MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

CAPÍTULO I.

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

SIN TEXTO

ÍNDICE

CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 1
I.1 Datos generales del proyecto 1
I.1.1 Nombre del proyecto 1
I.1.2 Ubicación del proyecto (localidad, municipio y estado) 1
I.1.3 Datos generales del promovente 3
I.1.4 Nombre o razón social 3
I.1.5 Registro Federal de Contribuyentes del promovente 3
I.1.6 Nombre y cargo del representante legal 3
I.1.7 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 3
I.1.8 Teléfono y correo electrónico de contacto 3
I.1.9 Nombre del responsable técnico del estudio 4
I.2 Descripción del proyecto 5
I.2.1 Justificación técnica del proyecto 6
I.2.2 Ubicación física 7
I.3 Inversión requerida 11
I.3.1 Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución 11
I.3.3 Superficies de las obras incluidas en el proyecto 12
I.4 Etapas del proyecto 14
I.4.1 Realizar la descripción del proyecto 14
I.4.2 Descripción de la preparación del sitio 14
I.4.3 Descripción de la etapa de construcción 17
I.4.4 Descripción de la etapa de operación y mantenimiento 19
I.4.5 Descripción de la etapa de desmantelamiento y abandono de las instalaciones 19
I.5 Ubicación del proyecto 20
I.5.1 Ubicación geográfica de las obras del proyecto 20
I.5.2 Plano de representación geográfica 20
I.6 Incidencia en ANP 20
I.6.1 Describir la incidencia en Áreas Naturales Protegidas 20
I.6.2 Anteproyectos de las diferentes opciones analizadas 21
I.6.3 Cronograma detallado de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono (desmantelamiento), con indicadores de tiempo y recursos. 22
I.6.4 Volumen de material que será removido durante la etapa de preparación del sitio y construcción, y de ser el caso, durante la etapa de operación. 22
I.7 Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales, así como en selvas y zonas áridas 24
I.7.1 Superficies de obras del proyecto situados en zonas con vegetación forestal, en el caso de proyectos que consideren Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales 24
I.7.2 Especies que serán sujetas de remoción por actividades de Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales, incluyendo lo relativo a si éstas se encuentran listadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 1. Datos generales del Promovente. 3
Tabla I. 2. Datos del responsable técnico del estudio. 4
Tabla I. 3. Participantes en la elaboración del estudio. 4
Tabla I. 4. Dirección del responsable técnico del estudio. 5
Tabla I. 5. Superficies de las áreas de estudio en el sitio del proyecto. 6
Tabla I. 6. Estatus del proyecto con respecto a las áreas de importancia ambiental. 7
Tabla I. 7. Áreas que conforman el proyecto. 8
Tabla I. 8. Obras del proyecto. 9
Tabla I. 9. Usos de suelo y vegetación en el área del proyecto. 10
Tabla I. 10. Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución. 11
Tabla I. 11.Costos de maquinaria pesada (renta + operador). 11
Tabla I. 12. Movimiento de tierras (costos unitarios de referencia). 11
Tabla I. 13. Geomembrana HDPE y obras hidráulicas. 11
Tabla I. 14. Obras complementarias y control. 12
Tabla I. 15. Resumen general de costos. 12
Tabla I. 16. Resumen de la inversión total del proyecto. 12
Tabla I. 18. Superficie de incidencia de obras asociadas durante el proyecto. 13
Tabla I. 19. Requerimientos necesarios para realizar las actividades. 16
Tabla I. 20. Gasto de diésel para la preparación del sitio. 17
Tabla I. 21. Ubicación de las ANP a nivel Estatal con respecto al proyecto. 21
Tabla I. 22. Ubicación de las ANP a nivel Federal con respecto al proyecto. 21
Tabla I. 23. Generación de CO_2, CH_4 y N_2O, debido al consumo de combustible. 23
Tabla I. 24. Generación de emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera como PST. (Kg), debido al consumo de combustibles. 23
Tabla I. 25. Desechos. 24
Tabla I. 26. Insumos. 24
Tabla I. 27.Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales. 24
Tabla I. 28. Dimensiones del proyecto. 25
Tabla I. 29. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales (NOM-059-SEMARNAT-2010). 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. 1. Ubicación del proyecto a nivel estatal 1
Figura I. 2Ubicación del proyecto a nivel municipal. 2
Figura I. 3. Plano general del proyecto. 8
Figura I. 4. Plano general del proyecto. 13
Figura I. 5. Plano general del proyecto. 20

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

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA

I.1.2 Ubicación del proyecto (localidad, municipio y estado)

En la siguiente figura, se muestra la localización del proyecto a Nivel Estatal permitiendo identificar su ubicación dentro del territorio del Estado de Coahuila y su contexto regional. La representación cartográfica muestra la posición del predio en relación con los estados colindantes y municipios de Coahuila.

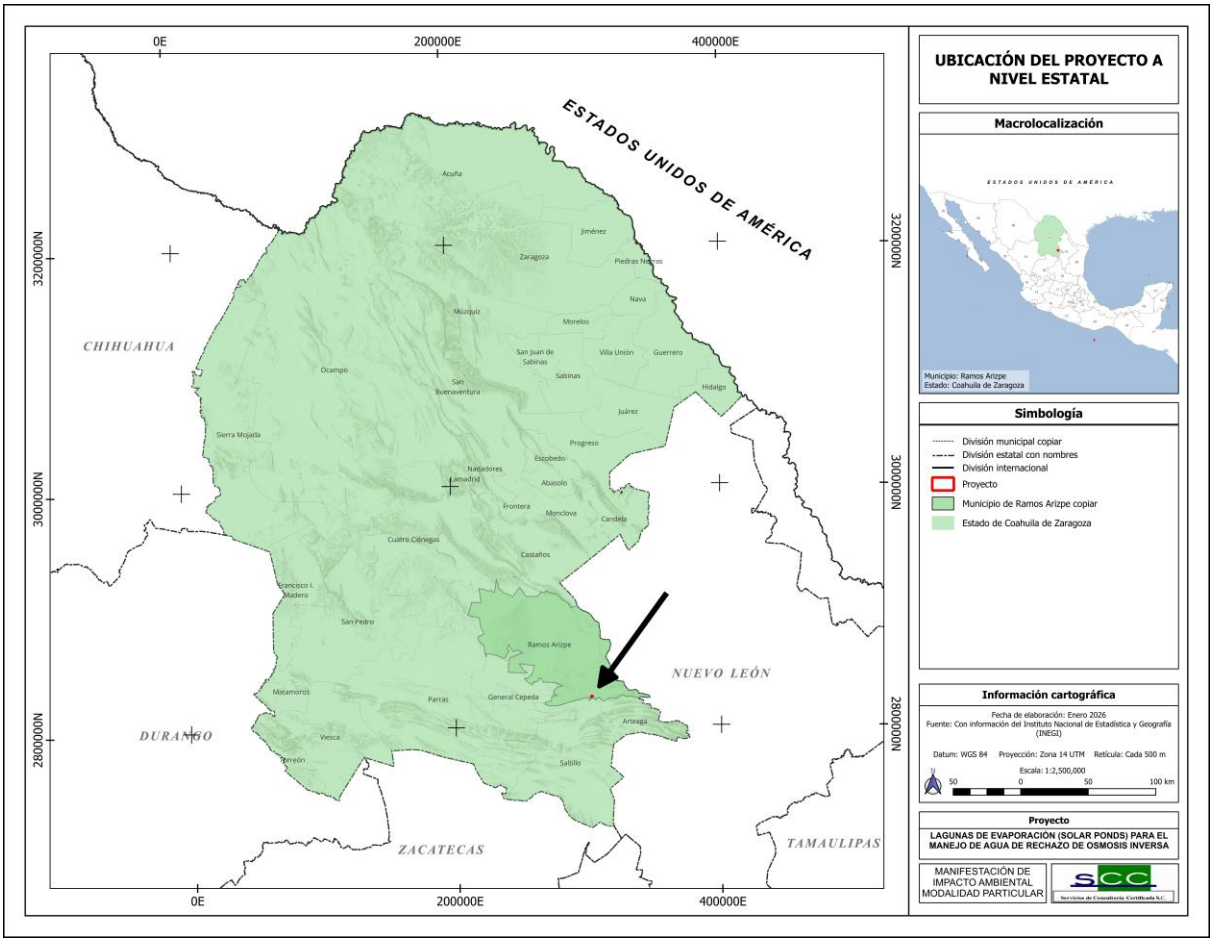


Figura I. 1. Ubicación del proyecto a nivel estatal

En la siguiente figura, se muestra la ubicación del proyecto a nivel municipal, dentro del municipio de Ramos Arizpe. Este municipio colinda al sur con el municipio de Saltillo, conformando una zona conurbada caracterizada por un importante desarrollo industrial y urbano.

El predio del proyecto se localiza en una zona con influencia industrial, asociada al corredor industrial de Ramos Arizpe–Saltillo, y cercana a la capital del estado. La ubicación estratégica del sitio permite su conectividad mediante infraestructura vial existente, incluyendo carreteras que facilitan el acceso al área del proyecto.

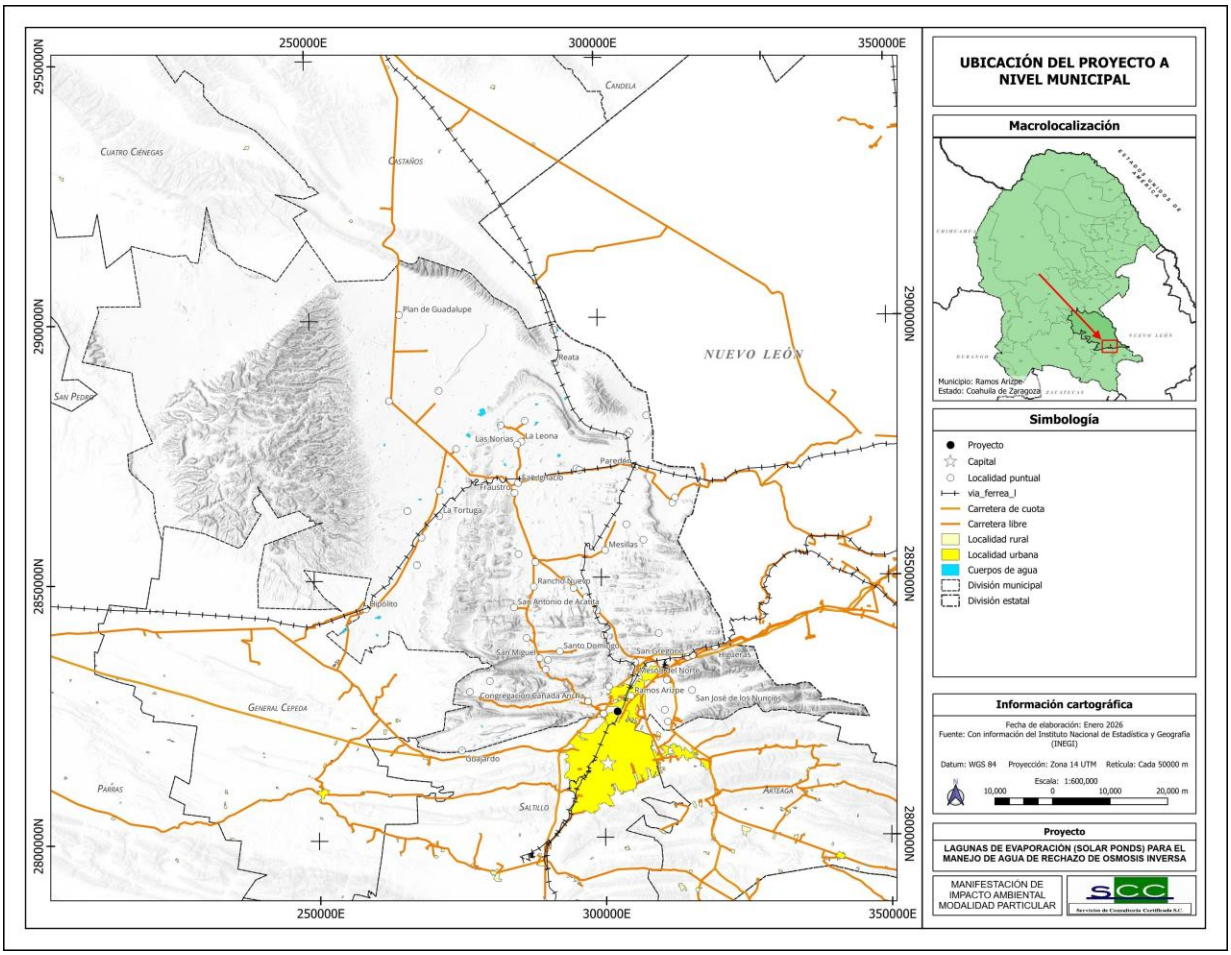


Figura I. 2Ubicación del proyecto a nivel municipal.

En la colindancia norte y oeste se identifica vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo, con presencia de erosión en surcos; al este, colinda con uso industrial y, parcialmente, habitacional. Asimismo, al suroeste y al sur se identifica uso de suelo industrial.

I.1.3 Datos generales del promovente

En la siguiente tabla se presentan los datos generales del promovente.

Tabla I. 1. Datos generales del Promovente.

Nombre	General Motors de México
RFC	GMM3612284D0 **(Anexo I.01)**
Representante Legal	[redacted]
Calle	Carretera Saltillo Monterrey km 7.5
Colonia	Carretera rural MTY
C. P.	25900
Municipio	Ramos Arizpe
Entidad Federativa	Coahuila de Zaragoza
Personal autorizado para recibir notificaciones	[redacted]

Anexo I.02. INE.
Anexo I.03. Oficio de autorización para recibir notificaciones.
Anexo I.04. Acta constitutiva.
Anexo I.05. Poder notarial.

I.1.4 Nombre o razón social

GENERAL MOTORS DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.

I.1.5 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

GMM3612284D0

I.1.6 Nombre y cargo del representante legal

Nombre: [redacted]
Cargo: Apoderado legal

I.1.7 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Carretera Saltillo Monterrey km 7.5, Colonia Carretera rural MTY, C. P. 25900, en el municipio de Ramos Arizpe, dentro de la entidad federativa de Coahuila de Zaragoza. En el **Anexo I.06** se presenta el comprobante de domicilio del promovente.

I.1.8 Teléfono y correo electrónico de contacto

XXXXXX

I.1.9 Nombre del responsable técnico del estudio

I.1.9.1 Nombre o razón social

Servicios de Consultoría Certificada S.C.

El presente Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) del proyecto "LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA", fue elaborada por Servicios de Consultoría Certificada S.C. La calidad de la información, conclusiones y estimaciones contenidas en el mismo son consistentes con la calidad de nuestros servicios, basados en:

1) La información disponible durante la elaboración del estudio;
2) Los datos entregados por otras fuentes, incluyendo la del promovente

I.1.9.1 Registro Federal de contribuyentes o CURP

SCC030530FP7 (**Anexo I.07**)

I.1.9.1 Nombre del responsable del estudio

En la Tabla I.2 se describen los generales del responsable Técnico del Estudio y en el que se incluye su copia de la Cédula Profesional.

Tabla I. 2. Datos del responsable técnico del estudio.

Nombre	**Ing. Amb.** [redacted]
RFC.	[redacted]
CURP	[redacted]
Cédula profesional	[redacted] (**Anexo I.08**)
Puesto	Representante Legal
Correo electrónico	[redacted]

Asimismo, en la Tabla I.3 se enlista los generales de los participantes en la elaboración del Estudio.

Tabla I. 3. Participantes en la elaboración del estudio.

Nombre	Profesión	Cédula Profesional	Área de participación
[redacted]	Ingeniero Ambiental	[redacted]	Coordinación general del estudio.
[redacted]	Ing. Químico, Máster en Consultoría Medioambiental de empresas	[redacted]	Coordinación general del estudio.
[redacted]	Ing. Ambiental	[redacted]	Coordinación de la información.
[redacted]	Lic. Ciencias Ambientales	Pasante	Sistemas de información geográfica (SIG).

Nombre	Profesión	Cédula Profesional	Área de participación
[redacted]	Ing. Civil	[redacted]	Levantamiento de la información y elaboración de planos.
[redacted]	Ing. Civil	[redacted]	Levantamiento de la información y elaboración de planos.

I.1.9.1 Dirección del responsable técnico del estudio

En la siguiente tabla se presenta la dirección del responsable técnico del estudio.

Tabla I. 4. Dirección del responsable técnico del estudio.

Nombre	Servicios de Consultoría Certificada S.C.
Representante Legal	[redacted]
Calle	[redacted]
Colonia	[redacted]
C. P.	[redacted]
Municipio	Zacatecas
Entidad Federativa	Zacatecas
Personal autorizado para recibir notificaciones	[redacted]

I.2 Descripción del proyecto

El proyecto **"LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA"** (**El proyecto**), se pretende realizar en el predio El Ancón ubicado en el municipio de Ramos Arizpe en el Estado de Coahuila.

En dicho predio se pretende realizar la construcción de 10 Estanques de Evaporación (Solar Ponds) con el objetivo primordial de disposición final de salmueras mediante evaporación solar.

Actualmente el sitio donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales contempla el tipo de vegetación de Vegetación Secundaria de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM).

Por tal motivo, se decidió comprometer el predio de **38.95 ha** de superficie con el objetivo de llevar a cabo este proyecto. Del total de esta superficie, se realizará el cambio de uso de suelo para la construcción del proyecto en un área de **21.23 ha**; el restante quedará como área de reserva (terreno natural), para un horizonte de vida útil del proyecto de **56 años** y **2 meses.**

Se puede decir, que es un proyecto de impactos mínimos por las condiciones actuales que se tienen y que se desarrollarán en capítulos subsecuentes. Si a esto se aúnan las medidas de mitigación y los impactos positivos en la operación que tendrá el Complejo Ramos Arizpe.

Como se mencionó anteriormente, el área total contemplada para el proyecto **"LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA"** es de **21.23 ha**, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Tabla I. 5. Superficies de las áreas de estudio en el sitio del proyecto.

Concepto	Superficie
Terreno de cambio de uso de suelo	21.23 ha
Terreno en estado natural	0.00 ha
Superficie total de proyecto	**21.23 ha**

El proyecto se integra por cuatro etapas principales, con una duración total de **56 años** y **2 meses** contados a partir de la recepción de las autorizaciones en materia de Impacto Ambiental y Cambio de Uso de Suelo en Terreno Forestal (CUSTF).
El cronograma actualizado se desglosa de la siguiente manera:

- Preparación del sitio: **6 meses.**
- Construcción: **56 meses** (4 años y 8 meses), divididos en tres etapas operativas.
- Operación y mantenimiento: **576 meses** (48 años), período que define la vida útil del proyecto.
- Cierre y abandono del sitio: **72 meses** (6 años).

Cabe destacar que la etapa de operación y mantenimiento será simultánea a las etapas de construcción de las etapas II y III.

I.2.1 Justificación técnica del proyecto

Para la justificación técnica del sitio se evaluaron los siguientes aspectos técnicos, ambientales y socioecómicos, tal y como se describen a continuación:

TÉCNICOS

Para la selección del sitio del proyecto **"LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA"**, se realizó un análisis a nivel municipal, considerando predios localizados en las inmediaciones del complejo existente.

Dicho análisis se basó en la revisión de información cartográfica, imágenes satelitales y personal capacitado, con el fin de identificar un predio que presentara condiciones favorables en términos de topografía y características generales del suelo, en comparación con otras alternativas. Los criterios técnicos que sustentan la selección del sitio se describen a continuación:

- Los predios seleccionados tienen cercanía al Complejo Ramos Arizpe donde se genera la salmuera.
- El área cuenta con una superficie plana para la instalación y operación adecuada de los estanques de evaporación.
- Los predios se ubican en una zona industrial con uso potencial urbano de acuerdo con el "Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana Saltillo – Ramos Arizpe – Arteaga, en el estado de Coahuila".
- El sitio del proyecto cuenta con cercanía a vialidades, así como presencia de infraestructura industrial y usos compatibles.

AMBIENTALES

- El terreno no se localiza en sitios dentro de Áreas Naturales Protegidas.
- El terreno no se encuentra cercano a ninguna Área de importancia arqueológica.
- El terreno no se encuentra cercano a ninguna comunidad indígena.

Tabla I. 6. Estatus del proyecto con respecto a las áreas de importancia ambiental.

Modalidad de las Áreas	Estatus del proyecto
Áreas Naturales Protegidas	No incluida
Áreas de Interés para la Conservación de las Aves	No incluida
Regiones Hidrológicas Prioritarias	No incluida
Regiones Terrestres Prioritarias	No incluida
Áreas de Importancia Arqueológica	No incluida
Comunidades Indígenas	No incluida

SOCIOECONÓMICOS

El Complejo Industrial Ramos Arizpe de General Motors es uno de los pilares importantes en la industria automotriz con un impacto socioeconómico que, de acuerdo con datos del INEGI, coloca a Saltillo – Ramos Arizpe en grandes aportadores de la manufactura del sector. Asimismo, históricamente ha sido un gran generador de empleos, así como también contribuye a la importación y exportación de motores, componentes y vehículos dentro y fuera del país.

I.2.2 Ubicación física

Se puede observar en la siguiente figura el plano georreferenciado del área del proyecto con respecto a la distribución de los predios involucrados, y en el **Anexo I.09** se presenta la escritura pública que acreditan la posesión del terreno.

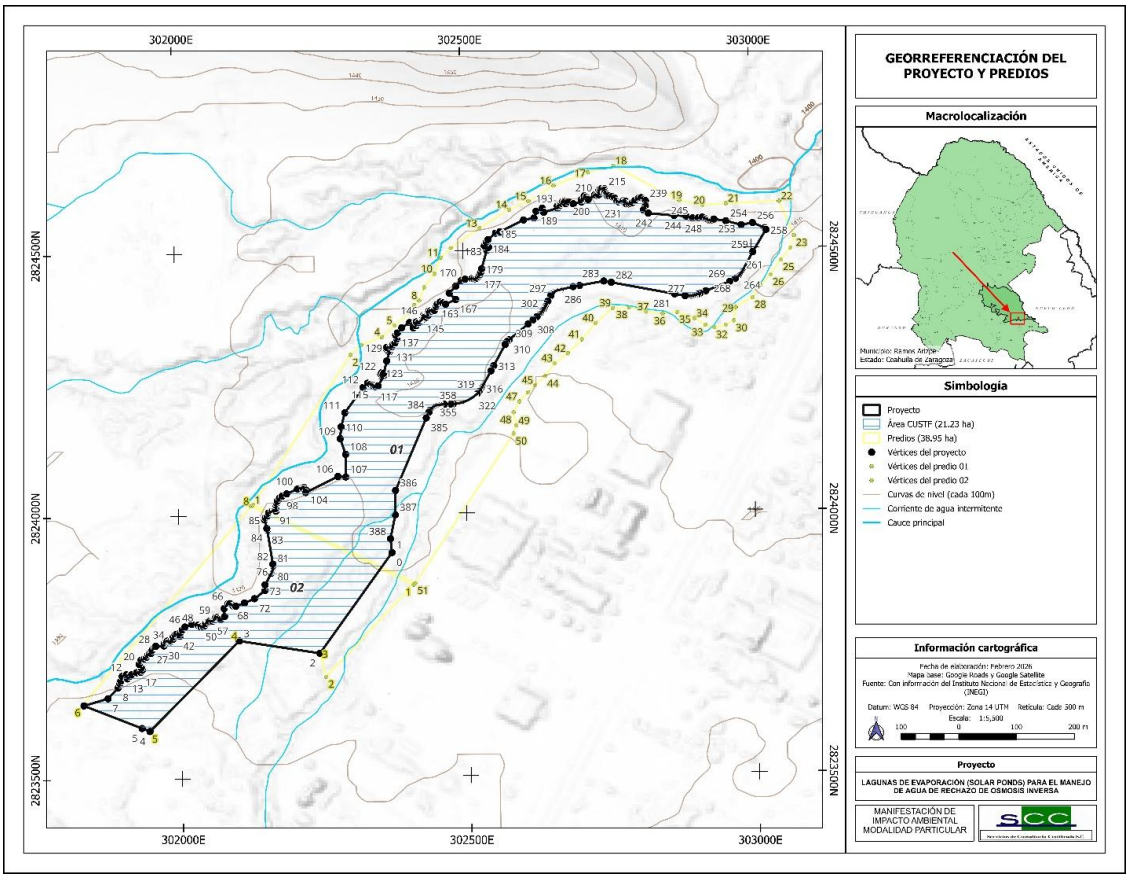


Figura I. 3. Plano general del proyecto.

A continuación, se presenta el resumen de las áreas que comprenden el proyecto, destacando que en el **Anexo I.10** en archivo Excel se encuentran las coordenadas de cada polígono de las obras en sistema geodésico Datum WGS84.

En ese sentido, en la siguiente tabla se presenta las superficies que conforman el área del proyecto sujetas a cambio de uso de suelo en sistema geodésico Datum WGS84.

Tabla I. 7. Áreas que conforman el proyecto.

Área	Superficie	
	m²	ha
Área total del proyecto	**212,347.69**	**21.2347**
Área de Celdas (Solar Ponds)	163,159.53	16.3170
Área de Camino perimetral	18,257.82	1.8260
Área complementaria	30,930.34	3.0920
Área total CUSTF	**212,347.69**	**21.2347**
Área en estado natural	**177,183.71**	**17.72**

Listado de las obras a construir del proyecto:

Tabla I. 8. Obras del proyecto.

