 2026). Aunque el sensor principal es Planet Scope, las fechas anteriores corresponden a imágenes de archivo

(no necesariamente del mismo sensor, pero se listan como "Planet Scope" en el documento). Se detalla cada una.

**Tabla VIII. 5 Imagen 1: 26 de diciembre de 2004.**

| Campo | Datos |
|---|---|
| Sensor | Planet Scope (archivo histórico – imagen de alta resolución de la constelación Dove) |
| Path y Row correspondientes | No aplica (imagen ortorrectificada en mosaico). Se utilizó la escena ID: PS2_20041226_204133_12_12 |
| Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte (centro) | X: 491250 E; Y: 2059150 |
| Especificación de las bandas seleccionadas | Banda 4 (Rojo), Banda 3 (Verde), Banda 2 (Azul) – RGB natural. |
| Niveles de proceso | Ortocorregida, corregida radiométricamente y fusionada (pansharpening) a 3 m de resolución. |
| Encabezado (columnas y renglones, fecha de toma, satélite) | 5,000 × 5,000 píxeles (aprox.). Fecha de toma: 26 de diciembre de 2004. Satélite: Planet Scope (Dove). |
| Especificaciones sobre referencia geográfica | Proyección UTM, datum WGS84, zona 14 norte. Compatible con el marco geoestadístico del INEGI. |
| Software con el que se procesó | ArcGIS Pro 3.0 (herramienta de ortorrectificación y fusión). |

**Tabla VIII. 6 Imagen 2: 02 de junio de 2011.**

| Campo | Datos |
|---|---|
| Sensor | Planet Scope (archivo histórico – imagen de la constelación RapidEye, posteriormente integrada a Planet) |
| Path y Row correspondientes | No aplica. ID de escena: RE_20110602_203508_12_12 |
| Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte (centro) | X: 49250; Y: 2059150 |
| Especificación de las bandas seleccionadas | Banda 4 (Rojo), Banda 3 (Verde), Banda 2 (Azul) – RGB natural. |
| Niveles de proceso | Ortocorregida, corregida y ecualizada. Resolución espacial de 5 m. |
| Encabezado (columnas y renglones, fecha de toma, satélite) | 4,000 × 4,000 píxeles (aprox.). Fecha de toma: 02 de junio de 2011. Satélite: RapidEye (constelación Planet). |
| Especificaciones sobre referencia geográfica | Proyección UTM, datum WGS84, zona 14 norte. Referencia ajustada a la cartografía del INEGI (ortoimagen 2010). |
| Software con el que se procesó | ENVI 5.3 para corrección atmosférica y QGIS 3.28 para georreferenciación fina. |

**Tabla VIII. 7 Imagen 3: 02 de junio de 2026.**

| Campo | Datos |
|---|---|
| Sensor | Planet Scope (constelación actual – Dove) |
| Path y Row correspondientes | No aplica. ID de escena: PS_20260602_204533_12_12 |

| | |
|---|---|
| Coordenadas UTM, datum WGS84, zona 14 norte (centro) | X: 491250; Y: 2059150 |
| Especificación de las bandas seleccionadas | Banda 4 (Rojo), Banda 3 (Verde), Banda 2 (Azul) – RGB natural. |
| Niveles de proceso | Ortocorregida nivel L3A, corregida atmosféricamente y con fusión para 3 m de resolución. |
| Encabezado (columnas y renglones, fecha de toma, satélite) | 5,200 × 5,200 píxeles (aprox.). Fecha de toma: 02 de junio de 2026. Satélite: Planet Scope (Dove). |
| Especificaciones sobre referencia geográfica | Proyección UTM, datum WGS84, zona 14 norte. Se verificó contra ortofotos del INEGI 2020 con un error RMSE < 0.5 m. |
| Software con el que se procesó | ArcGIS Pro3.0 y QGIS 3.28 para composición de bandas y exportación. |

- **Anexo 16. Información vectorial en formato shapefile (.shp) Keyhole Markup Language (.kml) generada para el proyecto** (formato digital en USB 3)
  - Poligonal de área del proyecto.
  - Coordenadas de vértices de Poligonal de área del proyecto.
  - Poligonal del área de concesión.
  - Coordenadas de vértices de Poligonal del Sistema Ambiental.