Id	Obra
1	Celda B
2	Celda C
3	Celda D
4	Celda E
5	Celda F
6	Celda G
7	Celda H
8	Celda I
9	Celda K
10	Camino

En el **Anexo I.11** se presenta la ingeniería de detalle y proceso constructivo del proyecto "LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA" en el cual se encuentran las etapas de construcción, instrumentación, planos geométricos, planos de terracerías, perfiles de caminos, secciones y detalles de control de la erosión.

I.2.3 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

Actualmente el sitio donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales contempla el tipo de vegetación de Vegetación Secundaria de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM) y se encuentra en estado natural (sin actividades de construcción).

En el **Anexo I.09** se presenta la compatibilidad urbanística (P-Industria Pesada), así como el plano del polígono del predio en extensión DWG.

Del mismo modo en el **Anexo I.12** se presenta el Periódico Oficial publicado el 10 de febrero de 2023, del Libro de Actas de Cabildo celebradas en el año 2022, obra el Acta número 112 de la Sesión ordinaria celebrada el día 29 de noviembre de 2022, en la cual se aprobó la autorización de sustitución del uso de suelo solicitado por General Motors de México S. de R.L. de C.V. de dos predios. El primero identificado como lote de terreno denominado "El Ancón, polígono 1" y el segundo como lote de terreno denominado "El Ancón polígono 2".

Colindancias del proyecto

En la colindancia norte y oeste se identifica vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo, con presencia de erosión en surcos; al este, colinda con uso industrial y, parcialmente, habitacional. Asimismo, al suroeste y al sur se identifica uso de suelo industrial.

El predio propuesto requiere de autorización para cambio de uso de suelo de terreno forestal de zonas áridas en una superficie **21.23 hectáreas**, que está cubierto por **Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (0.0082 ha)** y otra parte por **Asentamientos Humanos (21.2265 ha)** de acuerdo con la capa de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI serie VII.

Sin embargo, una vez realizado el muestreo en campo, se pudo detectar que el área identificada como Asentamientos Humanos (AH) en la carta de INEGI Serie VII no corresponde al tipo de uso de suelo indicado, ya que al llegar al sitio y realizar el muestreo se pudo detectar que el tipo de vegetación que existe en el sitio es Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM).

Tabla I. 9. Usos de suelo y vegetación en el área del proyecto.

Clave	Tipo de vegetación	Área (ha)	Porcentaje (%)
AH	Asentamientos humanos	21.23	99.96
VSa/MDM	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	0.008	0.04
Total		**21.23**	**100.00**

El Proyecto se encuentra a aproximadamente a **3 km** al suroeste de la cabecera municipal del municipio de Ramos Arizpe, estado de Coahuila de Zaragoza.
Sus colindancias son las siguientes:

- Al *norte,* colinda con terrenos sin uso aparente.
- Al *sureste,* colinda con zona con presencia de infraestructura industrial y urbana.
- Al *este,* colinda con zona con presencia de infraestructura industrial y urbana.
- Al *oeste,* colinda con área de cultivo y zona con presencia de infraestructura industrial y urbana.

Superficies totales del conjunto predial, tipo de superficie en hectáreas y el porcentaje de estas.

Zonas	Clasificaciones	Sup. en ha.	%
Zonas de conservación y aprovechamiento restringido	Áreas Naturales Protegidas	0	
	Superficie arriba de los 3,000 MSNM	0	
	Superficie con pendientes mayores al 100% o 45°	0	
	Superficies con vegetación de manglar o bosque mesófilo de montaña	0	
Zona de producción	Superficie con vegetación en galería	0	
	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable alta	0	
	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable media	0	
	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable baja	0	
	Terrenos con vegetación forestal de zonas áridas	0	
	Terrenos adecuados para realizar forestaciones	0	
Zonas de restauración	Terrenos con degradación alta	0	
	Terrenos con degradación media	0.521	1%
	Terrenos con degradación baja	0.225	1%

Zonas	Clasificaciones	Sup. en ha.	%
	Terrenos degradados que ya estén sometidos a tratamientos de recuperación y regeneración	0	
Zona No Forestal		38.205	98%
Total	**Conjunto de predios del proyecto**	**38.953**	**100%**

NOTA: LA TABLA ANTERIOR CORRESPONDE A LA ZONIFICACIÓN DE LOS TERRENOS FORESTALES Y DE APTITUD PREFERENTEMENTE FORESTAL CON BASE EN EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL Y EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO NACIONAL.

I.3 Inversión requerida

I.3.1 Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución

Tabla I. 10. Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución.

Federal (MXN)	%	Estatal (MXN)	%	Municipal (MXN)	%	Otros (Especificar)	%	Total (MXN)	100%
$0	0	$0	0	$0	0	Privada	100	108,400,000	

A continuación, se presentan los costos de inversión del proyecto.

Tabla I. 11.Costos de maquinaria pesada (renta + operador).

Concepto	Cantidad	Tiempo	Costo unitario	Subtotal
Excavadora 30–35 t	2	4 meses	$450,000 / mes	$3,600,000
Bulldozer D8–D10	2	4 meses	$500,000 / mes	$4,000,000
Cargador frontal 5 m³	2	4 meses	$350,000 / mes	$2,800,000
Camión volteo 20–30 t	8	4 meses	$180,000 / mes	$5,760,000
Motoconformadora	2	3 meses	$320,000 / mes	$1,920,000
Rodillo vibratorio 15 t	2	3 meses	$280,000 / mes	$1,680,000
Equipo menor y apoyo	—	—	—	$850,000

Tabla I. 12. Movimiento de tierras (costos unitarios de referencia).

Concepto	Volumen	Precio unitario	Subtotal
Excavación (material tipo II)	180,000 m³	$55 / m³	$9,900,000
Acarreo 1er km	120,000 m³	$35 / m³	$4,200,000
Acarreo 10 km	60,000 m³	$85 / m³	$5,100,000
Terraplenes compactados 95%	120,000 m³	$90 / m³	$10,800,000
Subtotal tierras			$30,000,000

Tabla I. 13. Geomembrana HDPE y obras hidráulicas.

Concepto	Cantidad estimada	Precio unitario	Subtotal
Geomembrana HDPE 1.5 mm (suministro + instalación)	120,000 m²	$220 / m²	$26,400,000
Geotextil de protección	120,000 m²	$55 / m²	$6,600,000
Tubería PVC Ø150 mm	1,200 m	$1,100 / m	$1,320,000
Pozos de inspección	12 pzas	$65,000	$780,000
Zanja pluvial	800 m	$1,200 / m	$960,000
Subtotal hidráulico			$36,060,000

Tabla I. 14. Obras complementarias y control.

Concepto	Subtotal
Caminos de servicio compactados	$2,400,000
Cerco perimetral (2.5 m altura)	$1,850,000
Señalización y seguridad	$650,000
Control de calidad (laboratorio, Proctor, densidades)	$1,200,000
Supervisión técnica y topografía	$1,500,000
Subtotales complementarios	$7,600,000

Tabla I. 15. Resumen general de costos.

Rubro	Costo
Maquinaria pesada	$20,610,000
Movimiento de tierras	$30,000,000
Geomembrana y obras hidráulicas	$36,060,000
Obras complementarias	$7,600,000
Costo directo estimado	$94,270,000

A continuación, se presenta el resumen general de costos, dando una inversión total de **$108,400,000 MXN.**

Tabla I. 16. Resumen de la inversión total del proyecto.

RESUMEN GENERAL DE COSTOS	
Rubro	Costo **MXN**
Maquinaria pesada	$20,610,000
Movimiento de tierras	$30,000,000
Geomembrana y obras hidráulicas	$36,060,000
Obras complementarias	$7,600,000
Costo directo estimado	**$94,270,000**
Indirectos, utilidad y contingencia (~15%)	$14,140,000
INVERSIÓN TOTAL ESTIMADA	**$108,400,000**

I.3.3 Superficies de las obras incluidas en el proyecto

El área contemplada para la construcción del proyecto **"LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA"** es de **21.23 ha**; de las cuales **1.82 ha** serán para la apertura de caminos y **16.31 ha** para la construcción de las celdas, las cuales requerirán cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

En la Figura I.4 se visualizan las dimensiones y distribuciones geográficas de las obras del proyecto.

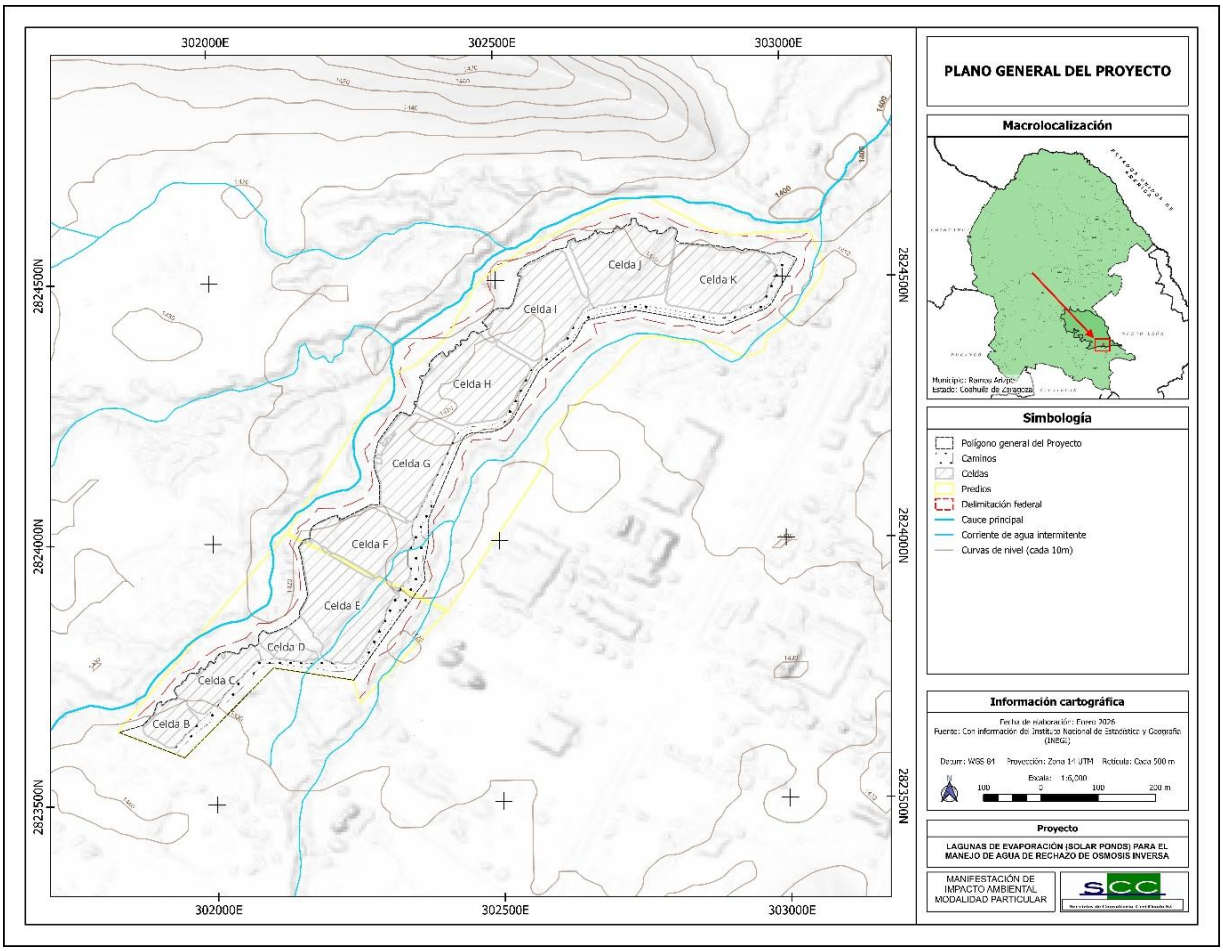


Figura I. 4. Plano general del proyecto.

En la **Tabla I.18** se presentan las áreas que corresponden a la infraestructura mencionada.

Tabla I. 17. Superficie de incidencia de obras asociadas durante el proyecto.

Superficies de incidencia				
Estructura/Componente del proyecto	**Área de afectación (m^2)**	**Área de afectación por obras permanentes (m^2)**	**Área de afectación de Vegetación forestal (m^2)**	**Área de afectación de Vegetación NO forestal (m^2)**
			CAMBIO DE USO DE SUELO	
Celda B	5,696.254	5,696.254	5,696.254	0
Celda C	8,880.054	8,880.054	8,880.054	0
Celda D	3,963.787	3,963.787	3,963.787	0
Celda E	24,185.513	24,185.513	24,185.513	0
Celda F	16,692.061	16,692.061	16,692.061	0
Celda G	18,107.782	18,107.782	18,107.782	0
Celda H	23,115.552	23,115.552	23,115.552	0
Celda I	21,389.876	21,389.876	21,389.876	0
Celda J	20,961.784	20,961.784	20,961.784	0
Celda K	20,166.871	20,166.871	20,166.871	0
Camino	18,257.822	18,257.822	18,257.822	0

I.4 Etapas del proyecto

I.4.1 Realizar la descripción del proyecto

El proyecto inicia con la gestión y obtención de la autorización al Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (ETJ-CUSTF) y Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Particular (MIA-P) por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se contemplan **6 meses** para las gestiones necesarias**.**

Enseguida de haber obtenido la autorización se inicia con trabajo de gabinete, actividad que incluye el cumplimiento de términos y condicionantes del resolutivo obtenido por de esta dependencia, por lo cual se restringe el arranque inmediato de las actividades de preparación y construcción del proyecto.

Para soportar la operatividad de la etapa, se llevará a cabo la instalación de campamentos, áreas provisionales y servicios básicos necesarios para el personal. Finalmente, se realizará la movilización de maquinaria pesada al sitio, concluyendo la fase con una inspección ambiental y técnica previa a la construcción, garantizando que el sitio se encuentre en condiciones óptimas para el inicio de las obras civiles.

Una vez aprobadas las actividades antes descritas, se procede a iniciar en el sitio del proyecto con las actividades de control ambiental que forman parte del CUSTF en un periodo de **9 meses** repartidos en cada etapa de construcción del proyecto. Se ejecutarán las siguientes actividades; capacitación a personal, delimitación de superficie autorizada, rescate, reubicación y liberación de las especies de flora y fauna silvestre, control de residuos, recuperación de suelo vegetal, etc.

Posteriormente se llevarán a cabo las actividades de construcción, en donde se tiene estimado un periodo de **19 meses** para la Etapa I (Estanques G, H, I, J), en **19 meses** para la Etapa II (Estanques B, C, D, E, F) y finalmente **18 meses** para la Etapa III (Estanque K).

Finalizada la etapa de construcción, se dará paso a la etapa de operación y mantenimiento en la que se dará uso de las instalaciones durante 576 meses (**48 años)**.

Una vez terminada la etapa de operación y mantenimiento se procederá al cierre del proyecto la cual tendrá una duración de **6 años**.

Para su mejor visualización, en el **Anexo I.13** Cronograma del proyecto por etapas. Donde se puede encontrar las actividades que comprende cada etapa del proyecto.

I.4.2 Descripción de la preparación del sitio

En el caso de la etapa de preparación del sitio se determinó que se lleve a cabo en un plazo de **6 meses**, integrando una serie de acciones preliminares de carácter administrativo, técnico y de seguridad.

Para dar inicio formal al proyecto, la fase comenzará con la gestión previa y liberación del predio. Este proceso contempla de manera central la gestión y obtención del oficio resolutivo favorable del Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos

Forestales (ETJ-CUSTF), así como el Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Particular por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como el cumplimiento de cualquier trámite adicional o condicionante que la autoridad determine.

Una vez obtenidas las autorizaciones, se procederá a la puesta en marcha de los protocolos operativos:

- **Seguridad y Salud:** Implementación del programa de seguridad y salud para salvaguardar la integridad del personal.
- **Control Ambiental:** Ejecución del **programa ambiental**, que incluye las medidas de mitigación y vigilancia establecidas en el ETJ-CUSTF y MIA-P.
- **Delimitación:** Señalización y delimitación física del área de trabajo para restringir el acceso y proteger las zonas colindantes.

Para soportar la operatividad de la etapa, se llevará a cabo la instalación de campamentos, áreas provisionales y servicios básicos necesarios para el personal. Finalmente, se realizará la movilización de maquinaria pesada al sitio, concluyendo la fase con una inspección ambiental y técnica previa a la construcción, garantizando que el sitio se encuentre en condiciones óptimas para el inicio de las obras civiles.

- **Gestión previa y liberación del predio**

Se llevará a cabo la verificación integral de la tenencia legal del predio destinada a las nuevas infraestructuras, asegurando que la propiedad cumpla con todos los requisitos jurídicos para su uso industrial y ambiental. Durante esta fase, se realizarán las gestiones necesarias para la liberación de servidumbres y se ejecutará la delimitación administrativa y física del área del proyecto. Estas acciones garantizarán la certeza legal sobre la superficie de intervención, permitiendo que el desarrollo de las nuevas Pilas de Evaporación Solar y la modernización del sistema OID cuenten con un soporte documental sólido que evite conflictos territoriales y asegure el cumplimiento de la normativa vigente antes del inicio de las obras civiles.

- **Señalización y delimitación del área de trabajo**

Se llevará a cabo la señalización y delimitación física del área de trabajo mediante la colocación estratégica de estacas y cinta preventiva, con el fin de establecer un control riguroso de los límites de construcción. Durante esta etapa, se instalarán letreros informativos y de seguridad que restringirán el acceso a personal no autorizado y garantizarán la protección de las zonas adyacentes que no deben ser intervenidas, asegurando así que las actividades de modernización se mantendrán estrictamente dentro de los polígonos autorizados para minimizar la afectación al entorno.

- **Habilitación de accesos temporales**

Se realizará el acondicionamiento básico de los caminos existentes para la habilitación de accesos temporales, lo que permitirá el tránsito seguro y fluido de la maquinaria necesaria hacia el área de las obras.

- **Instalación de campamento y áreas provisionales**

Se llevará a cabo el montaje de oficinas móviles, sanitarios portátiles y áreas de almacenamiento temporal para la instalación del campamento y las zonas provisionales de

servicio. Estas estructuras se dispondrán de manera estratégica dentro del predio para facilitar la gestión administrativa y operativa de la obra, garantizando condiciones adecuadas de higiene y resguardo de materiales sin generar impactos permanentes en el terreno.

- **Instalación de servicios provisionales**

Se realizará la instalación temporal de servicios provisionales, incluyendo el suministro de energía eléctrica y agua para uso humano, así como la implementación de sistemas para el control de polvo.

- **Implementación del programa de seguridad y salud**

Se implementará el programa de seguridad y salud mediante la instalación de señalética preventiva, la definición de rutas de circulación interna y la identificación de áreas de riesgo. Estas acciones establecerán los protocolos necesarios para proteger la integridad física del personal y garantizar un tránsito ordenado y seguro dentro del sitio de la obra.

- **Implementación del programa ambiental**

Se llevará a cabo la implementación del programa ambiental mediante la colocación estratégica de contenedores para residuos. Cabe destacar que, los mantenimientos de la maquinaria se realizarán fuera del proyecto en talleres especializados.

- **Movilización de maquinaria pesada**

Se realizará el traslado y posicionamiento estratégico de la maquinaria pesada necesaria para la etapa de construcción, asegurando que cada unidad se encuentre operativa y ubicada en los puntos de trabajo asignados. Este movimiento se ejecutará de forma programada para garantizar una transición eficiente hacia los trabajos de excavación y conformación de las nuevas pilas, cumpliendo con los protocolos de seguridad para el manejo de maquinaria pesada.

- **Inspección ambiental y técnica previa a construcción**

Se llevará a cabo una inspección ambiental y técnica integral para verificar el cumplimiento estricto de todas las medidas de mitigación y condicionantes antes del inicio de las obras. Esta evaluación asegurará que las áreas delimitadas, los controles de residuos y las instalaciones provisionales cumplan con la autorización.

Tabla I. 18. Requerimientos necesarios para realizar las actividades.

No.	Actividad	Maquinaria y equipo	Personal requerido	Tiempo estimado
1	Gestión previa y liberación del predio	Vehículos ligeros, GPS portátil	1 coordinador de proyecto, 1 auxiliar técnico	2.5 sem
2	Señalización y delimitación del área de trabajo	Herramienta menor, estacas, señalética	1 supervisor ambiental, 2 ayudantes	1.3 sem
3	Habilitación de accesos temporales	Motoconformadora ligera, pipa de agua	1 operador, 2 ayudantes	1.7 sem

4	Instalación de campamento y áreas provisionales	Grúa ligera, camionetas, generador eléctrico	1 encargado de campamento, 2 ayudantes	2.5 sem
5	Instalación de servicios provisionales	Generador eléctrico, pipa de agua	1 electricista, 1 ayudante	0.8 sem
6	Implementación del programa de seguridad y salud	Señalética, equipo de seguridad	1 responsable de seguridad e higiene	0.8 sem
7	Implementación del programa ambiental	Contenedores, material absorbente	1 supervisor ambiental	0.8 sem
8	Movilización de maquinaria pesada	Camas bajas, tractocamiones	1 jefe de maquinaria, operadores	1.7 sem
9	Inspección ambiental y técnica previa a construcción	Vehículos ligeros, listas de verificación	1 responsable técnico, 1 supervisor ambiental	1.7 sem

- **Requerimiento de combustible**

El gasto de combustible diésel que se prevé que se utilice en la etapa de preparación del sitio del proyecto “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA””, se indica en la Tabla I.20.

Tabla I. 19. Gasto de diésel para la preparación del sitio.

Equipo	Cantidad	Tiempo estimado (sem)	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día)	Gasto mensual de diésel por equipo	Gasto total de diésel (lts)
Camioneta Pick - up	4	2.5	Diésel	12 h	400	4,000
Camión pipa	2	1.5	Diésel	12 h	1,600	4,800
Tractocamiones	2	1.7	Diésel	12 h	1,600	5,440
Motoconformadora	1	1.7	Diésel	12 h	1,600	2,720
Grúa ligera	1	1.7	Diésel	12 h	1,600	2,720
Generador eléctrico	2	1.5	Diésel	12 h	1,600	4,800
TOTAL:						**24,480**

El total de combustible (diésel) utilizado en la Etapa de preparación del sitio será de **24,480 litros.**

I.4.3 Descripción de la etapa de construcción

Una vez aprobadas las actividades antes descritas, se procede a iniciar en el sitio del proyecto con las actividades de control ambiental que forman parte del CUSTF y la MIA-P en un periodo de **56 meses** repartidos en cada etapa de construcción del proyecto. Se ejecutarán las siguientes actividades; capacitación a personal, delimitación de superficie autorizada, rescate, reubicación y liberación de las especies de flora y fauna silvestre, control de residuos, recuperación de suelo vegetal, etc.

Posteriormente, se habilitarán los accesos temporales necesarios para el flujo logístico y se instalarán tanto el campamento como las áreas y servicios provisionales que servirán de base para el personal operativo. Durante este proceso, se implementarán rigurosamente los programas de seguridad y salud, así como el programa ambiental, con el fin de mitigar riesgos y proteger el entorno. Y se llevará a cabo la movilización de maquinaria pesada hacia el sitio

y se efectuará una inspección ambiental y técnica exhaustiva antes de proceder con el inicio formal de las actividades de construcción.

Para la etapa de construcción se determinó que se llevará a cabo en un plazo de **19 meses** para la Etapa I (Estanques G, H, I, J), en **19 meses** para la Etapa II (Estanques B, C, D, E, F) y finalmente **18 meses** para la Etapa III (Estanque K).

En cada una de las etapas de construcción, se llevará a cabo la ingeniería ejecutiva, el trazo y la topografía detallada del terreno. Una vez definidos los puntos clave, se procederá con la instalación de obra y señalización necesaria para delimitar las áreas de trabajo. Inmediatamente después, se realizará el despalme y la limpieza del sitio para dejar la superficie lista para los movimientos de tierra.

Cabe señalar que en el polígono donde se ejecutarán las actividades, se encuentra un área de Derecho de Vía (DV) de las líneas de transmisión de la CFE, la cual cuenta con un ancho de 13.0m a cada lado del eje central. Dicho trazo se localiza entre las celdas proyectadas “POND D” y “POND E”, atravesando el predio la cual será considerada durante la ejecución de las actividades constructivas.

Posteriormente, para el movimiento de tierras y nivelación, se procederá con excavación masiva de aproximadamente 180,000 m3. Todo el material excedente será acarreado fuera de la zona de trabajo para permitir la formación de terraplenes, los cuales sumarán cerca de 120,000 m3. Para asegurar la estabilidad del suelo, se ejecutará una compactación al 95%, seguida del trazo fino y la nivelación final del predio.

Posteriormente, se establecerán las bases operativas mediante la creación de caminos de servicio de tierra compactada. La gestión de fluidos se garantizará mediante la construcción de zanjas pluviales y obras de drenaje, además de la instalación de una geomembrana HDPE de 1,5 mm para impermeabilización.

El sistema de canalización se completará con la instalación de tuberías de PVC de 150 mm y la construcción de pozos de inspección para el control de niveles. Finalmente, se asegurará el perímetro con un cerco de malla ciclónica y se concluirá el proyecto con las etapas de pruebas, ajustes y la puesta en operación oficial.

Cabe mencionar que NO se contempla, en ninguna circunstancia, la utilización de explosivos en ninguna de las etapas que integran el proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento).

El desarrollo de las lagunas de evaporación involucra actividades de desmonte, despalme, excavaciones superficiales para el desplante de los vasos de las lagunas, y la conformación de diques perimetrales mediante el balance de cortes y terraplenes. De acuerdo con los estudios geotécnicos y de mecánica de suelos realizados para el sitio, los materiales del subsuelo son aptos para ser removidos y conformados mediante el uso exclusivo de maquinaria pesada convencional.

Al no requerirse la fragmentación de estratos rocosos masivos o profundos que opongan resistencia al equipo mecánico tradicional, no existe justificación técnica ni operativa para el uso de agentes de voladura. Por lo tanto, la descripción de tipos de explosivos, cantidades,

polvorines de almacenamiento temporal y justificaciones técnicas solicitadas en este apartado no aplican para el presente proyecto.

I.4.4 Descripción de la etapa de operación y mantenimiento

Para la etapa de operación y mantenimiento, se contempla una duración de **48 años**.

Con el fin de garantizar la eficiencia operativa, se gestionarán de manera continua las entradas y el nivel de agua dentro de las instalaciones. De igual forma, se realizará un control y monitoreo exhaustivo de los parámetros ambientales para asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes. Como medida de seguridad se ejecutarán protocolos de prevención de contaminación y fugas para proteger el subsuelo y los alrededores.

El mantenimiento físico será constante; por ello, se llevará a cabo la revisión periódica del revestimiento para identificar y reparar cualquier desgaste prematuro. Complementando esto, se gestionará la remoción de sedimentos y sales acumuladas para evitar la pérdida de capacidad o daños estructurales.

El cuidado del sitio también incluye el control preventivo de la vegetación y plagas que podrían comprometer la integridad de las barreras físicas. Finalmente, se realizarán inspecciones técnicas regulares a todos los equipos auxiliares para garantizar que operen en condiciones óptimas en todo momento.

I.4.5 Descripción de la etapa de desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Finalmente, para la etapa de cierre y abandono del sitio, se contempla un periodo de **72 meses**.

La etapa de cierre comenzará con un cese ordenado de las operaciones. Una vez detenidas las actividades, se procederá con la gestión final de la salmuera residual y el correcto manejo y disposición de sales y sedimentos acumulados durante la vida útil del sitio.

Posteriormente, se iniciará el desmantelamiento de la infraestructura existente y se llevará a cabo el retiro o neutralización del sistema de impermeabilización para eliminar cualquier residuo de materiales sintéticos. Con el área despejada, se ejecutarán tareas de rehabilitación del suelo seguidas de una restauración ambiental del sitio integral, con el objetivo de devolver el terreno a condiciones óptimas o naturales.

En la fase final, se establecerá un período de monitoreo post-cierre para verificar que no existan impactos residuales en el entorno. El ciclo concluirá formalmente con la entrega de toda la documentación y el cierre administrativo correspondiente ante las autoridades competentes.

Anexo I.13 Cronograma del proyecto por etapas.

I.5 Ubicación del proyecto

I.5.1 Ubicación geográfica de las obras del proyecto

Se puede observar en la Figura I.5 el plano georreferenciado del área del proyecto con respecto a la distribución de los predios involucrados, destacando que en el **Anexo I.10** en archivo Excel se encuentran las coordenadas de cada polígono de las obras en sistema geodésico Datum WGS84.

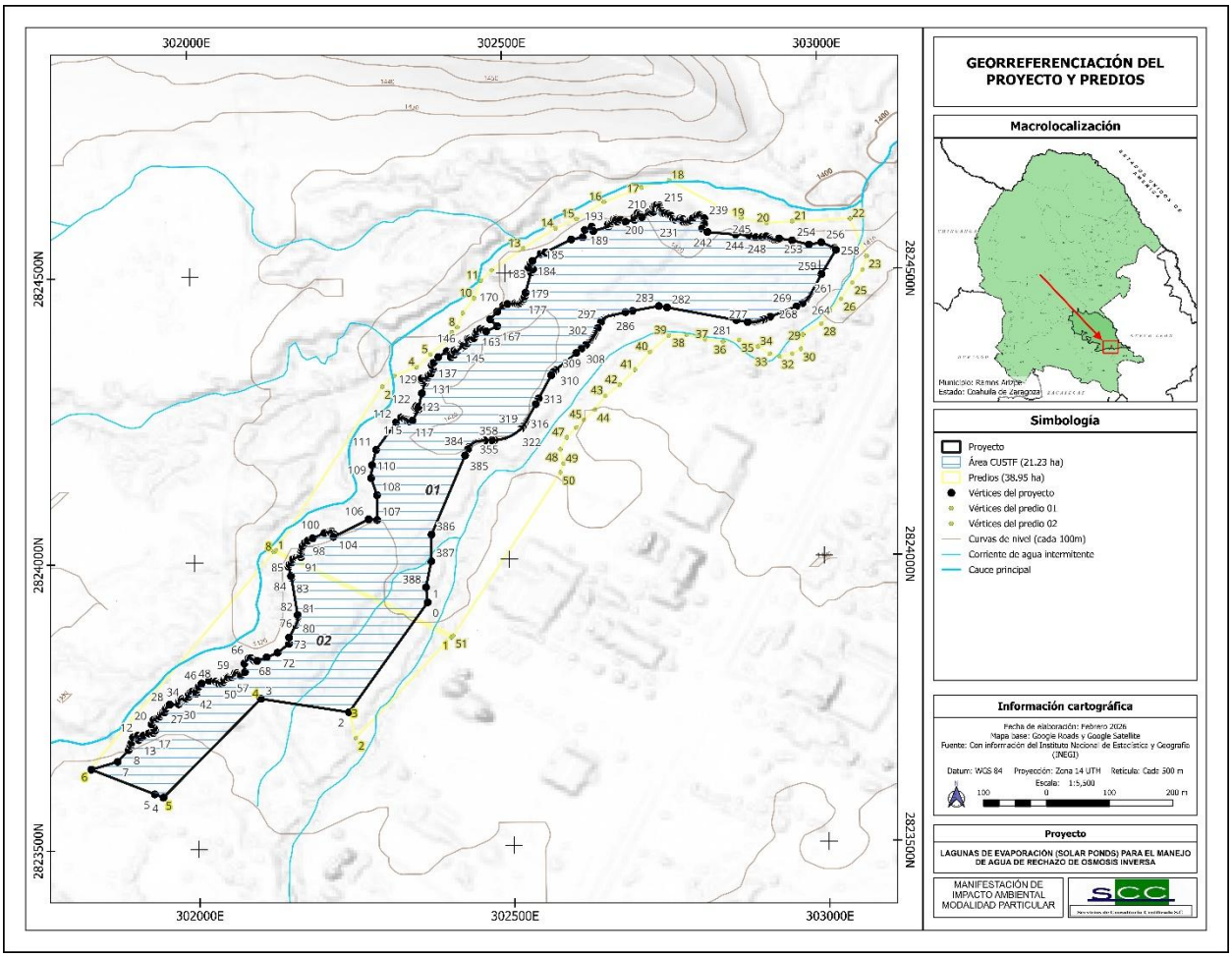


Figura I. 5. Plano general del proyecto.

I.5.2 Plano de representación geográfica

En el **Anexo I.10** en archivo Excel se encuentran las coordenadas de cada polígono de las obras en sistema geodésico Datum WGS84.

I.6 Incidencia en ANP

I.6.1 Describir la incidencia en Áreas Naturales Protegidas

El proyecto **no se encuentra** dentro de ninguna Área Natural Protegida Estatal, como puede observarse en la siguiente tabla la más cercana es el Bosque Urbano Ejército Mexicano que se encuentra a 9.84 km:

Tabla I. 20. Ubicación de las ANP a nivel Estatal con respecto al proyecto.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTATAL	CATEGORÍA DE MANEJO	DISTANCIA DEL PROYECTO
Bosque Urbano Ejército Mexicano	Parque Estatal	9.84 km
Zona de Restauración Zapalinamé	Zona de Restauración	13.8 km
Zapalinamé	Zona sujeta a Conservación ecológica	14.52 km
Sierra Corral de los Bandidos	Zona sujeta a Conservación ecológica	24.71 km
La Reforma	Resera Natural voluntaria	27.87 km

Se corroboró que el predio en cuestión **no se encuentra** dentro de alguna ANP; siendo que la ANP federal más cercana es C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan que se encuentra a 9.74 km.

Tabla I. 21. Ubicación de las ANP a nivel Federal con respecto al proyecto.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA FEDERAL	CATEGORÍA DE MANEJO	DISTANCIA DEL PROYECTO
C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan	Área de Protección de recursos Naturales	9.74 km
Cumbres de Monterrey	Parque Nacional	23.59 km
Cerro de la Silla	Monumento Natural	71.01 km
Semidesierto Zacatecano	Zona sujeta a Conservación ecológica	88.99 km
C.A.D.N.R. 004 Don Martín	Parque Nacional y Área de protección de flora y fauna	113.53 km

I.6.2 Anteproyectos de las diferentes opciones analizadas

Como parte del proceso de planeación del proyecto se analizaron diferentes alternativas técnicas y de localización para garantizar el manejo adecuado de las salmueras generadas por el sistema de Ósmosis Inversa Desionizada (OID) del Complejo Ramos Arizpe. La evaluación consideró criterios de factibilidad técnica, operativa, ambiental y económica, incorporando aspectos relacionados con el consumo de recursos naturales, remoción de vegetación, eficiencia energética, huella de carbono, huella hídrica y modificación del hábitat.

La alternativa seleccionada contempla la construcción de nuevas Lagunas de Evaporación Solar con un diseño actualizado, mayor capacidad de almacenamiento y mejores condiciones de impermeabilización, complementada con la modernización del sistema de Ósmosis Inversa Desionizada para incrementar la eficiencia de recuperación de agua y reducir el volumen de rechazo generado.

Esta opción aprovecha el proceso natural de evaporación solar, por lo que el consumo energético asociado a la disposición final de las salmueras es considerablemente menor respecto a tecnologías térmicas, reduciendo la huella de carbono del proyecto. Asimismo, la modernización del sistema OID permitirá disminuir el volumen de agua de rechazo, optimizando la huella hídrica del proceso y el aprovechamiento del recurso.

Respecto a la ubicación, se seleccionó un sitio contiguo a la infraestructura existente, dentro de un área previamente destinada al desarrollo industrial del complejo, minimizando la apertura de nuevos caminos, el consumo adicional de recursos y la modificación del hábitat.

Aunque será necesaria la remoción de vegetación en el área de desplante, ésta corresponde a una superficie limitada y podrá ser mitigada mediante las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas en el presente estudio.

En términos generales, esta alternativa representa el mejor equilibrio entre viabilidad técnica, eficiencia operativa, costos de inversión, consumo de recursos naturales y desempeño ambiental.

Derivado de la evaluación multicriterio realizada, se concluye que la construcción de nuevas Pilas de Evaporación Solar, en conjunto con la modernización del sistema de Ósmosis Inversa Desionizada, constituye la alternativa ambiental y técnicamente más adecuada. Esta opción presenta el menor consumo energético durante la disposición final de salmueras, mejora el aprovechamiento del recurso hídrico, disminuye los riesgos operativos asociados a la infraestructura existente y ofrece la capacidad necesaria para atender el crecimiento proyectado del Complejo Ramos Arizpe, manteniendo un impacto ambiental menor respecto a otras tecnologías disponibles y garantizando la continuidad operativa en el largo plazo.

I.6.3 Cronograma detallado de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono (desmantelamiento), con indicadores de tiempo y recursos.

Se presenta en el **Anexo I.13** Cronograma del proyecto por etapas con la información solicitada.

I.6.4 Volumen de material que será removido durante la etapa de preparación del sitio y construcción, y de ser el caso, durante la etapa de operación.

- **Residuos generados**

Durante la preparación, construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto no se generarán residuos peligrosos, ya que todos los mantenimientos de la maquinaria se realizarán fuera del proyecto en talleres especializados.
Por otro lado, para la etapa de preparación y construcción del sitio se prevé la generación de residuos sólidos urbanos producto del consumo de alimento por parte de los trabajadores. Este tipo de residuos serán envasados y almacenados temporalmente en un sitio estratégico dentro del proyecto en contenedores debidamente identificados, mientras son trasladados a sitios de disposición final autorizada.

- **Aguas residuales**

Las aguas residuales generadas durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto provendrán exclusivamente de las necesidades fisiológicas del personal. Para su manejo, se dispondrá de servicios sanitarios portátiles (a razón de una unidad por cada 15 trabajadores), los cuales serán gestionados a través de una empresa especializada que cuente con las autorizaciones y permisos vigentes para la descarga y disposición final de dichas aguas.

- **Generación de ruido.**

La intensidad de ruido generado durante esta etapa del proyecto es muy baja debido a que los equipos trabajarán por un corto periodo de tiempo.

- **Generación de gases efecto de invernadero.**

Tabla I. 22. Generación de CO_2, CH_4 y N_2O, debido al consumo de combustible.

ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO, CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE				
GASES DE EFECTO INVERNADERO				
ECO(totalCO_2) toneladas				
Combustible	**VC**	**PC**	**FECO_2 (TCO_2/MJ)**	**ECO(tCO_2)**
DIÉSEL	24480	35.5374	0.0000693	60.28791975
				60.28791975
Combustible	VC	PC	FECO_2 (TCH_4/MJ)	ECH_4($kgCH_4$)
DIÉSEL	24480	35.5374	0.000025	21.7488888
				21.7488888
Combustible	VC	PC	FECO_2 (TN_2O/MJ)	ECO(kgN_2O)
DIÉSEL	24480	35.5374	0.0000039	3.392826653
				3.392826653
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO				
ECO(tCO_2)		60.28791975	1	60.28791975
ECH_4($kgCH_4$)		21.7488888	28	608.9688864
ECO(kgN_2O)		3.392826653	265	899.099063
		ECO(totalCO_2) toneladas		**1568.355869**
TOTAL DE EMISIONES DE EFECTO DE INVERNADERO =			**1,568.36**	**Ton CO_2**

Tabla I. 23. Generación de emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera como PST. (Kg), debido al consumo de combustibles.

Emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera como PST		
Contaminantes factores de emisión de acuerdo Ap-42		
Etapa de preparación del sitio		
Conceptos	Operación de equipos	Vehículos ligeros
Factor de emisión	4.88 kg CO/m^3 diésel	
Gasto de combustible	24.094 m^3	0.40 m^3
Partículas = FExCO/1000	117.58 kg	1.95.57 kg
Partículas en suspensión		**119.53 kg**

Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

El proyecto, contará con un área destinada para el almacenamiento temporal de los residuos generados durante la etapa de preparación, construcción, operación y mantenimiento. También se contará con recipientes debidamente identificados para contener cada uno de los residuos a ser generados.

La disposición final de los residuos se realizará en sitios de disposición final autorizada para el caso de los residuos manejo especial, y en el relleno sanitario municipal para el caso de los residuos sólidos urbanos.

Tabla I. 24. Desechos.

ETAPA	Residuos			Descargas	Emisiones a la atmósfera
	Manejos especial	Residuos sólidos urbanos	Residuos peligrosos		
Etapa de preparación	1 ton	3 ton	**No aplica**	**No aplica**	1,568.36 ton CO_2
Etapa de construcción	1 ton	4 ton	**No aplica**	**No aplica**	
Etapa de Operación	1 ton	5 ton	**No aplica**	**No aplica**	
Etapa de mantenimiento	1 ton	5 ton	**No aplica**	**No aplica**	
Etapa de abandono	5 ton	3 ton	**No aplica**	**No aplica**	

Tabla I. 25. Insumos.

ETAPA	Agua	Energía	Suelo	Materiales
Etapa de preparación	18,000 l	28,655 kW	**No aplica**	Combustible
Etapa de construcción	54,000 l	30,707 kW	**No aplica**	Combustible
Etapa de Operación y mantenimiento	36,000 l	62,688 kW	**No aplica**	Combustible
Etapa de abandono	18,000 l	31,364 kW	**No aplica**	Combustible

I.7 Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales, así como en selvas y zonas áridas

I.7.1 Superficies de obras del proyecto situados en zonas con vegetación forestal, en el caso de proyectos que consideren Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales

Tabla I. 26.Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales.

Estructura/Componente del proyecto	Tipo de vegetación	Superficie (Ha)
Área de Celdas (Solar Ponds)	VSa/MDM	16.3170
Área de Camino perimetral	VSa/MDM	1.8260
Área complementaria	VSa/MDM	3.0920
Superficie Total del Proyecto		21.23

En la **tabla I.28** se presentan las áreas que corresponden a la infraestructura mencionada.

Tabla I. 27. Dimensiones del proyecto.

Obras	Área (m2)	Obras	Área (m2)
Celda B	5,696.254	Celda H	23,115.552
Celda C	8,880.054	Celda I	21,389.876
Celda D	3,963.787	Celda J	20,961.784
Celda E	24,185.513	Celda K	20,166.871
Celda F	16,692.061	Camino	18,257.822
Celda G	18,107.782	**Total**	**181,417.36**

I.7.2 Especies que serán sujetas de remoción por actividades de Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales, incluyendo lo relativo a si éstas se encuentran listadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

Tabla I. 28. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Número de individuos por especie por remover en el SP				
ESTRATO ARBÓREO				
NOMBRE CIENTIFICO	**NOMBRE COMÚN**	**CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010**	**NO. IND. MUESTREADOS**	**NO. IND. ESTIMADOS A REMOVER**
Mezquite	*Neltuma glandulosa*	-	11	1062
Pirul	*Schinus molle*	-	2	193
SUBTOTAL			**13**	**1,255**
ESTRATO HERBÁCEO				
NOMBRE CIENTIFICO	**NOMBRE COMÚN**	**CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010**	**NO. IND. MUESTREADOS**	**NO. IND. ESTIMADOS A REMOVER**
Zacate buffel	*Chenchrus ciliaris*		3	28950
Barbas de Indio	*Chloris virgata*	-	14	135100
Hierba de serpiente	*Gutierrezia Microcephala*	-	10	96500
Porotillo	*Hoffmannseggia glauca*	-	10	96500
Rodadora	*Salsola kali*	-	37	357050
Matricaria de Gray	*Parthenium confertum*	-	3	28950
Malva del desierto	*Sphaeralcea ambigua*	-	3	28950
Manzanilla	*Thymophylla pentachaeta*	-	3	28950
Árnica espinosa	*Xanthisma spinulosum*	-	38	366700
SUBTOTAL			**121**	**1,167,650**

ESTATRO ARBUSTIVO				
NOMBRE CIENTIFICO	**NOMBRE COMÚN**	**CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010**	**NO. IND. MUESTREADOS**	**NO. IND. ESTIMADOS A REMOVER**
Vara dulce	*Aloysia gratissima*	-	3	290
Cenizo	*Atriplex canescens*	-	4	386
Acebuche	*Celtis pallida*	-	16	1544
Green Condalia	*Condalia viridis*	-	20	1930
Chaparro Prieto	*Cordia parvifolia*	-	35	3378
Hojasén	*Flourencia cernua*	-	2	193
Abrojo	*Koeberlinia spinosa*	-	39	3764
Gobernadora	*Larrea tridentata*	-	56	5404
Mezquite	*Neltuma glandulosa*	-	290	27985
Tabaquillo Sudamericano	*Nicotiana glauca*	-	3	290
Mariola	*Parthenium incanum*	-	569	54909
Agrito	*Citharexylum brachyanthum*	-	1	97
Garrapatilla	*Sarcomphalus obtusifolius*	-	93	8975
Acahual	*Bidens pilosa*	-	2	193
SUBTOTAL			**1,133**	**109,335**
ESTATRO CACTACEO				
NOMBRE CIENTIFICO	**NOMBRE COMÚN**	**CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010**	**NO. IND. MUESTREADOS**	**NO. IND. ESTIMADOS A REMOVER**
Biznaga partida	*Coryphantha macromeris*	-	3	290
Alicoche sanjuanero	*Echinocereus stramineus*	-	20	1930
Alicoche real	*Echinocereus enneacanthus*	-	41	3957
Biznaga barril costillona	*Ferocactus hamatacanthus*	-	18	1737
Biznaga de la Sierra Bola	*Mammillaria grusonii*	*Pr*	1	97
Biznaga china	*Mammillaria heyderi*	-	107	10326
Biznaga de Saltillo	*Mammillaria winterae*	-	3	290
Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	-	77	7431
Tasajillo	*Cylindropuntia leptocaulis*	-	141	13607
Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	-	13	1255
Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	-	65	6273
Nopal camueso	*Opuntia robusta*	-	25	2413
Nopal cegador	*Opuntia rufida*	-	3	290
Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	-	4	386
Abrojo	*Cylindropuntia tunicata*	-	4	386
SUBTOTAL			**525**	**50,663**
Total			**1,792**	**1,328,902**

CAPÍTULO II.

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

SIN TEXTO

ÍNDICE

CAPITULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 1
II.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 1
II.2. Tratados: Convenio 169 OIT y Ramsar 3
II.2.1. Convenio 169 Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. 3
II.2.2. CITES: Apéndice II 4
II.3. Leyes generales y federales. 4
II.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 4
II.3.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 6
II.3.3. Ley General de Cambio Climático (LGCC) 7
II.3.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) 9
II.3.5. Ley de Aguas Nacionales (LAN) 11
II.3.6. Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 12
II.3.7. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos 14
II.3.8. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 15
II.3.9. Ley Federal de Derechos 16
II.4. Reglamentos. 17
II.4.1. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS) 17
II.4.2. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental 19
II.4.3. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas 22
II.4.4. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera 23
II.5. Normas Oficiales Mexicanas 24
NOM-001-SEMARNAT-2021 24
NOM-041-SEMARNAT-2015 24
NOM-045-SEMARNAT-2017 24
NOM-052-SEMARNAT-2005.- 24
NOM-054-SEMARNAT-1993.- 25
NOM-059-SEMARNAT-2010 25
NOM-161-SEMARNAT-2011.- 25
NOM-080-SEMARNAT-1994 25
NOM-138-SEMARNAT-2012 25
II.6. Legislación estatal. 25
II.6.1. Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Coahuila 25
II.6.2. Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Coahuila 27
II.6.3. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza 28
II.7. Instrumentos de ordenamiento ecológico: POEGT y POER estatal. 29
II.7.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 29

II.7.2. Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado....36

II.8. Instrumentos de planeación: PND, PED y planes municipales. 39
II.8.1. Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030....39

II.8.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030....40

II.8.3. Plan Estatal de Desarrollo de Coahuila 2023-2029 (Actualización 2025) 41

II.8.4. Plan Estratégico de Desarrollo de los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe, año 2025 (Vigente) 41

II.8.5. Instrumentos de uso de suelo: Plan Director de Desarrollo Urbano.....45

II.9. Instrumentos de conservación: ANP, ADVC y Ramsar. 48
II.9.1. Decreto de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales) 48

II.9.2. Programa de Manejo de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales) 50

II.9.3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación....50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Vinculación del proyecto con la LGEEPA. 1
Tabla II.2. Vinculación del proyecto con la LGEEPA. 4
Tabla II.3. Vinculación del proyecto respecto a la LGDFS....6
Tabla II.4. Vinculación del proyecto con la LGCC....8
Tabla II.5. Vinculación del proyecto con la LGPGIR. 10
Tabla II.6. Vinculación del proyecto con la LGVS. 12
Tabla II.7. Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental....16
Tabla II.8. Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Derechos. 16
Tabla II.9. Vinculación del proyecto con el RLGDFS. 17
Tabla II.10. Vinculación del proyecto con RLGEEPAMIA. 19
Tabla II.11. Vinculación del proyecto con RLGEEPAPCCA. 23
Tabla II.12. Normas Oficiales Mexicanas que aplican al Proyecto. 24
Tabla II.13. Vinculación del proyecto con la Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Coahuila. 26
Tabla II.14. Vinculación del proyecto con la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Coahuila. 27
Tabla II.15. Vinculación del proyecto con la LGAHOTDU para el Estado de Coahuila.....28
Tabla II.16. Vinculación con el proyecto respecto al cumplimiento de las estrategias del POEGT.....31
Tabla II.17. Ubicación de las ANP a nivel Estatal con respecto al proyecto.....49
Tabla II.18. Ubicación de las ANP a nivel Federal con respecto al proyecto. 49
Tabla II.19. Sitio RAMSAR cercano al proyecto. 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Rasgos arqueológicos cerca del proyecto. 15
Figura II.2. Ubicación del proyecto respecto al POEGT: UABs. 30
Figura II.3. Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Coahuila de Zaragoza.....37
Figura II.4. Ubicación del proyecto respecto a las UGAs.....38
Figura II.5. Ubicación del proyecto respecto a las ANP federales.....48
Figura II.6. Ubicación del proyecto respecto a las ANP estatales. 49

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

II.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) constituye el ordenamiento jurídico supremo del país y establece los principios fundamentales que orientan la actuación del Estado, el desarrollo de las actividades productivas, el aprovechamiento de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

En materia ambiental, la Constitución reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, al tiempo que establece las bases para que el desarrollo nacional se lleve a cabo bajo criterios de sustentabilidad y para que el aprovechamiento de los recursos naturales se realice atendiendo al interés público, su conservación y la preservación del equilibrio ecológico. Estos principios constitucionales constituyen el fundamento de diversas leyes, reglamentos, normas y demás instrumentos de política ambiental aplicables a los proyectos sujetos a evaluación en materia de impacto ambiental.

Por lo anterior, en el presente apartado se analiza la vinculación del proyecto con las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que guardan relación con su naturaleza y características, identificando la forma en que el diseño, construcción, operación y las medidas de prevención, mitigación y control ambiental propuestas contribuyen a mantener su congruencia con el marco constitucional aplicable.