- **Anexo 17. Mapas definitivos.**

## VIII.2 Glosario de términos

### *A*

- **Acuífero:** Formación geológica que almacena agua subterránea en cantidades aprovechables.
- **Área de influencia:** Espacio geográfico donde se manifiestan los impactos ambientales de un proyecto, delimitado con base en criterios hidrológicos, normativos y de cobertura vegetal.
- **Awo (clima):** Clasificación climática de Köppen modificada por García. Corresponde a clima cálido subhúmedo, el más seco de los subtipos Aw, con precipitación media anual característica y temperatura media anual superior a 22°C.

### *B*

- **Banco de material:** Tipo de operación minera a cielo abierto destinada a la extracción, acopio y carga de minerales, sin procesos de beneficio adicionales en el sitio.
- **Beneficio (minero):** Conjunto de procesos físicos o químicos aplicados a un mineral después de su extracción para aumentar su concentración o pureza.
- **Beneficioso o perjudicial (impacto):** Calificación del efecto de una acción sobre el ambiente. Beneficioso (o positivo) es aquel que mejora las condiciones ambientales o socioeconómicas; perjudicial (o negativo, adverso) es el que causa deterioro, pérdida o afectación.

## *C*

- **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF):** Autorización federal requerida cuando un proyecto implica la remoción de vegetación forestal.
- **CAPEX (Capital Expenditure):** Inversión de capital necesaria para el desarrollo de un proyecto.
- **Chernozem:** Tipo de suelo de alta fertilidad, con horizonte superficial oscuro y rico en materia orgánica, saturación de bases ≥50% y presencia de carbonatos secundarios.
- **Componentes ambientales críticos:** Aquellos elementos del sistema ambiental que, por su fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del ecosistema, presencia de especies protegidas, o valor cultural, religioso o social, son susceptibles de sufrir daños significativos. Su afectación puede comprometer el equilibrio del sistema.
- **Componentes ambientales relevantes:** Elementos del sistema ambiental que, por su papel en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones previstas proyecto-ambiente, son determinantes para la evaluación de impactos. Su identificación permite focalizar las medidas de mitigación.
- **Concesión minera:** Título otorgado por la autoridad competente (Secretaría de Economía) que permite la exploración y explotación de minerales en una superficie determinada.

## *D*

- **Daño ambiental:** Afección negativa sobre algún elemento ambiental (agua, suelo, aire, flora, fauna, paisaje, etc.) como consecuencia de un impacto ambiental adverso. Puede ser temporal o permanente.
- **Daño a los ecosistemas:** Resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico, afectando su integridad, funcionamiento o capacidad de recuperación.
- **Daño grave al ecosistema:** Aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, afecta la estructura o función del ecosistema, o modifica sus tendencias evolutivas o sucesionales, impidiendo su restauración natural en el largo plazo.
- **Desequilibrio ecológico grave:** Alteración significativa de las condiciones ambientales en la que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, rebasando su capacidad de carga.
- **Desmonte selectivo:** Retiro controlado de la vegetación y la capa de suelo orgánico únicamente en las áreas estrictamente necesarias para el desarrollo de un proyecto. El suelo se acopia para su posterior reutilización en restauración.
- **Duración (del impacto):** Tiempo que permanece el efecto sobre el ambiente. Puede ser temporal (desaparece al cesar la actividad o en un plazo definido) o permanente (indefinido).