Tabla II.1. Vinculación del proyecto con la LGEEPA.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 4°, párrafo quinto: Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.	El proyecto "LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA" incorpora medidas para prevenir la contaminación del suelo y del agua, manejar los residuos y proteger la flora y fauna durante sus distintas etapas. La evaluación de sus impactos y las medidas previstas se desarrollan en la presente MIA-P. Dicho lo anterior, se encuentra regulado ambiental y territorialmente por diversas leyes las cuales se presentan en este capítulo y sus correspondientes apartados. Asimismo, el proyecto incorpora medidas para prevenir la contaminación del suelo y del agua, manejar los residuos y proteger la flora y fauna durante sus distintas etapas. La evaluación de sus

Artículo	Vinculación con el proyecto
	impactos y las medidas previstas se desarrollan en la presente MIA-P.
Artículo 25. (síntesis). Establece la rectoría del Estado sobre el desarrollo nacional integral y sustentable, así como la participación de los sectores público, social y privado con responsabilidad social. Prevé el impulso de la actividad económica bajo criterios de sustentabilidad, conservación de los recursos productivos y protección del medio ambiente.	El proyecto "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa" se vincula con los principios de desarrollo sustentable previstos en este artículo al incorporar infraestructura para el manejo controlado de la salmuera generada por la actividad industrial del Complejo Ramos Arizpe, bajo un esquema de descarga cero de esta corriente. Para ello, la presente MIA-P integra la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivados de las obras y actividades del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y compensación correspondientes. Estas medidas se encuentran desarrolladas en el capítulo IV. Asimismo, el promovente sujetará la ejecución del proyecto a las autorizaciones de las autoridades competentes y a los términos y condicionantes que se establezcan. De esta manera, se busca compatibilizar el desarrollo de la actividad económica con la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.
Artículo 27. (Extracto) La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos,	El proyecto "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa" sujetará el uso del predio y la remoción de vegetación forestal a las disposiciones y autorizaciones aplicables. Para ello, se presenta esta MIA-P para evaluar los impactos ambientales de las obras y actividades, mientras que la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tramitará por separado, sustentada en el Estudio Técnico Justificativo (ETJ). El promovente limitará la intervención a la superficie autorizada y aplicará las medidas de prevención, mitigación y compensación previstas en la MIA-P, incluidos los programas de rescate y reubicación de flora y fauna, reforestación y conservación del suelo.

Artículo	Vinculación con el proyecto
reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.	De esta manera, el proyecto vincula el uso del predio con la conservación de los elementos naturales y la protección del equilibrio ecológico, sujeto al cumplimiento de las autorizaciones y sus términos y condicionantes. Así mismo se presenta en el capítulo I de este manifiesto de impacto ambiental las escrituras públicas con el fin de demostrar la titularidad de los predios en los que se llevará a cabo el proyecto.

II.2. Tratados: Convenio 169 OIT y Ramsar.

II.2.1. Convenio 169 Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.

El Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes constituye un instrumento internacional orientado a la protección de los derechos de los pueblos indígenas y tribales, incluyendo su derecho a conservar sus instituciones, formas de vida, identidad cultural, territorio y participación en decisiones susceptibles de afectarles directamente.

Para determinar si las obras y actividades del proyecto pudieran afectar a algún pueblo o comunidad indígena, tribal o afromexicana, se consultó como fuente principal el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. De manera complementaria, se utilizaron las capas geoespaciales disponibles en la plataforma Pueblos Indígenas de Cultura SECIHTI, con la finalidad de identificar la presencia de núcleos poblacionales, asentamientos y población indígena residente en el contexto territorial del proyecto.

Con base en la consulta del Catálogo Nacional del INPI, las comunidades reconocidas más cercanas al área del proyecto corresponden a **Nacimiento de la Tribu Kickapoo** y **El Nacimiento de los Negros Mascogos**, ambas ubicadas en el municipio de **Múzquiz, Coahuila**, dentro de la Región Kickapoo/Mascogo, aproximadamente a **285 km** del sitio del proyecto.

Adicionalmente, mediante la revisión geoespacial de las capas de SECIHTI se identificaron registros de población indígena residente dispersa en la localidad de Ramos Arizpe, Coahuila. No obstante, dichos registros corresponden a presencia individual o dispersa de personas indígenas, y no implican por sí mismos la existencia de una comunidad indígena, tribal o afromexicana organizada, con territorio, instituciones representativas o elementos colectivos susceptibles de afectación directa por las obras y actividades del proyecto.

Por lo tanto, el proyecto no incide sobre territorios, asentamientos, localidades sede o áreas de uso tradicional de pueblos o comunidades indígenas, tribales o afromexicanas reconocidas.

II.2.2. CITES: Apéndice II

CITES es un tratado internacional firmado y ratificado por México. Forma parte de la legislación ambiental secundaria aplicable en la materia, por lo que complementa las leyes federales (como la Ley General de Vida Silvestre y la LGEEPA).

El Apéndice II de CITES incluye especies que, aunque no se encuentran necesariamente en peligro de extinción en este momento, podrían llegar a estarlo si no se controla estrictamente su comercio. Si en el área de desarrollo o área de influencia del proyecto existen o se van a aprovechar/manejar especies listadas en este apéndice, el proyecto debe asegurar el cumplimiento de las tasas de aprovechamiento y los permisos de exportación/importaciones correspondientes.

En cumplimiento del marco jurídico internacional ratificado por México, el proyecto se vincula con la CITES debido a la presencia registrada en el inventario florístico de diversas especies pertenecientes a la familia *Cactaceae* (tales como *Mammillaria grusonii*, *Astrophytum capricorne*, *Coryphantha delicata*, *Lophophora williamsii*, entre otras), las cuales se encuentran reguladas bajo el Apéndice II de esta Convención. Si bien el proyecto no involucra la comercialización o exportación de especímenes, el promovente garantiza la conservación e integridad de estas poblaciones mediante la ejecución de un Programa de Rescate y Reubicación previo a las actividades de desmonte, contemplando la georreferenciación, mantenimiento en vivero temporal y seguimiento de supervivencia, alineándose así con las disposiciones de la CITES y el estatus de protección asignado por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

II.3. Leyes generales y federales.

II.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

A manera de introducción para esta ley, La LGEEPA (última reforma DOF 01-04-2024) señala en su **artículo 28** que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión , 2024).

Así mismo, los artículos de la LGEEPA aplicables para el desarrollo del proyecto, se presentan en la Tabla II.2:

Tabla II.2. Vinculación del proyecto con la LGEEPA.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 15. IV. Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a	En cumplimiento a este artículo, se contemplaron actividades y/o medidas para la prevención, mitigación y compensación de los posibles impactos negativos que pudiera ocasionar el proyecto, las cuales se presentan en el capítulo IV de la presente MIA

Artículo	Vinculación con el proyecto
quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.	
Artículo 28: **VII.** Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.	El proyecto contempla la remoción de matorral desértico, correspondiente a vegetación forestal de zona árida, identificado como Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM) conforme a la Serie VII de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI y su corroboración en campo. Por lo anterior, previo a la presentación de este MIA-P se presenta el Estudio Técnico Justificativo requerido para la autorización del proyecto en materia de impacto ambiental. Asimismo, la autorización de CUSTF se tramitará por separado mediante el ETJ, conforme al artículo 93 de la LGDFS.
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	El promovente presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P), en la que se describen las obras y actividades del proyecto y sus posibles efectos sobre los ecosistemas. La identificación y evaluación de los impactos ambientales, así como las medidas preventivas, de mitigación y compensación en el Capítulo IV de la propia MIA.
Artículo 35. Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o	La presente MIA-P analiza la vinculación del proyecto con el POEGT, el ordenamiento ecológico regional de Coahuila y el instrumento de desarrollo urbano aplicable a Ramos Arizpe mismo que se desarrolla en el apartado II.7 de este capítulo. Mientras que la evaluación de impactos considera los elementos que integran el ecosistema y las medidas para prevenir, mitigar y compensar su afectación, este último desarrollado en el capítulo IV del presente manifiesto de impacto ambiental.

Artículo	Vinculación con el proyecto
actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá: I.- Autorizar la realización de obras; II.- Autorizar de manera condicionada, o III.- Negar la autorización.	
Artículo 98. Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios: IV.- En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural; V.- En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas,	En el capítulo IV del presente documento se describen las medidas de mitigación y compensación por pérdida de suelo.
Artículo 117. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;	La construcción de las lagunas tendrá impermeabilización, esto mediante la colocación de geomembrana de 1.5 mm, bordo libre contra desbordes y pozos o puntos de monitoreo de fugas. Así se previene la infiltración de salmuera al acuífero y se garantiza la prevención y control de la contaminación del agua.

II.3.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La LGDFS (última reforma DOF 01-04-2024) tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

En la Tabla siguiente se presenta la vinculación de esta Ley conforme al proyecto, dadas las actividades de cambio de uso de suelo que se pretenden realizar en las áreas forestales del sitio del proyecto.

Tabla II.3. Vinculación del proyecto respecto a la LGDFS.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 3º. X. Promover la conservación de los ecosistemas forestales, impulsando su delimitación y manejo sostenible, evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad.	Entre las medidas de prevención de este proyecto, se tiene previsto la delimitación del área de cambio de uso de suelo, con la finalidad de no afectar a los ecosistemas forestales aledaños.
Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por: LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales; LXXX Bis. Vegetación Forestal de Zonas Áridas: Aquella que se desarrolla en forma espontánea en zonas de clima seco y muy seco. Se incluyen todos los tipos de matorral, selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 600 milímetros;	El proyecto contempla la remoción de matorral desértico, correspondiente a vegetación forestal de zona árida, identificado como Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM) conforme a la Serie VII de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI y su corroboración en campo.
Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento.	Se presenta el Estudio Técnico Justificativo de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales ante la SEMARNAT del proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” para su autorización.
Artículo 97. No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales donde la pérdida de cubierta forestal fue ocasionada por incendio, tala o desmonte sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.	Se declara bajo protesta que el predio no ha sido afectado por incendios, tala o desmonte.

II.3.3. Ley General de Cambio Climático (LGCC)

La LGCC (última reforma DOF 01 de octubre del 2024) establece las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Los artículos aplicables al proyecto en relación con la LGCC se describen en la Tabla siguiente.

Tabla II.4. Vinculación del proyecto con la LGCC.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 88. Las personas físicas o morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del registro.	Para este proyecto se contempla dar cumplimiento se realizará un programa de mantenimiento para cada vehículo que participe en el proyecto, el cual se realizará fuera del proyecto en centros especializados.

II.3.3.1. Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)

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

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

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

A1. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.
A2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático.
A3. Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.

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

M2.7 Reducir las emisiones mediante la modernización de la flota vehicular, y del retiro y la disposición final de las unidades poco eficientes.

M5. Reducir emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta y propiciar co-beneficios de salud y bienestar.

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

“México crece de manera sostenible con la promoción del manejo sustentable, eficiente y equitativo de sus recursos naturales, así como del uso de energías limpias y renovables que le permiten un desarrollo con bajas emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. México es un país próspero, competitivo, socialmente incluyente y con responsabilidad global

que genera empleos suficientes y bien remunerados para toda su población, en particular para la más vulnerable. México es una nación con una economía verde, con ecosistemas y poblaciones resilientes al cambio climático y con ciudades sustentables." (ENCC 21).

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

II.3.3.2. Vinculación de los ejes estratégicos y líneas de acción de la ENCC con el proyecto:

En observancia de lo que establecen las estrategias A2.11 y A2.12, para reducir la vulnerabilidad del proyecto ante posibles efectos del cambio climático, se prevé la construcción de 11 Lagunas de evaporación (Solar Ponds).

Por otro lado, en observancia de las líneas de acción que se derivan del eje estratégico A3 (A3.2 A3.5 y A3.11), se proponen acciones para la prevención de la contaminación de los cuerpos de agua y cauces existentes en el área de influencia del proyecto, entre las que destacan la capacitación del personal a pie de obra para que evite en todo momento arrojar o depositar en el suelo, basura, materiales o desechos, que por efecto de disolución o arrastre pudieran contaminar el suelo en la zona del proyecto.

En este sentido durante la fase constructiva del proyecto se dispondrán contenedores para que el personal a pie de obra deposite toda basura y residuo sólido orgánico que genere.

Posteriormente, dichos residuos serán debidamente transportados al sitio más cercano, autorizado por el municipio, para su recolección por parte de los servicios de limpia.

Los residuos sólidos de las lagunas de evaporación (Solar Ponds) una vez que lleguen al límite de su capacidad serán retirados y llevados a un sitio de confinamiento adecuado.

Aunado a lo anterior, se deberán implementar en tiempo y formas los programas de rescate y reubicación de especies de flora y fauna, con lo cual se contribuye a mantener la integridad funcional de los ecosistemas en que incide el proyecto. Las medidas preventivas, así como de mitigación y compensación de los impactos negativos al ambiente que se prevé puedan ser generados por el proyecto, se pueden consultar a detalle en el Capítulo IV del presente Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P).

Finalmente, en relación con la estrategia M2.7 para contribuir a reducir la generación de gases de efecto invernadero, y toda vez que la ejecución del presente proyecto implica el uso de maquinaria y vehículos de carga pesada que durante su funcionamiento pudieran emitir este tipo de gases, se deberá realizar el mantenimiento preventivo, y en su caso correctivo que resulte necesario, para que los vehículos y maquinaria que se utilicen durante el proyecto cumplan con los límites establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que resulten aplicables dependiendo el tipo de combustible que utilicen (diésel NOM-045- SEMARNAT-2017).

II.3.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)

La LGPGIR (última reforma DOF 19-01-2026) tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, sólidos urbanos, de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Durante las diferentes actividades del cambio de uso de suelo del proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa”, se generarán diversos tipos de residuos; por lo que se tiene el conocimiento de cómo deberá ser el manejo para cada uno de ellos, aun cuando sean en cantidades mínimas, y así de esta manera evitar la disposición inadecuada hacia el suelo o cuerpos de agua. Los artículos aplicables al proyecto en relación con la LGPGIR se describen en la Tabla II.5.

Tabla II.5. Vinculación del proyecto con la LGPGIR.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	Los residuos sólidos urbanos que se lleguen a generar en las actividades serán almacenados de forma diferenciada en contenedores con tapa y distribuidos de forma estratégica dentro del área de trabajo. Los residuos generados corresponderán principalmente al alimento del personal, esto por el uso de envases plásticos, papel, bolsas de plástico y restos de comida.
Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: **III.** Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades; **V.** Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales; **VII.** Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;	Durante la ejecución del proyecto se generarán residuos de manejo especial, como el material vegetal resultado del derribo y despalme. Algunos de estos residuos serán utilizados para la construcción de obras de conservación de suelo y lo restante será dispuesto conforme a los procesos establecidos. Así mismo, otro de los residuos serán las sales y lodos evaporados antes de su disposición. Se contará con un programa de retiro, el sitio de disposición final y el prestador autorizado. Del mismo modo, con los residuos de construcción.
Artículo 21. Con objeto de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, asociados a la generación y manejo integral de residuos peligrosos, se deberán considerar cuando menos alguno de los siguientes factores que contribuyan a que los residuos peligrosos constituyan un riesgo: **I.** La forma de manejo **II.** La cantidad **III.** La persistencia de las sustancias tóxicas y la virulencia de los agentes infecciosos contenidos en ellos.	Durante la ejecución del proyecto, no se generarán residuos peligrosos por la maquinaria, ya que los mantenimientos serán realizados fuera del proyecto en talleres especializados.

Artículo	Vinculación con el proyecto
IV. La capacidad de las sustancias tóxicas o agentes infecciosos contenidos en ellos, de movilizarse hacia donde se encuentren seres vivos o cuerpos de agua de abastecimiento **V.** La biodisponibilidad de las sustancias tóxicas contenidas en ellos y su capacidad de bioacumulación **VI**. La duración e intensidad de la exposición, **VII**. La vulnerabilidad de los seres humanos y demás organismos vivos que se expongan a ellos.	
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, así como los gestores de este tipo de residuos, deben manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	

II.3.5. Ley de Aguas Nacionales (LAN)

La LAN (última reforma DOF 11-012-2025) tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

La vinculación del proyecto con esta Ley hace referencia a definiciones de términos que son utilizados para la caracterización ambiental. Conforme al Artículo 3º, se presentan las fracciones aplicables, seguido de la definición:

- I. "Aguas Nacionales": Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
- II. "Acuífero": Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo;
- VI. "Aguas Residuales": Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas;
- "Cauce de una corriente": El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad;
- XXII. "Descarga": La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor;
- XXIV. "Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo": En una unidad hidrogeológica - entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos

hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas;

Se hace la mención, que la disponibilidad media anual del acuífero Saltillo–Ramos Arizpe se encuentra en déficit, de acuerdo con el DOF publicado el 9 de noviembre del 2023, en el acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas.

El proyecto contribuye al uso sustentable, ya que el rechazo de ósmosis se gestiona sin descarga a cuerpos receptores ni al subsuelo, por lo que no se requiere permiso de descarga.

II.3.6. Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La LGVS (última reforma DOF 20-05-2021) tiene por objetivo establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021).

En la Tabla siguiente se presenta la vinculación de esta Ley conforme al proyecto, dado que por las actividades de cambio de uso de suelo se estarán realizando medidas para la protección de las especies de flora y fauna identificadas en el sitio del proyecto.

Tabla II.6. Vinculación del proyecto con la LGVS.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 4. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación. Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.	El promovente aplicará medidas de prevención, rescate y reubicación de flora y fauna antes de la remoción de vegetación, delimitará las áreas de trabajo y prohibirá la caza, colecta y daño intencional a los ejemplares. Las actividades serán realizadas por personal capacitado, con los permisos que correspondan y registros de su ejecución.
Artículo 5º. II. Las medidas preventivas para el mantenimiento de las condiciones que propician la evolución, viabilidad y continuidad de los ecosistemas, hábitats y poblaciones en sus entornos naturales. En ningún caso la falta de certeza científica se podrá argumentar como	Este estudio considera las medidas preventivas, de mitigación y compensación para el ahuyentamiento, captura y liberación de fauna y reubicación de flora por las actividades de cambio de uso de suelo que generará el proyecto.

Artículo	Vinculación con el proyecto
justificación para postergar la adopción de medidas eficaces para la conservación y manejo integral de la vida silvestre y su hábitat.	
Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.	El promovente contribuirá a conservar el hábitat mediante la delimitación de la superficie autorizada, la protección de la vegetación fuera del área de afectación y la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna. El proyecto no contempla aprovechamiento comercial de los ejemplares rescatados.
Artículo 19. Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.	El proyecto incorpora medidas para prevenir y minimizar las afectaciones a la vida silvestre derivadas del cambio de uso de suelo y de la operación de las lagunas. El promovente atenderá las medidas que establezcan las autoridades competentes en las autorizaciones correspondientes, y documentará su ejecución y seguimiento.
Artículo 30. El aprovechamiento de la fauna silvestre se llevará a cabo de manera que se eviten o disminuyan los daños a la fauna silvestre mencionados en el artículo anterior. Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de esta Ley y las normas que de ella deriven.	Se han establecido medidas para la captura, traslado y liberación de individuos de fauna que sean encontrados durante las actividades de cambio de uso de suelo que garanticen su bienestar.
Artículo 56. La Secretaría identificará a través de listas, las especies o poblaciones en riesgo, de conformidad con lo establecido en la norma oficial mexicana correspondiente, señalando el nombre científico y, en su caso, el nombre común más utilizado de las especies; la información relativa a las poblaciones, tendencias y factores de riesgo; la justificación técnica-científica de la propuesta; y la metodología empleada para obtener la información, para lo cual se tomará en consideración, en su caso, la información presentada por el Consejo.	Para identificar las especies en riesgo presentes en el sitio se utiliza la lista oficial de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III modificado. La identificación y las medidas de protección se desarrollan conjuntamente en la vinculación con el artículo 58 y dicha norma.
Artículo 58. inciso c), (extracto). Sujetas a protección especial, aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.	Conforme al inventario de flora del proyecto, se identificó *Mammillaria grusonii*, biznaga de la Sierra Bola, incluida como especie endémica sujeta a protección especial (Pr) en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010, modificado el 14 de noviembre de 2019 (Desarrollado en el apartado II.5 de este capítulo). El promovente ejecutará su rescate y reubicación antes del desmonte, con registro de individuos, sitio

Artículo	Vinculación con el proyecto
	georreferenciado, mantenimiento y seguimiento de supervivencia.

II.3.6.1. Artículo 60 TER

El artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre establece disposiciones específicas para la protección de ecosistemas de manglar, prohibiendo la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia, su productividad natural, zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, así como las interacciones ecológicas entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales.

Con base en la ubicación y características del proyecto, no se identifican ecosistemas de manglar, humedales costeros ni vegetación asociada a manglar dentro del área del proyecto ni en su área de influencia. Asimismo, las obras y actividades proyectadas no contemplan la remoción, relleno, trasplante, poda o modificación directa o indirecta de vegetación de manglar, ni la alteración de flujos hidrológicos vinculados con este tipo de ecosistemas.

Por lo anterior, el artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre no resulta aplicable al proyecto. En consecuencia, no se considera necesaria la integración de un estudio hidrológico específico para demostrar la no afectación al mangle, toda vez que el proyecto no incide directa ni indirectamente sobre humedales costeros o vegetación de manglar.

II.3.7. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos tiene por objeto establecer las disposiciones aplicables para la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos, así como de las zonas de monumentos. Asimismo, la protección del patrimonio paleontológico también se encuentra vinculada con las atribuciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia, particularmente cuando se trata de vestigios o restos fósiles de interés científico y patrimonial.

Para determinar la posible incidencia del proyecto sobre monumentos, zonas arqueológicas, históricas, artísticas o paleontológicas, se revisó la información disponible en el área del proyecto y su entorno. Como resultado de dicha revisión, se determinó **que el proyecto no cruza ni se ubica dentro de ningún monumento, zona arqueológica, zona histórica, monumento artístico o sitio paleontológico registrado.**

El rasgo arqueológico más cercano corresponde a una **pintura rupestre** sin nombre, localizada aproximadamente a **31.85 km** del área del proyecto. Por otra parte, se identificó la **Zona Paleontológica Rincón Colorado**, ubicada aproximadamente a **35.59 km** del proyecto. Esta última corresponde a un sitio paleontológico reconocido por el INAH por la presencia de restos fósiles de dinosaurios del Cretácico Tardío.

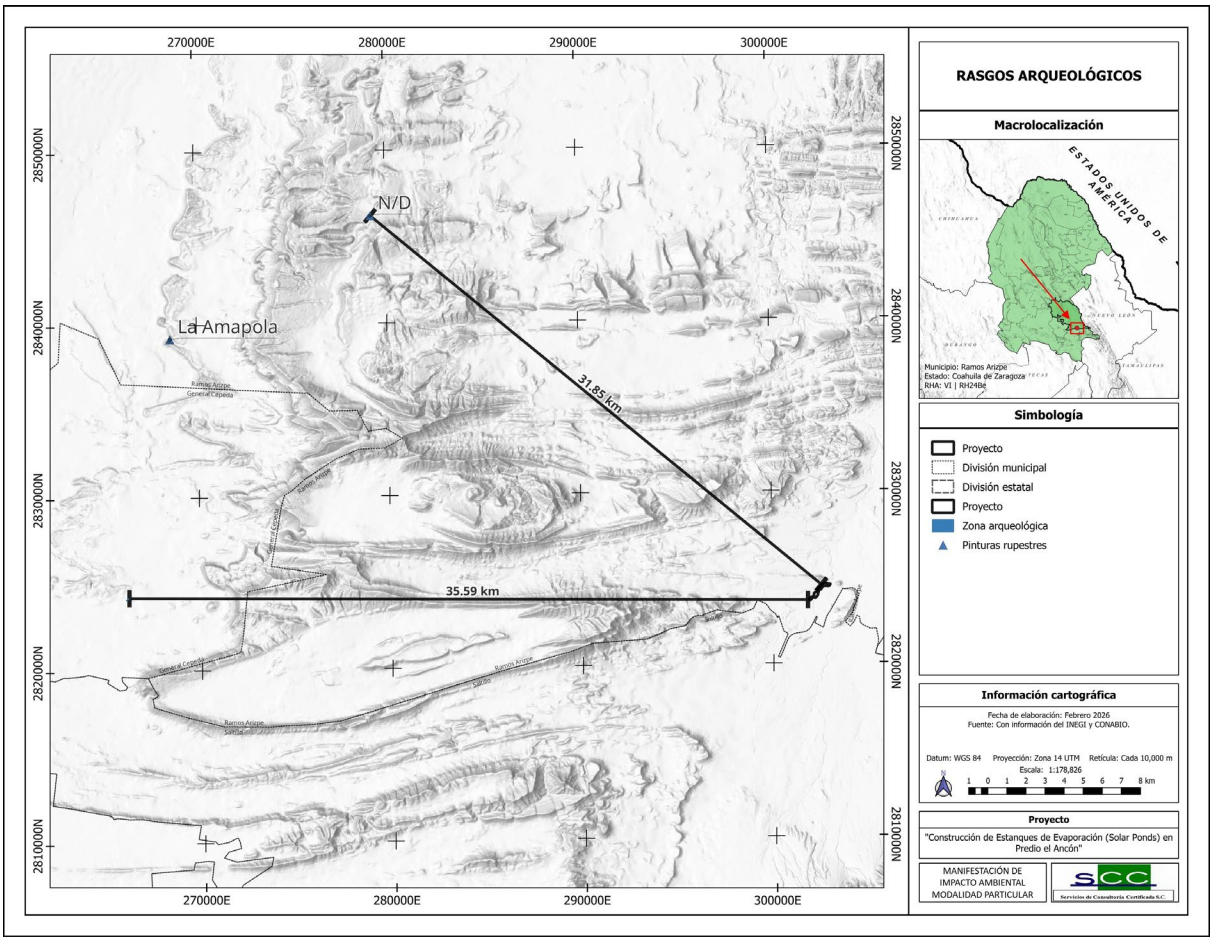


Figura II.1. Rasgos arqueológicos cerca del proyecto.

Debido a la distancia entre el área del proyecto y los rasgos patrimoniales identificados**, no se prevé afectación directa** sobre monumentos, vestigios arqueológicos, pinturas rupestres, zonas históricas, monumentos artísticos o sitios paleontológicos. Las obras y actividades propuestas no contemplan intervención, ocupación, excavación, modificación, extracción, aprovechamiento o alteración de dichos sitios.

II.3.8. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (última reforma DOF 14-11-2025), tiene por objeto regular la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

En la Tabla siguiente se presenta la vinculación de esta Ley conforme al proyecto.

Tabla II.7. Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 13.- La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación.	El proyecto contempla el compromiso de prevenir y, en su caso, reparar cualquier daño ambiental que pudiera ocasionarse de manera no autorizada durante las etapas de operación y mantenimiento de las Lagunas de Evaporación, incluyendo eventos accidentales como fugas o derrames de salmuera.
Artículo 17.- La compensación ambiental consistirá en la inversión o las acciones que el responsable haga a su cargo, que generen una mejora ambiental, sustitutiva de la reparación total o parcial del daño ocasionado al ambiente, según corresponda, y equivalente a los efectos adversos ocasionados por el daño	En caso de que se genere un daño ambiental que, por sus características, no pueda ser reparado totalmente mediante las acciones de restauración, recuperación o remediación, el promovente asumirá, en su caso, las medidas de compensación ambiental que resulten procedentes, mediante la inversión o ejecución de acciones que generen una mejora ambiental equivalente a los efectos adversos ocasionados, de conformidad con la legislación aplicable.

II.3.9. Ley Federal de Derechos

La Ley Federal de Derechos (última reforma DOF 07-11-2025), tiene por objeto establecer las obligaciones, bases, tasas y tarifas para el pago de las contribuciones denominadas derechos, las cuales deben cubrir las personas físicas y morales por el uso, goce o explotación de los bienes del dominio público de la Nación, así como por recibir los servicios que presta el Estado en sus funciones de derecho público.

Tabla II.8. Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Derechos.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Sección Séptima Impacto Ambiental Artículo 194-H. Por los servicios que a continuación se señalan, se pagará el derecho de impacto ambiental de obras o actividades cuya evaluación corresponda al Gobierno Federal, conforme a las siguientes cuotas: **II.** Por la recepción, evaluación y el otorgamiento de la resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, de acuerdo con los criterios ambientales de la TABLA A y la clasificación de la TABLA B: a) ..... $48,338.98 b) ..... $96,680.23 c) $145,021.50	Se contempla el pago de los derechos correspondientes por la recepción, evaluación y, en su caso, resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental, conforme al artículo 194-H, fracción II, de la Ley Federal de Derechos. El comprobante de pago se integra y acompaña al presente estudio, junto con el formato correspondiente al trámite SEMARNAT-04-002, como parte de los requisitos para la presentación del trámite ante la SEMARNAT.

II.4. Reglamentos.

II.4.1. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)

El Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF 09-12-2020) objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento sustentables de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

Los artículos aplicables del Reglamento de la LGDFS al proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla II.9. Vinculación del proyecto con el RLGDFS.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante; II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo; III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital	El proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” presenta a la par el Estudio Técnico Justificativo, contemplando lo solicitado en este artículo.
Artículo 141. Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente: I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio	El proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” presenta ante la SEMARNAT el Estudio

Artículo	Vinculación con el proyecto
correspondiente, los cuales estarán georreferenciados y expresados en coordenadas UTM; III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos; IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna; V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales; VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal; VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo; IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo; X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto; XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.	Técnico Justificativo de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, desarrollando e integrando la información solicitada en este artículo.

II.4.2. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental

El Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (última reforma DOF 31-10-2014) tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

De acuerdo con la naturaleza del proyecto **"Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa"**, así como con los requerimientos aplicables para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, el proyecto se vincula con el artículo 28, fracción VII, de la LGEEPA y al artículo 5, inciso O, fracción III, de su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, relativo a **cambio de uso de suelo**, toda vez que las obras propuestas se encuentran asociadas la construcción de lagunas de evaporación para manejo del agua de rechazo generada por el proceso de ósmosis inversa.

Los artículos aplicables del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental al proyecto se muestran en la Tabla II.10.

Tabla II.10. Vinculación del proyecto con RLGEEPAMIA.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 5o: Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. inciso O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas. Fracción III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.	El proyecto se ubica en una zona árida y contempla la remoción de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo. Este consiste en construir lagunas de evaporación vinculadas con las operaciones de un complejo industrial.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 9o. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto. La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo. La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.	General Motors de México (Complejo Ramos Arizpe) presenta la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular del proyecto “Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa” para su evaluación. Su integración atiende la Guía para la presentación y entrega de la MIA dada a conocer mediante el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2026 y los requisitos del trámite SEMARNAT-04-002, que reúne la modalidad particular sin actividad altamente riesgosa y con actividad altamente riesgosa.
Artículo 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: **I.** Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; **II.** Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento; **III.** Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y **IV.** Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. **En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.**	El proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” y por la naturaleza del proyecto la cual **consta de la construcción de lagunas de evaporación** le aplica la elaboración de una manifestación de impacto ambiental de tipo particular. Por consiguiente, se atiende a las fracciones del artículo en cuestión: Fracc. I: Las lagunas no alteran la cuenca hidrológica, por su superficie, su impermeabilización y la ausencia de descarga. Fracc. II: el proyecto no forma parte de un plan parcial sometido a evaluación. Fracc. III: no es un conjunto de proyectos en una región ecológica. Fracc. IV: analizar impactos acumulativos en el corredor industrial Saltillo–Ramos Arizpe y se concluye que el proyecto es ambientalmente viable.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 12. La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción del proyecto; III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo; IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales; VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales; VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.	El presente estudio integra los capítulos conforme a la Guía para la presentación y entrega de la MIA dada a conocer mediante el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2026 y los requisitos del trámite SEMARNAT-04-002, que reúne la modalidad particular sin actividad altamente riesgosa y con actividad altamente riesgosa.
Artículo 14. Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.	El proyecto “Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa” contempla el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por lo que la presente MIA-P integra la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivados tanto de la remoción de vegetación forestal como de las obras y actividades del proyecto, así como las medidas de prevención y mitigación correspondientes. **La autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales se tramitará por separado**, sustentada en el Estudio Técnico Justificativo (ETJ), al presentarse la solicitud con posterioridad a la entrada en vigor de la eliminación de los trámites unificados prevista en el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2026. En consecuencia, la integración de esta información en la MIA-P no sustituye la obtención de la autorización en materia forestal.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 47. La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. En todo caso, el promovente podrá solicitar que se integren a la resolución los demás permisos, licencias y autorizaciones que sean necesarios para llevar a cabo la obra o actividad proyectada y cuyo otorgamiento corresponda a la Secretaría.	El promovente se compromete a ejecutar las obras y actividades del proyecto conforme a los términos y condicionantes establecidos en la autorización en materia de impacto ambiental, las Normas Oficiales Mexicanas y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Asimismo, se presentarán los informes de cumplimiento con la periodicidad y el contenido ante la autoridad que determine mediante la resolución correspondiente.
Artículo 49. Las autorizaciones que expida la Secretaría sólo podrán referirse a los aspectos ambientales de las obras o actividades de que se trate y su vigencia no podrá exceder del tiempo propuesto para la ejecución de éstas. Asimismo, los promoventes deberán avisar a la Secretaría del inicio y la conclusión de los proyectos, así como del cambio en su titularidad.	El promovente se compromete a cumplir los aspectos ambientales de las obras o actividades, la vigencia de tiempo para su ejecución y dará aviso sobre el inicio o término de las actividades del proyecto o ante cualquier otro cambio.

II.4.3. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece, en su artículo 46, las categorías de Áreas Naturales Protegidas reconocidas en el territorio nacional, entre las que se incluyen reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios, parques y reservas estatales, zonas de conservación ecológica municipales y áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

Asimismo, los artículos subsecuentes de la LGEEPA regulan el establecimiento, declaratoria, delimitación, manejo, administración, zonificación, aprovechamiento y conservación de las Áreas Naturales Protegidas. En particular, las declaratorias correspondientes establecen la delimitación precisa del área, las modalidades de uso o aprovechamiento de los recursos naturales, las actividades permitidas, así como los lineamientos para su administración, vigilancia, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable.

Por su parte, el Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas regula el establecimiento, administración y manejo de las ANP de competencia federal, incluyendo aspectos relativos a su zonificación, subzonificación, autorizaciones y actividades permitidas o restringidas dentro de dichas áreas.

Con base en los análisis geoespaciales realizados mediante SIG con sus resultados presentados en el apartado II.10.1 de este documento Tablas II.17 y II.18, el proyecto “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE ÓSMOSIS INVERSA” **no se ubica dentro de ninguna Área Natural Protegida federal, estatal o municipal**. La ANP federal más cercana corresponde a la C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan, con categoría de Área de Protección de Recursos

Naturales, localizada aproximadamente a 9.74 km del proyecto. En el ámbito estatal, el Área Natural Protegida más cercana corresponde al Bosque Urbano Ejército Mexicano, con categoría de Parque Estatal, ubicado aproximadamente a 9.84 km del sitio del proyecto.

En virtud de lo anterior, las obras y actividades del proyecto **no inciden territorialmente dentro de ninguna ANP**, por lo que no se actualizan restricciones específicas derivadas de los artículos 46 y subsecuentes de la LGEEPA, ni de su Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas, aplicables a obras o actividades que se desarrollen dentro de dichas áreas.

No obstante, el proyecto se considera compatible con los objetivos generales de conservación previstos en la LGEEPA, toda vez que no modifica la superficie, límites, zonificación, objeto de conservación, régimen de manejo ni procesos ecológicos de las Áreas Naturales Protegidas cercanas. Adicionalmente, se contemplan medidas generales de prevención y mitigación ambiental orientadas al control de residuos, prevención de contaminación del suelo, manejo de escurrimientos, protección de flora y fauna silvestre, delimitación de áreas de trabajo y reducción de impactos durante las distintas etapas del proyecto.

II.4.4. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera

El Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera (última reforma DOF 31-10-2014) tiene por objeto reglamentar en todo el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, específicamente en lo relativo a la prevención y el control de la contaminación del aire.

Los artículos aplicables del Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera al proyecto se muestran en la Tabla II.11.

Tabla II.11. Vinculación del proyecto con RLGEEPAPCCA.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 13.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y II.- Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	El proyecto contribuirá al control y reducción de la emisión de contaminantes a la atmósfera durante la etapa de construcción, mediante la implementación de riego periódico de caminos, cubierta de cargas y límites de velocidad.
Artículo 28.- Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con las secretarías de Economía y de Energía, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de	Para asegurar que las fuentes móviles y la maquinaria pesada empleada en la construcción y preparación del sitio no excedan los límites máximos permisibles de emisión de gases de combustión y partículas, el proyecto contempla un programa de mantenimientos preventivos y correctivos a toda la maquinaria, equipo y vehículos

Artículo	Vinculación con el proyecto
contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.	utilizados, así como la verificación de condiciones mecánicas óptimas.

II.5. Normas Oficiales Mexicanas

Identificar las NOM aplicables a las obras y actividades del proyecto; así como las medidas de prevención, mitigación y compensación que se llevarán a cabo para dar cumplimiento a los parámetros o lineamientos establecidos en las mismas, considerando todas las etapas del proyecto.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que se relacionan con el desarrollo del proyecto Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el manejo de agua derechazo de ósmosis inversa", y cuya aplicación compete a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se presentan en la Tabla II.12, donde se pone en manifiesto su objetivo y la manera en que se vinculan.

Tabla II.12. Normas Oficiales Mexicanas que aplican al Proyecto.

NORMA	CUMPLIMIENTO
NOM-001-SEMARNAT-2021.- Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.	No aplica, ya que el rechazo de ósmosis se gestiona sin descarga a cuerpos receptores ni al subsuelo, por lo que no se requiere permiso de descarga.
NOM-041-SEMARNAT-2015.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	La empresa promovente dará cumplimiento a esta Norma mediante los programas de verificación vehicular y de mantenimiento preventivo y correctivo.
NOM-045-SEMARNAT-2017.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	La empresa promovente dará cumplimiento a esta Norma mediante los programas de verificación vehicular y de mantenimiento preventivo y correctivo.
NOM-052-SEMARNAT-2005.- Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se realizará el análisis CRETIB del residuo salino, una vez que el agua sea evaporada para garantizar que el residuo no sea peligroso y proceder a su disposición final.

NORMA	CUMPLIMIENTO
NOM-054-SEMARNAT-1993.- Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos	Aplica si la caracterización resulta peligrosa y hay almacenamiento temporal.
NOM-059-SEMARNAT-2010.- Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.	Conforme al inventario de flora del proyecto que se desarrolla en el CAPITULO III, se identificó *Mammillaria grusonii*, biznaga de la Sierra Bola, incluida como especie endémica sujeta a protección especial (Pr) en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010, modificado el 14 de noviembre de 2019. El promovente ejecutará su rescate y reubicación antes del desmonte, con registro de individuos, sitio georreferenciado, mantenimiento y seguimiento de supervivencia. El Proyecto tomará mayores medidas para la prevención de daños sobre los recursos naturales de las especies enlistadas en esta Norma, las cuales están identificadas en el Capítulo IV del presente documento.
NOM-161-SEMARNAT-2011.- Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Plan de manejo del residuo salino si es de manejo especial.
NOM-080-SEMARNAT-1994.- Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	No se rebasarán ninguno de estos límites, sin embargo, los vehículos y maquinaria de operación deberán estar sometidos a un Programa de mantenimiento que asegure su correcto funcionamiento y evite que los niveles de ruido excedan el máximo permisible.
NOM-138-SEMARNAT-2012.- Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Durante la ejecución del proyecto, los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria se realizarán fuera del proyecto, así mismo se contempla un protocolo ante derrames de combustibles o aceites de la maquinaria durante la construcción y operación.

II.6. Legislación estatal.

II.6.1. Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Coahuila

La aplicación respecto a la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Coahuila (última Reforma publicada el 6 de febrero de 2026) hacia el Proyecto, se presenta en la Tabla II.13.

Tabla II.13. Vinculación del proyecto con la Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Coahuila.

Título Cuarto de la Protección al Ambiente		
Capítulo	**Artículo y fracción**	**Vinculación**
Capítulo II. De la prevención y control de la contaminación de la atmósfera	Artículo 104. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán de ser observadas las previsiones de esta ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas, así como las normas técnicas estatales que se emitan.	El proyecto es congruente ya que se establecerán todas las medidas de mitigación necesarias para evitar la contaminación a la atmósfera, tanto de partículas de polvo como de otros contaminantes. Para dar cumplimiento a la legislación en material atmosférica vigente.
	Artículo 113. Queda prohibida la quema de los residuos sólidos municipales, así como del material vegetal resultante de la limpia, desmonte o despalme de cualquier terreno para efectos de construcción o cualquier otro de cualquier otro fin, salvo cuando se realicen al amparo del permiso que por escrito podrán expedir la Secretaría o, en su caso, los municipios. Sólo en los supuestos en que la quema no impacte seriamente la calidad del aire y se justifique por razones sociales o agrícolas.	En ningún momento de la ejecución del proyecto se realizará quema de los residuos sólidos así como del material vegetal resultante de la limpia, desmonte o despalme de cualquier terreno.
Capítulo IV. De la prevención y el control de la contaminación del agua.	Artículo 127.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se consideran los siguientes criterios: I.- Que es obligación de las autoridades y de la sociedad corresponsabilizarse en la prevención y control de la contaminación del agua. II. Que la participación y corresponsabilización de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación y el uso irracional del agua.	El agua utilizada para la construcción y la operación del proyecto se acarreará mediante pipas.
	Artículo 138.- Para la construcción de obras e instalaciones o purificación de aguas residuales de procedencia industrial, se requerirá autorización de la Secretaría o de las autoridades municipales respectivas, por sí mismas o por	El proyecto contempla la compra a empresas particulares que suministran agua para construcción.

Título Cuarto de la Protección al Ambiente		
Capítulo	**Artículo y fracción**	**Vinculación**
	conducto de los organismos públicos que administren el agua.	
Capítulo V. De la prevención y control de la contaminación del suelo y del deterioro ecológico en áreas urbanas	Artículo 142.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: II.- Que los residuos sólidos no peligrosos deben ser manejados adecuadamente, dado que contribuyen a una de las principales fuentes de contaminación de los suelos. III. Que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos; incorpora técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final.	En las medidas de mitigación se contempla la compensación de la afectación a estos recursos naturales. Se implantarán medidas para la gestión integral de los residuos sólidos que se generen durante todas las etapas del proyecto

II.6.2. Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Coahuila

La aplicación respecto a la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Coahuila (última Reforma publicada el 12 de diciembre de 2025) hacia el Proyecto, se presenta en la Tabla II.14.

Tabla II.14. Vinculación del proyecto con la Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Coahuila.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 18. Los grandes generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, deberán integrar una propuesta para sustentar el desarrollo de cada uno de los planes de manejo, que se entregará a la Secretaría para su validación y en la cual se asentará, entre otros, lo siguiente: El nombre, la denominación o razón social de quien presente la propuesta, del representante legal en su caso, el nombre de los autorizados para recibir notificaciones, al órgano administrativo al que se dirijan, el lugar y fecha de formulación. La propuesta deberá estar firmada por el interesado o su representante legal; II. Los residuos generados que serán objeto de los planes de manejo; III. Los procedimientos, métodos o técnicas que se emplearán en la reutilización, reciclado o tratamiento de los residuos; IV. Las empresas autorizadas y registradas como prestadoras de servicios que se ocuparán del manejo	El proyecto estará sujeto a registrar sus residuos de manejo especial, tales como la sal una vez que la salmuera sea evaporada y los residuos asociados a la etapa de construcción.

Artículo	Vinculación con el proyecto
integral de los residuos sujetos a los planes de manejo, en cualquiera de sus etapas; V. Cronograma enunciando las principales actividades y sus fechas de implantación, así como la periodicidad para evaluación y entrega de actualizaciones; VI. Los responsables de la implantación y seguimiento de los planes de manejo correspondientes; VII. La indicación de que parte de la información proporcionada a la Secretaría deberá manejarse de manera confidencial por tratarse de información privilegiada de valor comercial, y VIII. Los indicadores para evaluar el desempeño del plan de manejo.	

II.6.3. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza

La Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza (DOF 015-11-2022) tiene como objeto es regular de forma general en el estado las normas, competencias y mecanismos de coordinación para la planeación y el ordenamiento territorial, garantizando el respeto a los derechos humanos y la participación efectiva entre los niveles estatal y municipal.

Los artículos aplicables de la LGAHOTDU en el Estado de Coahuila de Zaragoza al proyecto “Lagunas De Evaporación (Solar Ponds) Para El Manejo De Agua De Rechazo De Osmosis Inversa” se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla II.15. Vinculación del proyecto con la LGAHOTDU para el Estado de Coahuila.

Artículo	Vinculación con el proyecto
Artículo 33. A los municipios corresponderá formular, aprobar y administrar la zonificación de los centros de población ubicados en su territorio, en estricta congruencia con los planes y programas de desarrollo urbano, en los que se determinarán: **V.** La compatibilidad entre los usos y destinos, así como las reglas para su aplicación en áreas limítrofes;	El proyecto cumple con la zonificación y ordenamiento territorial aplicable al municipio donde se ubica. En cumplimiento con la determinación del uso de suelo y su compatibilidad, en el Anexo I.09 de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se adjunta la constancia de uso de suelo, la cual acredita formalmente un uso de suelo de industria pesada, garantizando la congruencia y compatibilidad del proyecto con los planes y programas de desarrollo urbano correspondientes.

II.7. Instrumentos de ordenamiento ecológico: POEGT y POER estatal.

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el ordenamiento ecológico se define como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos. Con lo que establece un marco básico de gestión integral del territorio y sus recursos, siendo además una herramienta estratégica para la convergencia entre Estado y Sociedad.

El ordenamiento tiene como propósito principal orientar la planeación del desarrollo, para ello integra y adecua enfoques, métodos y procedimientos que permiten traducir las políticas de desarrollo en acciones concretas para resolver las problemáticas específicas que experimenta el territorio.

II.7.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene como objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos.

La base para la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del POEGT.

Así, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las Unidades.

En ese sentido, la ubicación del sitio del proyecto respecto al POEGT, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre del 2012, se presenta en la Figura II.2.

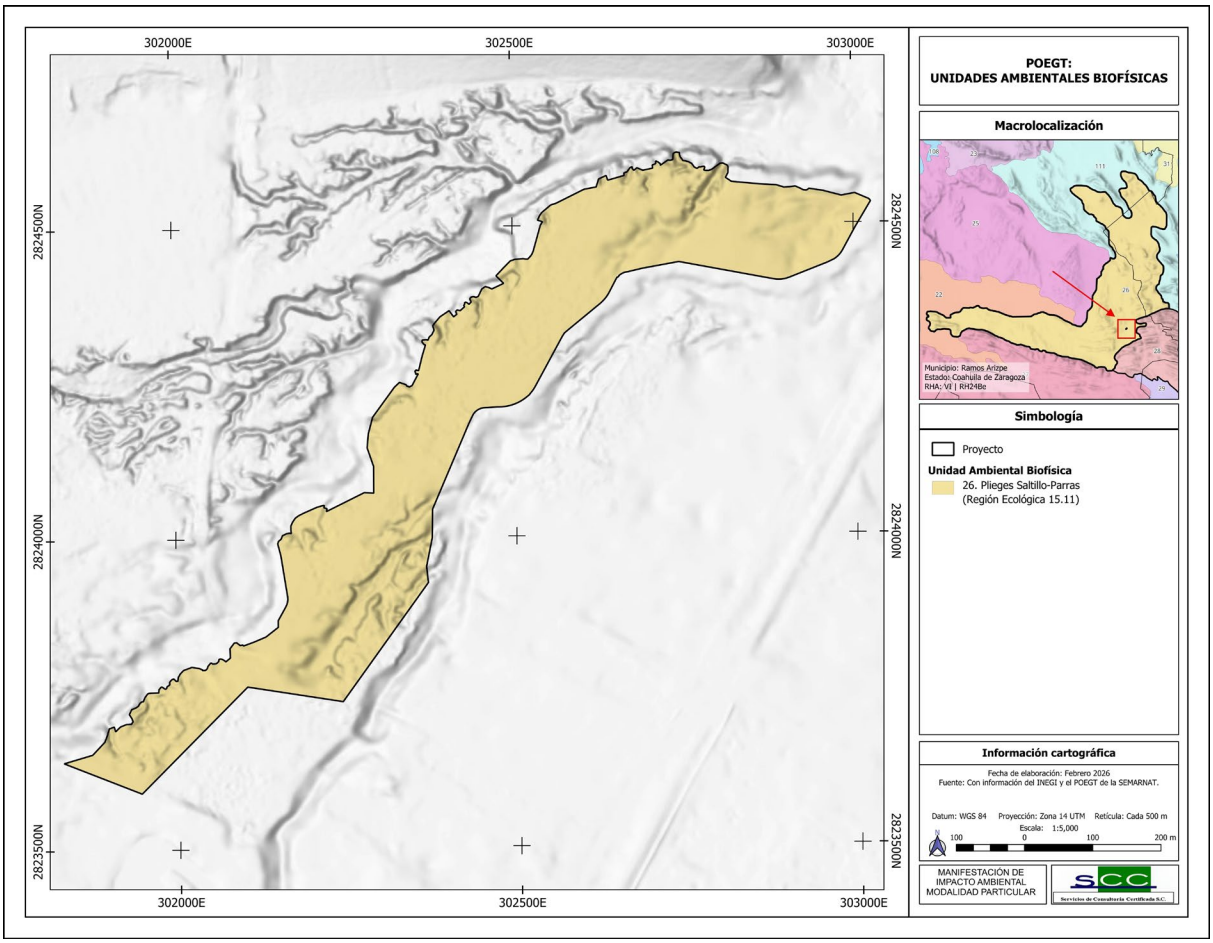


Figura II.2. Ubicación del proyecto respecto al POEGT: UABs.

Por tanto, el Proyecto se ubica dentro de la Región Ecológica 15.11, perteneciente a la UAB 26.

Pliegues Saltillo-Parras (de Coahuila-Nuevo León).

- *Localización:* Sur de Coahuila y oeste de Nuevo León.
- *Rectores del Desarrollo:* Desarrollo Social - Ganadería
- *Coadyuvantes del desarrollo:* Minería – Preservación de Flora y Fauna
- *Asociados del desarrollo:* Industria
- *Otros sectores de interés:* CFE - PEMEX
- *Política Ambiental:* Aprovechamiento sustentable y Restauración
- *Nivel de atención prioritaria:* Muy baja

En relación con lo anterior, en la Tabla II.16 se presenta de forma detallada la vinculación del Proyecto respecto a las Estrategias del UAB 26 del POEGT.