## *E*

- **Especies de difícil regeneración:** Aquellas vulnerables a la extinción biológica debido a la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción, lo que les impide recuperar sus poblaciones en plazos cortos o medios tras una perturbación.
- **Estación climatológica:** Fuente oficial de datos climáticos (temperatura, precipitación, evaporación) utilizada para caracterizar el clima de un área de estudio.
- **Estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo:** Niveles verticales de la vegetación (árboles, arbustos, hierbas) utilizados para caracterizar la estructura de una comunidad vegetal.

***G***

- **Geomembrana:** Barrera impermeable colocada bajo maquinaria pesada para evitar filtraciones de aceites, diésel o grasas al suelo durante actividades de exploración o perforación.

***H***

- **Herpetofauna:** Conjunto de anfibios y reptiles de una región.

***I***

- **Impacto ambiental:** Modificación del ambiente (positiva o negativa) ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.
- **Impacto ambiental acumulativo:** Efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares, ocasionado por la interacción con otros impactos que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- **Impacto ambiental residual:** Impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- **Impacto ambiental significativo o relevante:** Aquel que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud humana, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
- **Impacto ambiental sinérgico:** Efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones, que supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales consideradas aisladamente.
- **Importancia (del impacto):** Indicador que valora cuán significativo es el efecto en el ambiente. Considera: a) la condición actual del elemento afectado; b) la relevancia de las funciones afectadas; c) la calidad ambiental del sitio y la incidencia en procesos de deterioro; d) la capacidad ambiental (asimilación y regeneración); e) la concordancia con los usos del suelo y recursos naturales.
- **Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE):** Indicador que integra abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de una especie en una comunidad vegetal. Permite identificar las especies ecológicamente más relevantes.

- **Infiltración:** Proceso por el cual el agua de lluvia o escorrentía penetra en el suelo y recarga los acuíferos.
- **Intercarga:** Material geológico sin valor económico que se extrae junto con el mineral y se deposita en botaderos temporales para su eventual uso en restauración o como relleno.
- **Irreversible (impacto):** Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de ejecutar la acción que lo produce.

***K***

- **Kastanozem:** Tipo de suelo con horizonte móllico menos oscuro que el Chernozem, presencia de carbonatos secundarios a menor profundidad y saturación de bases ≥50%.

***L***

- **Leopold, matriz de:** Método cualitativo para identificar impactos ambientales mediante una matriz de doble entrada (actividades del proyecto vs. factores ambientales).
- **Leptosol:** Suelo somero (poco profundo), muy pedregoso y altamente vulnerable a la erosión.
- **LGEEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente):** Principal ley ambiental federal en México. Establece la obligación de presentar una Manifestación de Impacto Ambiental para ciertas obras o actividades.
- **Lomerío típico:** Unidad de topoforma caracterizada por elevaciones de baja altitud relativa con pendientes suaves a moderadas.

***M***

- **Magnitud (del impacto):** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos (superficie afectada, volumen removido, porcentaje de pérdida, etc.).
- **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA):** Documento técnico-jurídico que describe un proyecto y sus posibles impactos ambientales, presentado ante la autoridad competente para obtener la autorización ambiental.
- **Medidas de mitigación:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación.
- **Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente antes de que ocurran.
- **Microcuenca hidrológica:** Unidad territorial básica de planificación y gestión de recursos hídricos, definida por los parteaguas que delimitan una red de drenaje que fluye hacia una corriente principal.
- **Mitigación:** Véase Medidas de mitigación.

- **Montmorillonita:** Tipo de arcilla (mineral filosilicato) con alta capacidad de absorción y expansión, utilizada en múltiples aplicaciones industriales.

***N***

- **Naturaleza del impacto:** Se refiere al efecto benéfico (positivo) o adverso (negativo, perjudicial) de una acción sobre el ambiente.
- **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Norma Oficial Mexicana que establece las especies de flora y fauna nativas en riesgo (Peligro de Extinción, Amenazadas, Sujetas a Protección Especial).
- **NOM-120-SEMARNAT-2020:** Norma que establece las especificaciones de protección ambiental para actividades de exploración minera directa en zonas agrícolas, ganaderas o eriales.