Tabla II.16. Vinculación con el proyecto respecto al cumplimiento de las estrategias del POEGT.

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación: **1.**Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Fortalecer la conservación de los ecosistemas y las especies, en especial, de aquellas especies en riesgo.	El proyecto "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el manejo de agua de rechazo de ósmosis inversa" es compatible y congruente ya que contempla la preservación de flora y fauna a través del Programa de Reubicación de Flora y Fauna y del Programa de Reforestación. Así mismo, se contempla el rescate y reubicación de *Mammillaria grusonii*, biznaga de la Sierra Bola, incluida como especie endémica sujeta a protección especial (Pr) en el Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se darán un curso de seguridad y se hará conciencia sobre la importancia del respeto a la biodiversidad.
2. Recuperación de especies en riesgo.	Promover la recuperación del tamaño de las poblaciones de especies amenazadas o en peligro de extinción, listadas la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, así como de aquellas indicadoras y/o emblemáticas cuya protección resulte en la conservación del hábitat de otras especies prioritarias y que puedan ser objeto de seguimiento (monitoreo).	
3.Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Fortalecer en todos los niveles acciones de educación ambiental encaminadas a propiciar cambios de actitud y comportamiento en la sociedad frente a la biodiversidad.	
B) Aprovechamiento sustentable:		
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	Las acciones de la estrategia 4, no son aplicables al proyecto.	No aplica
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	Elaborar manuales de técnicas y prácticas exitosas de conservación de suelos.	Las medidas de mitigación para conservación de suelos se presentan en el capítulo IV de la presente MIA-P.
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	Las acciones de la estrategia 6, no son aplicables al proyecto.	No aplica
	Fomentar el aprovechamiento forestal sustentable certificado.	El proyecto contempla el aprovechamiento forestal para

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.		la ejecución de cordones de material vegetal, dichas medidas se presentan en el capítulo IV de la presente MIA-P.
8. Valoración de los servicios ambientales.	Valorar los costos de la pérdida de los bienes y servicios ambientales asociada a la ejecución de proyectos de desarrollo.	En el ETJ-CUSTF se presenta en su capítulo XI, los servicios que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto
C) Protección de los recursos naturales: **12.** Protección de los ecosistemas.	Ejecutar proyectos de preservación y ordenamiento forestal sustentable en zonas rurales y/o de población indígena.	Se tiene contemplado realizar actividades para la recuperación del suelo que se pierde con la remoción de la vegetación.
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	Promover que el uso y aplicación de plaguicidas agrícolas sea realizado por profesionales certificados.	El proyecto contempla el mantenimiento de las áreas de reubicación de especies de flora, las cuales se llevarán a cabo por el responsable técnico de la ejecución del cambio de uso de suelo y personal certificado.
D) Restauración: **14.**Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Reforestar tierras preferentemente forestales con especies nativas, apropiadas a las distintas zonas ecológicas del país y acordes con los cambios en las tendencias climáticas. Restaurar zonas con suelos erosionados y/o degradados debido a la deforestación y uso no sustentable de la tierra, mediante obras apropiadas de conservación y restauración de suelos y reforestación, poniendo énfasis en prácticas agronómicas (no mecánicas) y	El proyecto “Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el manejo de agua derechazo de ósmosis inversa” es compatible y congruente, ya que realizará el pago del fondo forestal para la reforestación y recuperación de los ecosistemas. El proyecto cuanta con obras de compensación por la perdida de suelo, estas medidas se presentan en el capítulo IV de la presente MIA-P.

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
	biológicas que mejoren la calidad de estos. Compensar las superficies forestales perdidas debido a autorizaciones de cambio de uso del suelo, con acciones de restauración de suelos y reforestaciones en otras áreas.	Por otra parte, el proyecto contempla los programas de reforestación y medidas de mitigación para la pérdida de suelos.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios. **15.** Aplicación de los productos del Servicios Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. **15BIS.** Coordinación entre los sectores minero y ambiental.	Las acciones de la estrategia 15, no son aplicables al proyecto. Las acciones de la estrategia 15BIS, no son aplicables al proyecto.	No aplica. No aplica
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
A) Suelo Urbano y Vivienda **24**.Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	Las acciones de la estrategia 24, no son aplicables al proyecto.	No aplica
B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias. **25.** Prevenir, mitigar y atender los riesgos naturales y antrópicos en acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno de manera corresponsable con la sociedad civil. **26**. Promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático, mediante la reducción de la vulnerabilidad física y social y la articulación,	Fortalecer los mecanismos para la atención a la población ante el impacto de fenómenos perturbadores, por medio del monitoreo, las alertas tempranas, incidiendo directamente en el fortalecimiento de mecanismos de gestión de emergencias. Instrumentar medidas no estructurales para la reducción de la vulnerabilidad física (educación, información en medios de comunicación, difusión de alertas, reglamentos de construcción)	La empresa promovente estará en toda la disposición para colaborar en caso de presentarse algún riesgo natural. Se contempla para el proyecto la capacitación del personal involucrado en todas las etapas del proyecto. Así mimo, se cuenta con la ingeniería de detalle que se

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
instrumentación y evaluación de políticas públicas, entre otras.	para prevenir un desastre o la disminución de daños, así como implementar medidas estructurales, tales como, rehabilitación y refuerzo de vivienda, implementación de bordos, etc.	presenta anexa al capítulo I de la presente MIA-P.
C) Agua y saneamiento: **27.** Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	Las acciones de la estrategia 27, no son aplicables al proyecto.	Estas actividades no son aplicables al proyecto, dado que son acciones dirigidas al gobierno estatal municipal, a través de los Programas específicos que requieren recursos federales a través del presupuesto o de los ejercicios anuales.
28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Promover el mejoramiento de la calidad del agua suministrada a las poblaciones.	Con la ejecución del proyecto, se garantiza el mejoramiento de la calidad del agua ya que se prevé la descarga cero de salmuera.
29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	Impulsar programas de educación y comunicación para promover la cultura del uso responsable del agua.	Se contempla para el proyecto la capacitación del personal involucrado en todas las etapas del proyecto, particularmente en el uso responsable del agua.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional **31.** Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	Promover el incremento de la cobertura en el manejo de residuos sólidos urbanos.	Se implantarán medidas para la gestión integral de los residuos sólidos que se generen durante todas las etapas del proyecto
32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de estas para impulsar el desarrollo regional.	Acelerar la regularización de los predios y propiciar un desarrollo más ordenado y menos disperso, en el que se facilite la concentración de esfuerzos en zonas con ventajas competitivas.	El proyecto cumple con la zonificación y ordenamiento territorial aplicable al municipio donde se ubica. En cumplimiento con la determinación del uso de suelo y su compatibilidad, en el Anexo I.09 de la presente MIA-P se adjunta la constancia de uso de suelo, la cual acredita formalmente un uso de suelo de industria pesada, garantizando la congruencia y compatibilidad del proyecto con los planes y programas de desarrollo urbano correspondientes.

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
E) Desarrollo social: **35.** Introducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	Las acciones de la estrategia 35, no son aplicables al proyecto.	No aplica
36. Promover la diversificación de actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo la política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	Las acciones de la estrategia 36, no son aplicables al proyecto.	No aplica
37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	Las acciones de la estrategia 37, no son aplicables al proyecto.	No aplica
38. Promover la asistencia y permanencia escolar entre la población más pobre. Fomentar el desarrollo de capacidades para el acceso a mejores fuentes de ingreso.	Las acciones de la estrategia 38, no son aplicables al proyecto.	No aplica
39. Incentivar el uso de servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	Las acciones de la estrategia 39, no son aplicables al proyecto.	No aplica
40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Ver la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	Las acciones de la estrategia 40, no son aplicables al proyecto.	No aplica

Estrategias	Acciones	Vinculación con el proyecto
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	Las acciones de la estrategia 41, no son aplicables al proyecto.	No aplica
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
B) Planeación del ordenamiento territorial **44.** Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	Las acciones de la estrategia 44, no son aplicables al proyecto.	Estas actividades no son aplicables al proyecto, dado que son acciones dirigidas al gobierno estatal municipal, a través de los Programas específicos que requieren recursos federales a través del presupuesto o de los ejercicios anuales.

II.7.2. Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado

El día **30 de enero de 2024** se actualizó en el periódico oficial del estado la última modificación de la **Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza**, publicada el martes 8 de diciembre de 1998 la cual es de orden público e interés social, así como de observancia general en la entidad y según lo establece en su **artículo primero**, **fracciones I, II y III**, tiene por objeto establecer las bases jurídicas necesarias para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, definir los principios y los criterios de la política ambiental en la entidad, así como normar los instrumentos y procedimientos para su aplicación, y regular las acciones de conservación ecológica y protección al ambiente que se realicen en ecosistemas, zonas o bienes de competencia estatal.

El Ordenamiento Ecológico y territorial es un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos". (**Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Titulo Primero, Art.3 fracción XXV**).

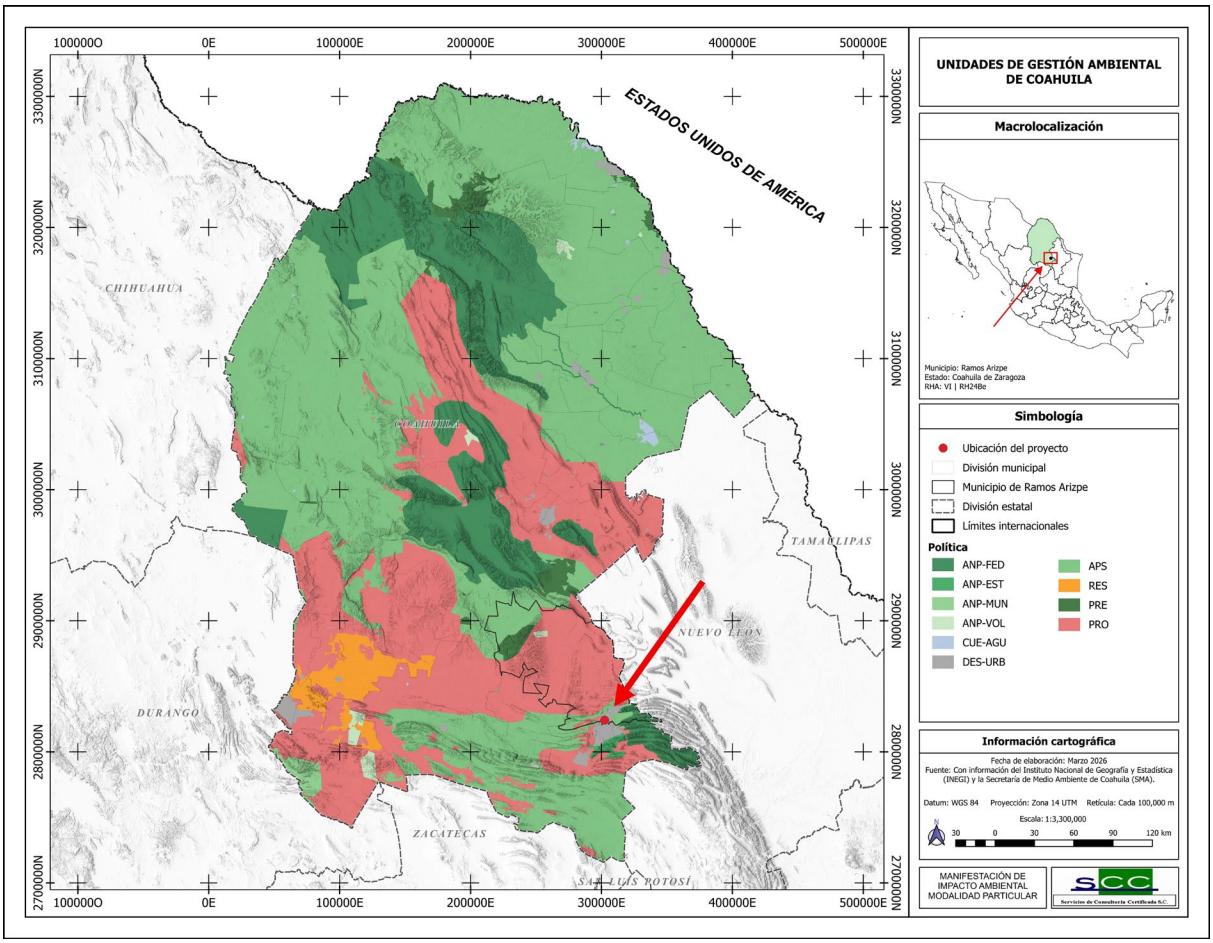


Figura II.3. Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Coahuila de Zaragoza.

Criterios de Regulación Ecológica.

Son los aspectos generales o específicos que norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento e incluso de manera específica en las distintas Unidades de Gestión Ambiental.

Modelo de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Coahuila de Zaragoza Se definieron 468 Unidades de Gestión Ambiental, de las cuales seis se consideran como espaciales debido a que al interior de ellas se rigen por su propia legislación y normatividad, las cuales son las siguientes.

UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA) En los siguientes cuadros se observan las Unidades de Gestión Ambiental, a que municipios perteneces, sus usos compatibles e incompatibles, sus lineamientos, criterios de regulación ecológica asignados y finalmente los criterios de regulación ecológica.

ANP-EST. Se refieren a todos las superficies de Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal en todas sus modalidades y se rigen por su normatividad que les aplique (decretos u otros) y programa de Manejo. Son de competencia del Estado de Coahuila.

ANP-FED. Se refieren a todos las superficies de Áreas Naturales Protegidas de carácter Federal en todas sus modalidades y se rigen por su normatividad (decretos u otros) y programa de Manejo. Son de competencia del Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

ANP-MUN. Se refieren a todos las superficies de Áreas Naturales Protegidas de carácter municipal y se rigen por su normatividad que les aplique (decretos u otros) y programa de Manejo. Son de competencia del Municipio que la designó.

ANP-VOL. Se refieren a todos las superficies de Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal Voluntarias, se rigen por su decreto y programa de Manejo.

CUE-AGU. Se refieren a todos los cuerpos de agua en escala 1:250,000. Se rigen por su normatividad. Son de competencia del Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

DES-URB. Se refieren a las superficies de los Planes Directores de Desarrollo Urbano. Se rigen por su normatividad. Son de competencia del Municipio correspondiente.

En la figura siguiente, se puede observar que el proyecto se localiza en la Unidad de Gestión Ambiental **DES-URB**.

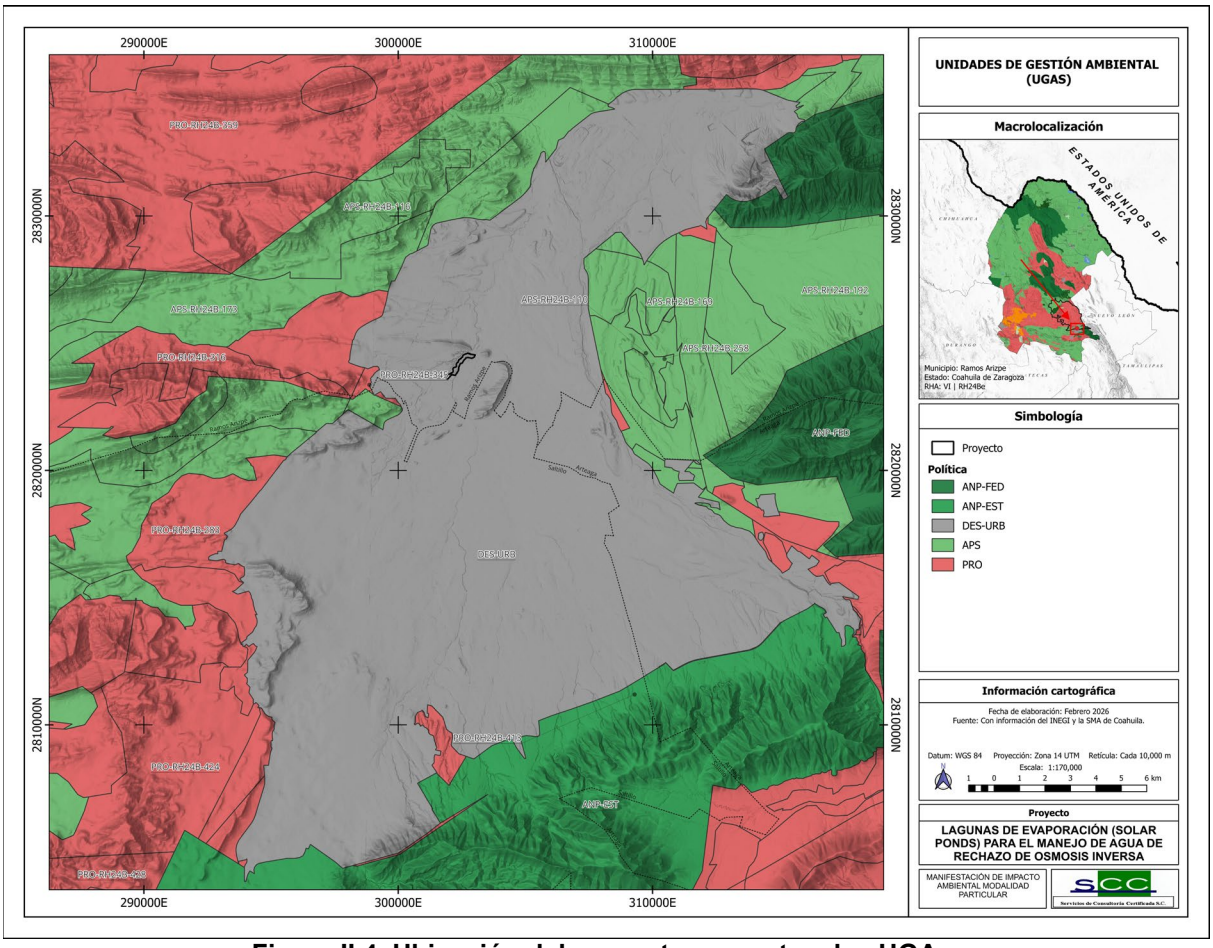


Figura II.4. Ubicación del proyecto respecto a las UGAs.

II.8. Instrumentos de planeación: PND, PED y planes municipales.

II.8.1. Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) es la guía de los objetivos y acciones del Gobierno de México en los próximos años. Estos objetivos consisten en consolidar la transformación del país bajo un modelo de desarrollo con bienestar, justicia social y sustentabilidad. A través de este documento, enriquecido con el diálogo y la consulta ciudadana, se reafirma el compromiso del Gobierno con el pueblo de México de gobernar con honestidad, democracia, eficiencia y con una visión humanista, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de febrero de 2025.

Hoy la prosperidad no puede medirse solo en términos numéricos, sino en la calidad de vida de cada persona, la dignidad del trabajo, la equidad de género, el acceso a una vivienda adecuada y servicios públicos de calidad, **el disfrute de un medio ambiente sano**, y el respeto a los derechos de los pueblos indígenas y afromexicanos.

Desarrollo y bienestar con **cuidado al medio ambiente**.

El desarrollo y el bienestar del pueblo sólo pueden fortalecerse con el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. Por lo anterior, será prioritario promover una transición hacia las energías limpias, al tiempo que se **protegen los ecosistemas naturales**, se garantiza el derecho al agua y se **hace frente a los efectos del cambio climático**.

Este PND se articula sobre cuatro ejes generales y tres ejes transversales que estructuran la política pública en su conjunto.

- Gobernanza con justicia y participación ciudadana.
- Desarrollo con bienestar y humanismo.
- Economía moral y trabajo.
- Desarrollo sustentable.
- Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres.
- Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional.
- Derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas.

El desarrollo sustentable es un principio fundamental para garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

La preservación del medio ambiente, la protección de los recursos naturales y la lucha contra el cambio climático requieren un compromiso de todos los sectores, incluyendo el uso racional del agua y la protección de los ecosistemas estratégicos. Se reforestarán bosques y selvas.

CIEN COMPROMISOS PARA EL SEGUNDO PISO DE LA TRANSFORMACIÓN.

El Proyecto de Nación encabezado por la **Dra. Claudia Sheinbaum Pardo** se fundamenta en los Cien Compromisos de gobierno para el periodo 2025-2030, mismos que se agrupan en Catorce Repúblicas y fundamentan la elaboración de este Plan Nacional de Desarrollo.

EJE GENERAL 4
DESARROLLO SUSTENTABLE

El Proyecto de Nación de la Cuarta Transformación tiene como base el impulso de un desarrollo sustentable, es decir, lograr un equilibrio entre desarrollo económico, social y **ambiental que preserve el medio ambiente y evite un daño irreversible**, al tiempo que busca evitar que se agoten los recursos naturales y permitir su disfrute a las generaciones futuras. La justicia social debe ir acompañada de una justicia ambiental, de un modelo de sociedad que disminuya su huella ecológica y respete los ciclos naturales de reproducción de la vida. El desarrollo sustentable requiere un enfoque integral en la protección y el uso responsable de los recursos naturales. Es prioritario implementar políticas para reducir y revertir el daño ambiental, proteger los ecosistemas estratégicos del país —como bosques, selvas y cuerpos de agua— y fomentar el aprovechamiento de residuos mediante la economía circular. Esto implica incentivar el reciclaje de materiales, el aprovechamiento energético de residuos orgánicos y la gestión eficiente de desechos para reducir la contaminación y optimizar el uso de recursos.

Vinculación.

La operación de este proyecto será congruente con el Plan Nacional de Desarrollo (2025-2030), ya que se podrá brindar un equilibrio que asegure la sustentabilidad, comprometiéndose a implementar políticas para reducir y revertir el daño ambiental, protegiendo los ecosistemas de la región. Así mismo el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable para asegurar que no se afecten los servicios ambientales.

II.8.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 (**PROMARNAT 2025-2030**), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2025, tiene como objetivo básico garantizar el derecho a un medio ambiente sano mediante políticas que promuevan la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural, fortaleciendo la resiliencia socioecológica ante el cambio climático.

Los programas sectoriales mexicanos encuentran su fundamento y obligatoriedad en un marco jurídico que abarca la Constitución, leyes de planeación y leyes ambientales específicas, así como acuerdos internacionales y reglamentos aplicables.

El objetivo 3 del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 es Garantizar el derecho humano al agua, asegurando la gestión sustentable de los recursos hídricos y fomentando la protección e integridad de las cuencas y acuíferos, los ecosistemas y su biodiversidad. Y dentro de este objetivo la estrategia 3.3 es coadyuvar en el desarrollo, rehabilitación y ampliación de infraestructura de colecta y tratamiento de aguas residuales municipales, así como promover el tratamiento de aguas industriales para reducir las descargas de contaminantes en cuerpos de agua, con la participación de otros órdenes de gobierno.

El proyecto coadyuva en evitar descargas directas de efluentes o salmueras no tratadas hacia cuerpos de agua continentales o acuíferos, promoviendo el aprovechamiento, tratamiento e hiperconcentración de soluciones salinas de manera controlada. De esta manera, se minimiza

el riesgo de contaminación de los recursos hídricos locales, protegiendo la integridad de la cuenca y los ecosistemas asociados, garantizando la gestión sustentable del agua y alineándose con la política sectorial de reducción de descargas contaminantes.

II.8.3. Plan Estatal de Desarrollo de Coahuila 2023-2029 (Actualización 2025)

En el que están plasmados proyectos, programas y obras para las cinco regiones del estado y los 38 municipios. Documento que contiene los objetivos y estrategias que guiarán el rumbo de nuestro Gobierno en los próximos años. Los ejes y estrategias son las siguientes:

Eje 1. Orden y Seguridad.
Eje 2. Coahuila Global.
Eje 3. Desarrollo Humano
Eje 4. Infraestructura Sostenible
Eje 5. Cuidadanía y Buen Gobierno
Eje 4. Infraestructura Sostenible.

Nuestra Administración tendrá un fuerte **compromiso ambiental** y daremos prioridad a respetar y cuidar los recursos naturales como base del **desarrollo sostenible**. En este sentido, realizaremos una gestión integral del agua —tanto para ampliar el acceso al vital líquido, como para mejorar la eficiencia con la que se realiza este servicio y para promover que su uso sea racional—, cuidaremos nuestros recursos naturales y actuaremos contra el cambio climático y para mitigar sus efectos nocivos.

Cumplimiento

La operación de este proyecto será congruente con este Plan Estatal de Desarrollo (actualización 2025), ya que se llevarán a cabo todas las actividades para apoyar el desarrollo sostenible, puesto que se tiene como uno de los principales objetivos evitar la contaminación promoviendo descarga cero de salmuera al subsuelo o cuerpos de agua cercanos, dando un tratamiento de secado en las Lagunas solares Ponds.

II.8.4. Plan Estratégico de Desarrollo de los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe, año 2025 (Vigente)

El Código Municipal del Estado de Coahuila establece como objetivos de la planeación del desarrollo municipal: programar las acciones del gobierno municipal estableciendo prioridades en relación con la promoción del desarrollo armónico e integral del municipio y de las comunidades que lo conforman, y asegurar la participación de la sociedad.

De conformidad con lo anterior, el Ejecutivo del Estado, los alcaldes de los Municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga y un grupo importante de personas representativas de los 3 municipios e interesadas en su desarrollo, –como el Comité Técnico del Impuesto sobre la Nómina (ISN)– se propusieron coordinar y aportar esfuerzos para realizar un estudio –de carácter intermunicipal y regional– que tuviera por objeto los 3 municipios mencionados.