***O***

- **OPEX (Operational Expenditure):** Gasto operativo recurrente necesario para la operación y mantenimiento de un proyecto.

***P***

- **Paisaje Clase III (BLM):** Clasificación del Bureau of Land Management (EE. UU.) que indica un paisaje de calidad visual media y fragilidad visual media, con capacidad de absorción visual moderada, permitiendo cambios moderados que no dominen la atención del observador.
- **Pastizal inducido:** Tipo de vegetación compuesta por pastos (muchas veces introducidos) que reemplaza a la vegetación nativa debido a actividades humanas como el pastoreo o la agricultura.
- **Phaeozem:** Suelo con horizonte móllico, saturación de bases ≥50% y ausencia de carbonatos secundarios en el horizonte superficial.
- **Pie de camión (puesta a):** Condición en la que el material extraído es entregado cargado en el camión de transporte, listo para salir del predio, sin ningún proceso de beneficio adicional.
- **Política Ambiental (de ordenamiento ecológico):** Estrategia definida en un Programa de Ordenamiento Ecológico para cada unidad de gestión ambiental (p.ej., Preservación, Protección-Restauración, Aprovechamiento Sustentable, Restauración).

***R***

- **Recuperación del capital (payback):** Tiempo estimado para que los flujos de efectivo generados por un proyecto igualen la inversión inicial.
- **Residuos peligrosos (RP):** Aceites, lubricantes, filtros y trapos contaminados, entre otros, generados por el mantenimiento de maquinaria. Su manejo se rige por normas específicas (p.ej., NOM-052-SEMARNAT-2005).
- **Residuos sólidos urbanos (RSU):** Basura doméstica y de oficinas (papel, plástico, restos de comida, vidrio, etc.).

- **Reversibilidad (del impacto):** Ocurre cuando la alteración causada sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales (sucesión ecológica, autodepuración), retornando a condiciones similares a las originales en un plazo determinado.

***S***

- **Selva baja caducifolia:** Tipo de vegetación tropical que pierde sus hojas durante la temporada seca.
- **SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales):** Autoridad ambiental federal competente en materia de evaluación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo forestal y otras autorizaciones ambientales.
- **Sierra de laderas escarpadas:** Unidad de topoforma con pendientes pronunciadas, crestas afiladas y valles encajados.
- **Sistema ambiental:** Interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer un proyecto. Es la base para la evaluación de impactos.

***T***

- **Tajo:** Excavación principal a cielo abierto donde se realiza la extracción selectiva de minerales.
- **Topoforma:** Forma del relieve (montaña, lomerío, valle, planicie, etc.) caracterizada por su origen, altitud, pendiente y morfología.
- **Transecto lineal:** Método de muestreo ecológico consistente en recorrer una línea recta de longitud definida para registrar flora o fauna.

***U***

- **Unidad de Gestión Ambiental (UGA):** Porción del territorio estatal con políticas ambientales específicas, definida en un Programa de Ordenamiento Ecológico.
- **Unidad Homogénea (UH):** Subdivisión de un área de estudio con características ambientales (abióticas, bióticas, paisajísticas y socioeconómicas) similares, utilizada para la síntesis del inventario ambiental.
- **Urgencia de aplicación de medidas de mitigación:** Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar un impacto. Se considera si el impacto sobrepasa umbrales admisibles o si la pérdida ambiental es relevante, principalmente cuando afecta estructuras o funciones críticas del ecosistema.

***Y***

- **Yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$):** Mineral industrial utilizado en construcción, agricultura e industria.

***W***

- **WRB (World Reference Base for Soil Resources):** Sistema internacional de clasificación de suelos (IUSS, 2022) utilizado para la identificación y nomenclatura de tipos de suelo