El propósito fue contar con un instrumento para que los gobiernos del Estado y de los Municipios, –en el marco de sus competencias en planeación del desarrollo–, así como los diferentes sectores sociales, reforzarán su capacidad de definir e instrumentar estrategias y proyectos en el sentido establecido en el Plan Estatal de Desarrollo 2000-2005 y de hacer

que su desarrollo sea integral al tomar en cuenta territorio, población, recursos, medio ambiente, y factores endógenos y exógenos.

Específicamente, los objetivos que se plantearon fueron:

a) Establecer un diagnóstico de los municipios y explorar las tendencias y futuros deseables al año 2025.
b) Identificar fortalezas, oportunidades, limitaciones, riesgos, estrategias y proyectos que puedan ser considerados palancas del desarrollo.
c) Aportar respuestas pertinentes y coherentes para instrumentar una política de desarrollo sostenible para las generaciones por venir y para la base de recursos que se tiene o se puede desarrollar.

El Plan Estratégico de Desarrollo está organizado en 17 capítulos que, de acuerdo con su contenido, forman 4 grupos:

El tercer grupo lo forman los capítulos del 5 al 16, correspondiendo a la planeación de largo plazo en cada una de las 12 áreas estratégicas identificadas y valoradas como pertinentes e importantes para asegurar competitividad, sostenibilidad y gobernabilidad al territorio. Para cada área se formuló una visión al 2025, uno o varios objetivos estratégicos, así como líneas de acción y proyectos; precede a su exposición un razonamiento estratégico y el examen resumido de su situación actual. Las áreas son: agua; formación, capital humano, y ciencia y tecnología; infraestructuras; industria; comercio, turismo y servicios; recursos naturales y agricultura; **salud y medio ambiente**; cultura; nueva configuración urbana territorial; inclusión social; seguridad pública y gobierno y gestión del desarrollo.

Resumen de la situación actual Saltillo, Arteaga y Ramos Arizpe son un territorio cuyas referencias económicas a mediados del siglo pasado eran el campo, el pequeño comercio y una industria local formada por las primeras empresas del Grupo Industrial Saltillo; se transformó profundamente a partir de la atracción de inversiones desde principios de la década de los 70. Así, las iniciativas gubernamentales y privadas desde ese tiempo convirtieron a Saltillo y a Ramos Arizpe en una zona industrial con una nueva clase empresarial. Durante las décadas de los ochenta y los noventa se acentúa este paisaje industrial, se consolidan varios grupos empresariales en diferentes sectores y **se desarrolla el atractivo para la industria automotriz**. Esto, junto con un creciente espíritu colaborativo en las relaciones laborales, lleva a Saltillo y a Ramos Arizpe a una situación, a principios del siglo XXI, caracterizada por un entramado empresarial dinámico.

Por ejemplo, en los países más industrializados existe un mayor grado de convergencia tecnológica entre la industria automotriz e industrias intensivas en conocimiento, como la electrónica. En la región SARA (Saltillo-Ramos Arispe) se carece de este tipo de convergencia tecnológica y de articulación productiva entre ramas productivas como lo muestra un estudio reciente. Para lograr una mejor articulación productiva –de acuerdo con el estudio mencionado– se deberán tener en cuenta, por ejemplo, en la industria automotriz, las principales tendencias en el nivel mundial:

1) La globalización de mercados, con pocos proveedores y centros únicos de manufactura especializados.
2) Alto grado de automatización de los sistemas de producción flexible, lo que hará necesaria mano de obra calificada.

3) Actitud más activa de los proveedores de autopartes en el diseño e intensificación de su cooperación con los productores de la industria terminal.
4) La instalación de fabricantes de autopartes en lugares cercanos a los centros de ensamble, debido al establecimiento de sistemas de producción flexible creando parques industriales automotrices y fortaleciendo el vínculo proveedor-productor.

La decisión de empresas de autopartes a establecerse en una región determinada obedecerá a tres factores:

a) Presencia en la región de empresas terminales o de empresas manufactureras
b) Calidad de la mano de obra, medida por el nivel de habilidades; y
c) Costos de la mano de obra.

El propósito es preparar las bases para emprender acciones más decisivas para hacer funcionales y dinámicos los conglomerados productivos ya formados en la región y sentar las condiciones para la atracción de clústeres funcionales en el futuro.

Un vehículo terminado en Saltillo o **Ramos Arizpe** requiere de aproximadamente 3 mil piezas que provienen de diferentes partes del mundo.

Existen distintos niveles de proveedores; los del primero son los que proporcionan a la industria terminal las partes y componentes para el ensamblado final.

Tradicionalmente estas empresas presentan un alto grado de integración vertical con la industria terminal y se encuentran ubicadas muy cerca de ésta.

Las de segundo nivel son las que surten de insumos a las del primero, regularmente con bajo grado de integración y se localizan en lugares distintos.

Finalmente, los proveedores de tercer y cuarto son los que proveen de materias primas, y otros insumos a los dos primeros niveles.

La integración de los tres últimos niveles de proveedores en países subdesarrollados con la industria terminal es casi inexistente, mientras que en países desarrollados sigue siendo baja.

De acuerdo con el estudio para el Programa Regional de Competitividad Sistémica:

Coahuila Competitivo 2020, el cluster automotriz del sureste de Coahuila presenta una doble estructura y flujos diferenciados de intercambio de información.

Por un lado, encontramos un núcleo de empresas terminales y de autopartes de primer nivel bastante bien articulados, el cual se ha formado como consecuencia de la implementación de sistemas flexibles de producción que ha obligado a empresas proveedoras de primer nivel a establecerse cerca. Sin embargo, debido al hecho de que gran parte de las empresas proveedoras de primer nivel son subsidiarias de la empresa terminal, sus capacidades tecnológicas son exógenas por lo que solamente se da cierta transferencia tecnológica.

Las pocas empresas de capital mexicano en la región se convierten en depositarias del conocimiento del clúster automotriz.

La otra parte del clúster automotriz coahuilense está conformado por los proveedores de segundo, tercer y cuarto nivel, los cuales muestran una baja articulación con el núcleo principal (empresa terminal y proveedores de primer nivel).

En la industria automotriz de Saltillo-Ramos Arizpe existe un amplio conjunto de productores de autopartes y componentes que muestran atrasos significativos frente a los proveedores de primer nivel. En este sentido, la industria está semi-unidad, a diferencia de los clústeres automotrices en Europa, Estados Unidos y Japón.

Si bien es cierto que existe en la región un núcleo de empresas terminales y de autopartes de primer nivel con cierta articulación y convergencia tecnológica con la industria del acero (AHMSA Coahuila) faltan instituciones de apoyo e integración con centros de educación e investigación. En conclusión, tenemos que en la región de Saltillo-Ramos Arizpe existen las condiciones necesarias para la formación de un clúster automotriz funcional. Sin embargo, para lograr pasar del actual estado físico a un clúster funcional, se requiere del fortalecimiento de las empresas de proveeduría de primer nivel mediante la atracción de más empresas internacionales a la región, el desarrollo y consolidación de las empresas proveedoras de segundo, tercer y cuarto nivel desarrollando empresas nacionales, el desarrollo de industrias conexas (electrónica, software, etc.), la creación de instituciones de apoyo y mejorar los vínculos existentes de la industria con centros de investigación y universidades.

Vinculación

El proyecto es congruente con el Plan Estratégico de Desarrollo de los municipios de Saltillo, Arteaga y Ramos Arispe, al año 2025 (vigente), ya que la empresa automotriz General Motors de México (Ramos Arispe) es un importante eslabón dentro del Clúster automotriz coahuilense que apoya el desarrollo y consolidación de las empresas proveedoras de autopartes automotrices que pudieran establecerse o bien ya existen en la industria automotriz de Saltillo-Ramos Arispe.

Medio ambiente.

El cuarto desafío tiene que ver con la prevención de la salud ambiental pues es un tema muy relevante para las sociedades en transición. Cada vez más se confirma que enfermedades individuales tienen origen en los impactos colectivos que se generan por el estado insalubre del medio ambiente. La presión sobre la ambiente afecta a la biodiversidad, al cambio climático, a la pureza del aire, etc.; y tiene efectos directos en la salud ambiental sobre todo en las zonas urbanas.

En el crecimiento poblacional, urbano, industrial y, en general, todos los fenómenos de aglomeración y uso de recursos que se están dando en la región SARA ejercen presión creciente sobre el **medio ambiente** tanto en el natural como en el metropolitano: densidad de la población; contaminación; desechos industriales y domésticos; vulnerabilidad del cambio climático; incremento del uso de vehículos, su impacto en la calidad del aire y su contribución al cambio climático mismo, se estiman 180 mil vehículos automotores circulando diariamente en la zona metropolitana; transmisión rápida de enfermedades por efectos de aglomeración urbana; vulnerabilidad ante invasiones biológicas; inseguridad en el suministro y calidad del agua; reducción de áreas verdes; uso mayor de transgénicos en la agricultura; deterioro de la calidad del aire en la zona metropolitana; maximización de la eficiencia agrícola con mayor uso de fertilizantes, pesticidas y agua; lentitud en la penetración de las tecnologías limpias.

También, en el diagnóstico se ha establecido que las grandes preocupaciones en la región SARA para el plazo del año 2025 serán las mismas que se han identificado para los grandes centros urbanos en el mundo:

- Entender científicamente –y difundir este entendimiento–la integralidad del sistema ambiental.
- Preocupación por la equidad en las estructuras sociales y regionales; reconocimiento de que el medio ambiente es una preocupación pública, regional e internacional.

Los temas relevantes del medio ambiente para la región deberán estar estrechamente conectados con otros como: el uso de la energía solar; la sostenibilidad de las ciudades; reestructuración productiva de la agricultura; uso del agua y del suelo que se adapte a las necesidades humanas incluyendo recreación y paisajes y ecoeficiencia de los recursos.

Vinculación

El proyecto “Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el manejo de agua de rechazo de ósmosis inversa” es congruente con el Programa de Desarrollo Urbano de Saltillo-Ramos Arizpe, ya que uno de los objetivos de este proyecto es concentrar y evaporar salmuera de rechazo de ósmosis inversa para lograr descarga cero. Se implementarán todas las medidas adecuadas para el manejo integral de los residuos generados en todas las etapas del proyecto, para dar así cumplimiento a las normas oficiales mexicanas ambientales aplicables.

II.8.5. Instrumentos de uso de suelo: Plan Director de Desarrollo Urbano.

El municipio de Ramos Arizpe, junto a Saltillo y Arteaga forma parte de la Zona Metropolitana de Saltillo – Ramos Arizpe – Arteaga, la cual es polo del gran auge económico que ocurre en esta zona del Estado. Por ello, es importante considerar el papel que juega Ramos Arizpe dentro de la visión metropolitana al compartir la dinámica socioeconómica y de desarrollo urbano con estos dos municipios vecinos.

Hoy en día Ramos Arizpe cuenta con importante presencia de industria, así como de infraestructura y equipamiento que la posiciona como una localidad urbana atractiva también para el desarrollo comercial y de vivienda.

El Plan Director de Desarrollo Urbano de Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza tiene por objeto, definir las acciones, estrategias y proyectos específicos que permitan lograr un desarrollo urbano sustentable y un desarrollo integral en el municipio.

Además de favorecer el impulso industrial y económico del Municipio y su región, se cuentan con objetivos generales y específicos, tales como se menciona a continuación:

DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO URBANO

- Crecer en forma gradual e integral en zonas que acerquen la vivienda al empleo (industria principalmente), y que cuenten con equipamientos públicos y privados suficientes.
- Lograr la regeneración gradual de las áreas urbanas antiguas (Centro Histórico).
- Lograr la consolidación de los polígonos de vivienda dispersa, mediante la integración de equipamiento y áreas de esparcimiento y desarrollo social.

- Evitar el avance de la ciudad sobre las zonas de protección ambiental, o de riesgo.

SUELO

- Implementar el desarrollo de Polígonos de Actuación, como un nuevo patrón de ordenamiento sustentable a corto, mediano y largo plazo en sus dimensiones económica, social y ambiental.
- Definir acciones que estén dirigidas al incremento de la calidad de vida de sus habitantes: conectividad, mejora de infraestructura y equipamiento, fomento al desarrollo económico.

NFRAESTRUCTURA VIAL

- Consolidar la estructura vial en su sentido norte- sur y mejorar la conectividad del Oriente - Poniente de la Ciudad.
- Crear un corredor de movilidad industrial, con la finalidad de realizar el traslado de personas en forma directa desde la zona sur industrial de Saltillo hacia la zona industrial de Ramos Arizpe.

VIVIENDA

- Fortalecer los programas de vivienda sustentable.
- Coordinar actividades entre el sector público y el sector empresarial para el fomento de apoyos encaminados a la adquisición de vivienda por su planta laboral.

MOVILIDAD

- Garantizar una movilidad urbana eficiente y sustentable.
- Reestructurar el Transporte Público de Pasajeros, garantizando un servicio de mayor y mejor calidad, a nivel urbano y metropolitano, logrando la reducción de distancias y tiempos de traslados, así como la reducción del parque vehicular.

EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA

- Consolidar el equipamiento y la infraestructura existentes.
- Desarrollar de manera progresiva las faltantes, de tal manera que queden cubiertas en su totalidad las demandas ciudadanas.

DESARROLLO SOCIAL Y ECONÓMICO

- Mantener la primacía económica a través del desarrollo industrial.
- Sumar acciones de desarrollo para otros sectores como el comercial y turístico.
- Fortalecer la integración del tejido social.

IMAGEN URBANA

- Incentivar el mejoramiento y fortalecimiento del Centro Histórico y sus alrededores para fomentar el uso mixto de los predios.

MEDIO AMBIENTE

- Promover la implementación y ejecución de una normatividad o programas de control y regulación ambiental.
- Implementar mecanismos de regulación y prevención para el cuidado de las áreas de preservación ecológica.
- Promover la creación de nuevas áreas de preservación natural.

RIESGOS Y VULNERABILIDAD

- Elaborar el Atlas de Riesgo
- Fortalecer las acciones para el control y resguardo de las zonas de riesgo, evitando así que sean invadidas por asentamientos irregulares.
- Continuar y reforzar los programas de limpieza de los arroyos, así como en las zonas sujetas a inundaciones y encharcamientos.

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

- Robustecer la relación entre el Gobierno municipal y la sociedad mediante mecanismos de concertación ciudadana y fortalecimiento al tejido urbano social.
- Establecer mecanismos de control y seguimiento, así como indicadores de desempeño de los programas y/o proyectos que resulten en el presente Plan.

En el **Anexo III.06**, se presenta la Carta Urbana del Plan Director de Desarrollo Urbano de Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

Vinculación del PDDU de Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, con el proyecto:

En este sentido, el proyecto, se vincula con los objetivos y estrategias establecidas en el PDDU, particularmente con aquellos relacionados con el desarrollo industrial, infraestructura, equipamiento y protección ambiental, conforme a lo siguiente.

Planeación y desarrollo urbano: El proyecto es compatible con el objetivo de orientar el desarrollo territorial de manera ordenada, al constituir infraestructura complementaria para una actividad industrial existente y someterse a la evaluación ambiental correspondiente antes de su ejecución.

Equipamiento e infraestructura: El proyecto resulta congruente con la estrategia del PDDU de consolidar y complementar la infraestructura existente, al incorporar infraestructura destinada al manejo controlado de un flujo residual generado por las actividades industriales.

Desarrollo social y económico: El proyecto es congruente con la vocación industrial de Ramos Arizpe y con el objetivo del PDDU de fortalecer el desarrollo económico del municipio, incorporando infraestructura orientada al manejo ambientalmente adecuado de los flujos generados por la actividad industrial.

Medio ambiente: El proyecto se considera congruente con los objetivos ambientales del PDDU, debido a que se desarrolla bajo un esquema de prevención y regulación ambiental, incorpora medidas para el manejo controlado del agua de rechazo y contempla acciones para prevenir y atender posibles afectaciones a los componentes ambientales.

Riesgos y vulnerabilidad: El proyecto atiende el principio preventivo establecido en el PDDU al incorporar mecanismos de identificación, prevención y control de riesgos asociados con su operación.
El área del proyecto, de acuerdo con la zonificación secundaria del Plan Director de Desarrollo Urbano de Ramos Arizpe, incide en superficies clasificadas como Industria Ligera y Área de Preservación - Parque Hídrico.

II.9. Instrumentos de conservación: ANP, ADVC y Ramsar.

II.9.1. Decreto de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales)

El instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Estas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial o a través de la certificación de un área cuyos propietarios deciden dedicar a la conservación y las actividades que pueden llevarse a cabo. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.

En la figura II.5 y II.6, se presentan las Areas Naturales Protegidas cercanas al proyecto.

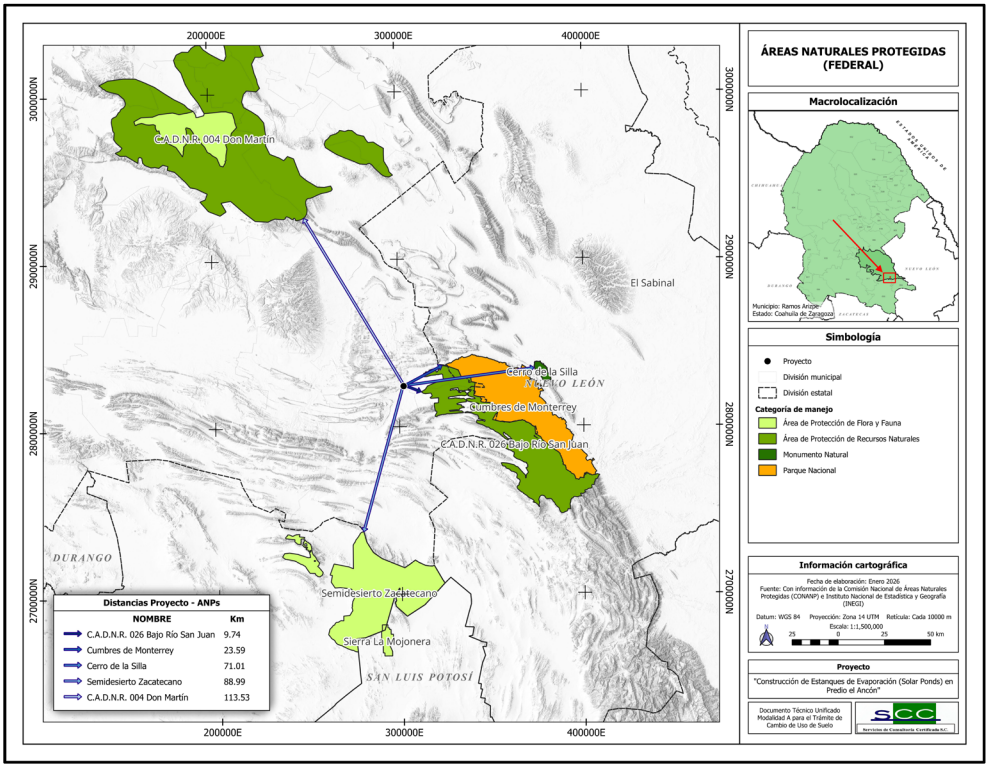


Figura II.5. Ubicación del proyecto respecto a las ANP federales.

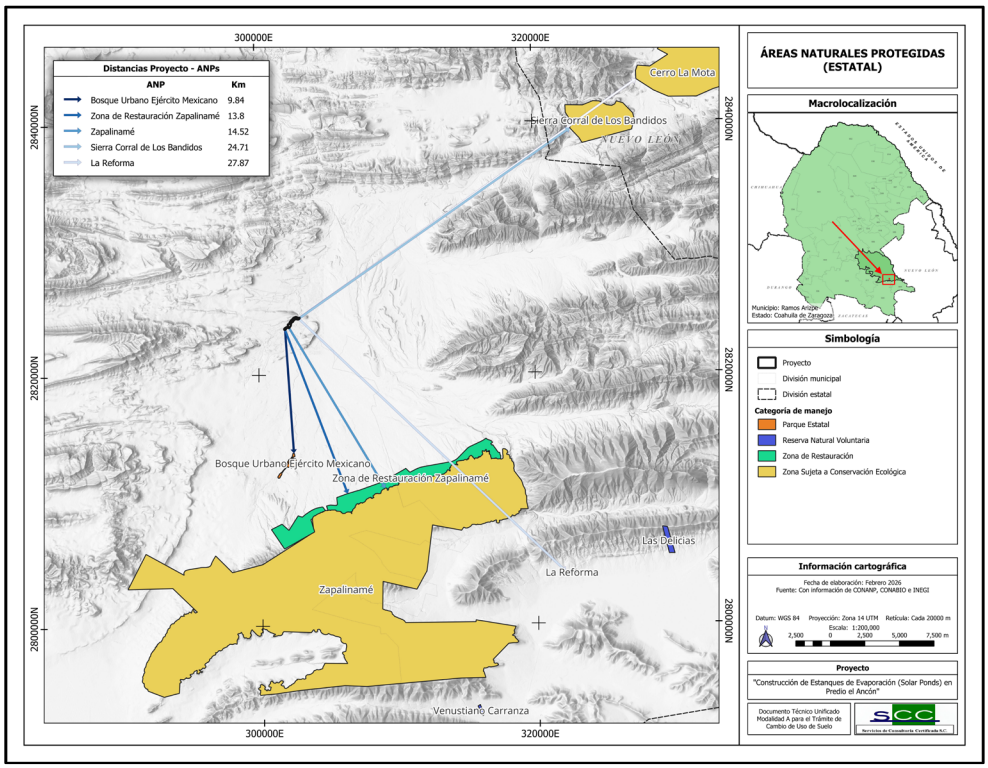


Figura II.6. Ubicación del proyecto respecto a las ANP estatales.

El proyecto **no se encuentra** dentro de ninguna Área Natural Protegida Estatal, como puede observarse en la siguiente tabla. Sin embargo, la ANP más cercana es el Bosque Urbano Ejército Mexicano que se encuentra a 9.84 km.

Tabla II.17. Ubicación de las ANP a nivel Estatal con respecto al proyecto.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTATAL	CATEGORÍA DE MANEJO	DISTANCIA DEL PROYECTO
Bosque Urbano Ejército Mexicano	Parque Estatal	9.84 km
Zona de Restauración Zapalinamé	Zona de Restauración	13.8 km
Zapalinamé	Zona sujeta a Conservación ecológica	14.52 km
Sierra Corral de los Bandidos	Zona sujeta a Conservación ecológica	24.71 km
La Reforma	Resera Natural voluntaria	27.87 km

Asimismo, se corroboró que el predio en cuestión **no se encuentra** dentro de alguna ANP; siendo que la ANP federal más cercana es C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan que se encuentra a 9.74 km.

Tabla II.18. Ubicación de las ANP a nivel Federal con respecto al proyecto.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA FEDERAL	CATEGORÍA DE MANEJO	DISTANCIA DEL PROYECTO
C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan	Área de Protección de recursos Naturales	9.74 km
Cumbres de Monterrey	Parque Nacional	23.59 km
Cerro de la Silla	Monumento Natural	71.01 km
Semidesierto Zacatecano	Zona sujeta a Conservación ecológica	88.99 km
C.A.D.N.R. 004 Don Martín	Parque Nacional y Área de protección de flora y fauna	113.53 km

Debido a que el proyecto se ubica fuera de la poligonal de las ANP identificadas, no se actualizan restricciones específicas derivadas de sus decretos de creación.

II.9.2. Programa de Manejo de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales)

Los programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas constituyen instrumentos rectores de planeación y regulación, mediante los cuales se establecen la zonificación, subzonificación, reglas administrativas, actividades permitidas, actividades condicionadas y restricciones aplicables dentro de cada ANP.

Para determinar la vinculación del proyecto con programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas federales, estatales o municipales, se revisó la ubicación del polígono del proyecto respecto de las ANP identificadas en el área de análisis (Tablas II.17 y II.18). Como resultado de dicha revisión, se determinó que **el proyecto no se ubica dentro de ninguna Área Natural Protegida**, por lo que **sus obras y actividades no inciden en zonificaciones, subzonificaciones o unidades de manejo internas de algún programa de manejo**.

La ANP federal más cercana corresponde a la C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan, ubicada aproximadamente a 9.74 km del proyecto. Sin embargo, el proyecto se localiza fuera de su poligonal, por lo que no se ubica dentro de alguna zona o subzona de manejo de dicha área. En consecuencia, no se identifican reglas administrativas del programa de manejo que resulten directamente aplicables a las obras y actividades del proyecto.

En el ámbito estatal, el Área Natural Protegida más cercana corresponde al Bosque Urbano Ejército Mexicano, ubicada aproximadamente a 9.84 km del sitio del proyecto. No obstante, al igual que en el caso anterior, el proyecto se encuentra fuera de su delimitación territorial, por lo que no incide en su zonificación, subzonificación o reglas internas de manejo.

Por lo anterior, se concluye que el proyecto no requiere ajustarse a zonificaciones o reglas administrativas específicas de algún Programa de Manejo de Área Natural Protegida, toda vez que las obras y actividades se desarrollarán fuera de las poligonales de las ANP federales, estatales y municipales identificadas. Sin perjuicio de ello, el proyecto incorpora medidas ambientales generales orientadas a prevenir impactos sobre los componentes bióticos y abióticos del entorno.

II.9.3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación

Las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación son predios cuyos propietarios, poseedores o titulares de derechos deciden destinar de manera voluntaria a acciones de conservación, mediante la certificación correspondiente emitida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Para determinar la posible incidencia del proyecto respecto de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, se realizó una revisión geoespacial con información de SIG CONANP, considerando la ubicación del polígono del proyecto y la distribución de las ADVC registradas.

Como resultado de dicha revisión, se determinó que el proyecto no incide dentro de ninguna Área Destinada Voluntariamente a la Conservación. La ADVC más cercana corresponde al Área de Germoplasma Relevante Rancho La Puerta, ubicada en el municipio de Saltillo, Coahuila, aproximadamente a 50 km del sitio del proyecto. Dicha área cuenta con el Certificado CONANP-390/2015, expedido el 07 de octubre de 2015, con una vigencia de 15 años, y una superficie certificada de 1,379.78 ha. Los ecosistemas reportados para esta ADVC corresponden a matorral xerófilo y pradera, con presencia de especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT, entre ellas *Cynomys mexicanus*, *Taxidea taxus*, *Aquila chrysaetos*, *Athene cunicularia*, *Bubo virginianus*, *Buteo jamaicensis* y *Crotalus atrox*.

No obstante, debido a que dicha ADVC se localiza fuera del área del proyecto y fuera de su área de influencia directa, no se prevé afectación a su superficie certificada, ecosistemas, especies registradas, objeto de conservación o régimen de manejo. Asimismo, las obras y actividades del proyecto no contemplan ocupación, remoción de vegetación, modificación del hábitat, aprovechamiento de recursos naturales o generación de impactos directos dentro de dicha área certificada.

El proyecto no presenta incidencia territorial ni funcional sobre Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. En consecuencia, no se identifican disposiciones específicas derivadas de certificados de conservación voluntaria que resulten directamente vinculantes al proyecto.

Sitios RAMSAR

Los sitios Ramsar corresponden a humedales de importancia internacional designados en el marco de la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Estos sitios son reconocidos por su relevancia ecológica, hidrológica y biológica, así como por su función en la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ambientales asociados a los humedales.

El sitio más cercano es Cuatro Ciénegas (Coahuila), localizado a aproximadamente 177.99 km del área del proyecto. Este sitio fue designado el 22 de junio de 1995 y cuenta con una superficie oficial de 84,347 ha.

Tabla II.19. Sitio RAMSAR cercano al proyecto.

Sitio Ramsar más cercano	Estado	Municipio	Fecha de designación	Superficie oficial CONANP	Superficie en capa geoespacial	Distancia al proyecto
Cuatro Ciénegas (Coahuila)	Coahuila	Cuatro Ciénegas	22/06/1995	84,347 ha	83,609.8518507 ha	177.99 km

Con base en el análisis geoespacial realizado, se determinó que **el proyecto no se ubica dentro de ningún sitio Ramsar**.

Respecto a lo anterior, las obras y actividades del proyecto no contemplan ocupación, relleno, desecación, modificación hidrológica, descarga directa, aprovechamiento de recursos naturales, remoción de vegetación hidrófila o alteración de hábitats dentro de algún humedal de importancia internacional. Asimismo, **el proyecto no incide sobre los criterios de designación de sitios Ramsar**, ya que no se desarrolla dentro de un humedal reconocido por dicha Convención ni dentro de su delimitación poligonal de protección.

CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

SIN TEXTO

ÍNDICE

CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA 1

III.1. Delimitación ambiental 1

III.1.1. Criterios de delimitación 1

III.1.2. Delimitación del área de influencia 3

III.1.3. Delimitación del Sistema Ambiental 4

III.1.4. Caracterización y análisis del sistema ambiental 5

III.1.4.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA 5

III.2. Componentes ambientales abióticos 7

III.2.1. Clima y fenómenos meteorológicos 7

III.2.2. Geología 25

III.2.3. Geomorfología 37

III.2.4. Suelos 41

III.2.5. Hidrología superficial 50

III.2.6. Caudal ecológico 55

III.2.7. Hidrología subterránea 57

III.3. Bióticos 68

III.3.1. Flora 68

III.3.2. Fauna 95

III.4. Socioeconómico 126

III.4.1. Comunidades indígenas presentes 127

III.5. Paisaje 127

III.5.1. Descripción de la metodología a emplear 129

III.6. Diagnóstico ambiental 130

III.6.1. Realizar el análisis del grado de conservación o deterioro de la región ecológica 130

III.6.2. Elaborar un diagnóstico integral de la situación de la región ecológica, conforme a la información analizada en las secciones anteriores 132

III.6.3. Elaborar un escenario a futuro de la región ecológica 139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1. Delimitación de la Región Ecológica. 1
Tabla III.2. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1961-1990. 9
Tabla III.3. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1961-1990. 9
Tabla III.4. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1971-2000. 10
Tabla III.5. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1971-2000. 10
Tabla III.6. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1991-2020. 10
Tabla III.7. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1991-2020. 10
Tabla III.8. Valores de la temperatura media de los diferentes periodos analizados. 10
Tabla III.9. Valores promedio de la precipitación media anual calculado en las normales climatológicas. 12
Tabla III.10. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1961-1990. 13
Tabla III.11. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1971-2000. 13
Tabla III.12. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1991-2020. 13
Tabla III.13. Normales climatológicas del número de días con lluvia. Periodo 1961 – 1990. 14
Tabla III.14. Normales climatológicas del número de días con lluvia. Periodo 1971 – 2000. 14
Tabla III.15. Comparativo de número de días con lluvia de las diferentes regiones del país respecto a las condiciones analizadas en el SA. 15
Tabla III.16. Normales climatológicas de la evaporación media anual en el SA. Periodo 1961 – 1990. 15
Tabla III.17. Normales climatológicas de la evaporación media anual en el SA. Periodo 1971 – 2000. 15
Tabla III.18. Tormentas tropicales que ingresaron al territorio y afectaron al municipio de Saltillo. 21
Tabla III.19. Unidades de suelo presentes en el SA. 43
Tabla III.20. Erosión en el SA. 48
Tabla III.21. Características de disponibilidad de agua subterránea de los acuíferos de incidencia (CONAGUA, 2024). 60
Tabla III.22. Interpretación del balance hídrico de los acuíferos. 60
Tabla III.23. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el año 2014 (CONAGUA). 67
Tabla III.24. Facies hidrogeoquímicas en el acuífero Saltillo – Ramos Arizpe. 68
Tabla III.25. Uso de suelo y vegetación presente en el SA de acuerdo con la serie VII de INEGI. 68
Tabla III.26. Dimensionamiento de los cuadrantes por estrato. 76
Tabla III.27. Coordenadas de las Unidades de Muestreo en el SA. 76
Tabla III.28. Composición florística del SA. 79
Tabla III.29. Valor de importancia para el estrato arbóreo de VSa/MDM. 82
Tabla III.30. Valor de importancia para el estrato arbustivo de VSa/MDM. 83
Tabla III.31. Valor de importancia para el estrato suculento de VSa/MDM. 84
Tabla III.32. Valor de importancia para el estrato herbáceo de VSa/MDM. 85
Tabla III.33. Valor de importancia para el estrato arbóreo de MDM. 85
Tabla III.34. Valor de importancia para el estrato arbustivo de MDM. 86
Tabla III.35. Valor de importancia para el estrato suculento de MDM. 87
Tabla III.36. Valor de importancia para el estrato herbáceo de MDM. 88
Tabla III.37. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbóreo de VSa/MDM. 89
Tabla III.38. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbustivo de VSa/MDM. 90
Tabla III.39. Índice de Shannon Wiener para el estrato suculento de VSa/MDM. 91
Tabla III.40. Índice de Shannon Wiener para el estrato herbáceo de VSa/MDM. 92
Tabla III.41. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbustivo de MDM. 93
Tabla III.42. Índice de Shannon Wiener para el estrato suculento de MDM. 94
Tabla III.43. Índice de Shannon Wiener para el estrato herbáceo de MDM. 95
Tabla III.44. Especies localizadas dentro del SA. 101
Tabla III.45. Abundancia de las especies de fauna silvestre dentro del SA. 102
Tabla III.46. Caracterización de las especies de fauna silvestre dentro del SA. 104
Tabla III.47. Valores no paramétricos para aves. 105
Tabla III.48. Valores no paramétricos para mamíferos. 107
Tabla III.49. Valores no paramétricos para herpetofauna. 109
Tabla III.50. Resultados del Valor H' para aves. 113
Tabla III.51. Resultados del Valor H' para mamíferos. 114

Tabla III.52. Resultados del Valor H' para herpetofauna. 116
Tabla III.53. Abundancia relativa para aves. 117
Tabla III.54. Abundancia relativa para mamíferos. 118
Tabla III.55. Abundancia relativa para herpetofauna. 119
Tabla III.56. Índice de Simpson para aves. 121
Tabla III.57. Índice de Simpson para mamíferos. 122
Tabla III.58. Índice de Simpson para herpetofauna. 123
Tabla III.59. Índice de Margalef para aves. 125
Tabla III.60. Índice de Margalef para mamíferos. 125
Tabla III.61. Índice de Margalef para herpetofauna. 126
Tabla III.62. Calidad paisajística del sitio del proyecto 129
Tabla III.63. Fragilidad del paisaje en el sitio del proyecto. 129
Tabla III.64. Diagnóstico ambiental de la región ecológica. 131
Tabla III.65. Escala de calificación. 132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. Delimitación del Sistema Ambiental. 2
Figura III.2. Delimitación del Área de Influencia 3
Figura III.3. Clima del Sistema Ambiental 7
Figura III.4. Estaciones climatológicas. 9
Figura III.5. Comparativo de la temperatura media de todos los periodos analizados. 11
Figura III.6. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1961-1990. 11
Figura III.7. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1961-1990. 11
Figura III.8. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1971-2000. 11
Figura III.9. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1971-1990. 11
Figura III.10. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1991-2020. 12
Figura III.11. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1991-2020. 12
Figura III.12. Precipitación media anual de todos los periodos. 13
Figura III.13. Normales climatológicas de la precipitación. 1961-1990. 14
Figura III.14. Normales climatológicas de la precipitación. 1971-2000. 14
Figura III.15. Normales climatológicas de la precipitación. 1991-2020. 14
Figura III.16. Normales climatológicas de la evaporación anual. Periodos 1961–1990 y 1971-2000. 16
Figura III.17. Datos de velocidad máxima por día, registradas en la estación Saltillo. 17
Figura III.18. Rosa de los vientos para el periodo invernal, estación Saltillo. 18
Figura III.19. Rosa de los vientos para el periodo de primavera, estación Saltillo. 18
Figura III.20. Rosa de los vientos para el periodo de verano, estación Saltillo. 18
Figura III.21. Rosa de los vientos para el periodo de otoño, estación Saltillo. 18
Figura III.22. Riesgo por ciclones tropicales en el SA. 19
Figura III.23. Porcentaje de riesgo por ciclones a nivel estatal (Jiménez Espinoza, et. al, 2012). 20
Figura III.24. Grado de riesgo municipal por ciclones tropicales (Jiménez Espinoza, et. al, 2012). 20
Figura III.25. Riesgo por inundaciones en el SA. 22
Figura III.26. Riesgo por sequía en el SA. 23
Figura III.27. Ausencia o presencia de tornados en el SA. 24
Figura III.28. Número de tornados por estado. 25
Figura III.29. Geología del SA. 27
Figura III.30. Fallas y fracturas en el SA 34
Figura III.31. Regionalización sísmica del SA. 35
Figura III.32. Deslizamientos de laderas cercanas en el SA. 36
Figura III.33. Volcanes cercanos a en el SA. 37
Figura III.34. Fisiografía del SA: Provincias y subprovincias. 38
Figura III.35. Modelo digital de elevaciones del SA. 41
Figura III.36. Edafología en el SA. 42

Figura III.37. Erosión del suelo en el SA. 49
Figura III.38. Hidrología superficial en el SA. 51
Figura III.39. Ubicación del SA respecto a la RH24Be. 52
Figura III.40. Hidrología superficial del Sitio del Proyecto. 53
Figura III.41. Hidrología subterránea en el SA. 58
Figura III.42. Ubicación del SA respecto a los acuíferos. 59
Figura III.43. Ubicación de la sección geológica esquemática B-B´. 62
Figura III.44. Sección geológica esquemática B-B´ próxima a las lagunas de evaporación del SP 63
Figura III.45. Profundidad del nivel estático en metros (2014). 64
Figura III.46. Evolución del nivel estático en metros. (2007-2014). 65
Figura III.47. Evolución del nivel estático en El Complejo vs. Precipitación pluvial mensual. 65
Figura III.48. Evolución del nivel estático en El Complejo vs. Extracción mensual. 66
Figura III.49. Ubicación de los pozos muestreados en el año 2014. 67
Figura III.50. Tipos de uso de suelo y vegetación del SA. 74
Figura III.51. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para aves en el SA. 107
Figura III.52. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para mamíferos en el SA. 109
Figura III.53. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para herpetofauna en el SA. 111
Figura III.54. Índice de Shannon – Wiener Aves. 114
Figura III.55. Índice de Shannon – Wiener Mamíferos. 115
Figura III.56. Índice de Shannon – Wiener herpetofauna. 116
Figura III.57. Gráfico de abundancia relativa de aves en el SA. 117
Figura III.58. Gráfico de abundancia relativa de mamíferos en el SA. 118
Figura III.59. Gráfico de abundancia relativa de herpetofauna en el SA. 119

CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

III.1. Delimitación ambiental

Se hace la aclaración de que, para efectos del presente documento, la **Región Ecológica** será referida en lo sucesivo como **"Sistema Ambiental"**. Por tanto, ambas denominaciones hacen referencia a la misma unidad de análisis y podrán utilizarse de manera indistinta a lo largo del documento.

III.1.1. Criterios de delimitación

Tabla III.1. Delimitación de la Región Ecológica.

Criterios de delimitación				
UGA´s (terrestres y/o marinas)	**No. de UGA:** No aplica			
	Nombre del Ordenamiento Ecológico: No aplica			
	Cartografía correspondiente: No aplica			
Hidrología superficial	**Seleccionar el elemento considerado:**			
	-	Subcuenca		
	X	Microcuenca		
	-	Nanocuenca		
	Nombre del elemento considerado para la delimitación: Cuenca Hidrológica RH24Be			
Celdas litorales	**Número de celdas seleccionadas:** No aplica			
Geomorfología	**Seleccionar el elemento considerado:**			
	-	Sierra	-	Campo de dunas
	-	Valle	-	Arrecifes
	-	Lomerío	-	Isla rocosa
	-	Meseta	-	Cañón
	-	Bajada	-	Depresión
	-	Llanura	-	Playa o barra
	Nombre y descripción del elemento considerado para la delimitación: No aplica			
Usos de suelo y vegetación	**Indicar los tipos de uso de suelo y vegetación valorados:** No aplica.			

Criterios de delimitación	
Región ecológica	**Superficie RE** = 60,494.31 ha.

Mapa de representación

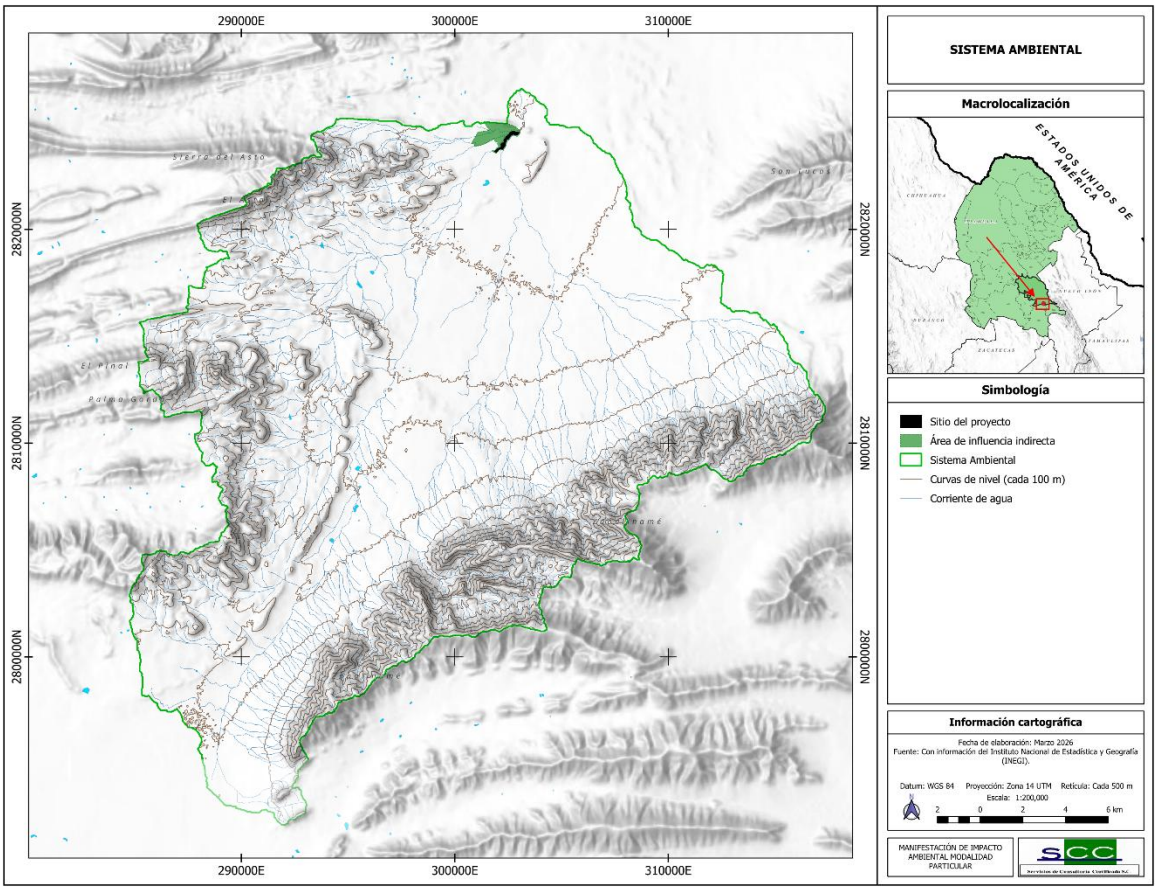


Figura III.1. Delimitación del Sistema Ambiental.

Criterios de delimitación	
Área de Influencia*	**Superficie del AI** = 102.859 ha
Mapa de representación	

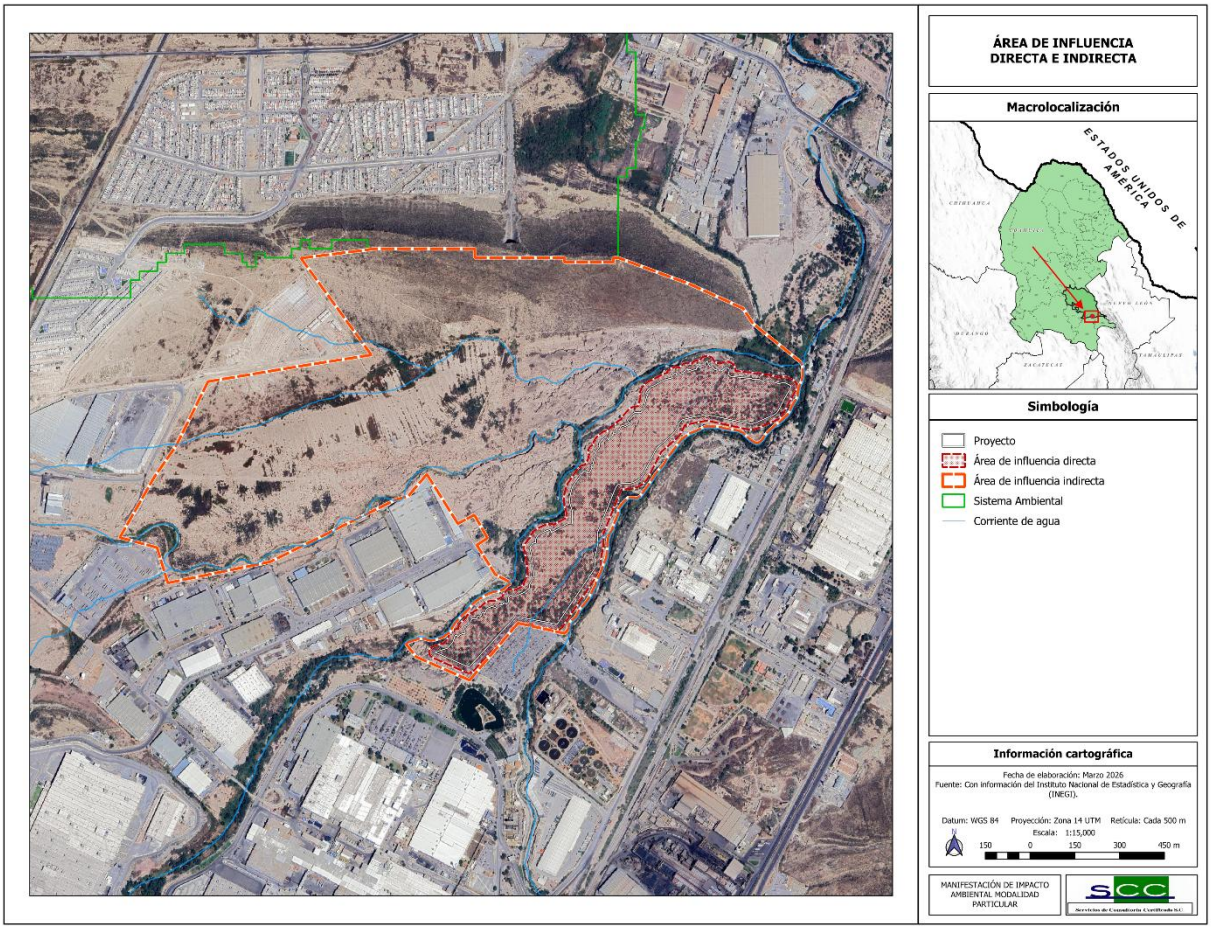


Figura III.2. Delimitación del Área de Influencia

***NOTA: Área de influencia. Superficie de distribución o amplitud que pueden llegar a tener los efectos o impactos ambientales de las obras y actividades que integran el desarrollo del proyecto.**

III.1.2. Delimitación del área de influencia

El área de estudio es muy importante para poder establecer límites que permitan describir y evaluar las condiciones en las que se encuentra el sitio donde se llevara a cabo el proyecto, con la finalidad de realizar esta delimitación se tomaron como base los datos de ubicación obtenidos en campo. La delimitación del área de estudio se basa principalmente en la ubicación geográfica del proyecto, por lo tanto, se procedió a realizar una visita de campo al sitio de interés para obtener datos de localización geográfica, así como de las características ambientales de la zona, con el fin de tener elementos necesarios para establecer criterios para la delimitación del área de estudio y finalmente la delimitación del Sistema Ambiental.

Considerando el grado de interrelación que tendrá el proyecto con las distintas variables sociales, económicas y ambientales, el área de influencia se ha subdividido en dos áreas:

directa e indirecta. Esta subdivisión permitió tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación ambiental de la zona y clasificación de los impactos ambientales.

Para la delimitación del área de influencia, se consideraron los sitios donde se prevén impactos ambientales (tanto positivos como negativos) e impactos sociales, específicamente en términos demográficos. Para el área de influencia directa (AID), se estableció un margen de 20 metros a partir del límite del proyecto, espacio donde se concentrarán las actividades principales.

El área de influencia está relacionada con el tamaño del proyecto y a las zonas de afectación directa en las cuales puede afectar la operación de este, en el desarrollo de las actividades relacionadas a los componentes social y ambiental se consideran como unidad primaria la superficie que ocupará el proyecto y las localidades directamente involucradas, siendo principalmente la localidad de Ramos Arizpe.

Por otro lado, para la delimitación del área de influencia indirecta (AII), se tomó como criterio principal la configuración de la mancha urbana y sus límites físicos, tales como vialidades y zonas de uso de suelo industrial.

La superficie delimitada para el área de influencia directa e indirecta se presenta en la Figura III.2

III.1.3. Delimitación del Sistema Ambiental

El Sistema Ambiental (SA) se define como la unidad territorial cuyos componentes bióticos y abióticos, serán afectados tanto directa como indirectamente, por las obras y actividades del proyecto, en términos del alcance máximo de los impactos ambientales significativos sobre la flora y la fauna silvestres, el agua, el suelo o la atmósfera. Su delimitación corresponde a políticas ambientales establecidas, como es el caso de los ordenamientos ecológicos territoriales o bien a delimitaciones físicas topográficas, hidrológicas o relacionadas con el uso de suelo y vegetación presentes en el sitio (SHCP, Gobierno de Yucatán, ZEE, 2016).

La importancia de definir dicha región es que, permite tener un contexto de la zona en donde se instalará un proyecto; y de esta manera se facilita la comprensión del entorno. Además de ello, mediante el uso de información documental, cartografía, trabajo de campo y diversos análisis se pueden demostrar todas las características físicas, biológicas y sociales de las inmediaciones del proyecto, lo que ayudará a conocer las posibles afectaciones que este podría presentar y a su vez, definir qué acciones tomar y dónde aplicarlas para que los impactos sean minimizados.

De esta manera, todos los diversos insumos que se empleen para acotar un sistema ambiental robustecerán la delimitación de la región donde se ubicará el proyecto, por lo que la inclusión de las unidades de paisaje como uno de los principales elementos para delimitar el sistema engloba en gran medida los componentes citados en las guías de la autoridad ambiental, ya que estas tienen origen en el tipo de suelo, de roca, de clima, de relieve y de vegetación del sitio del proyecto y sus inmediaciones. Además de esto, tomar en cuenta instrumentos jurídicos cómo leyes, reglamentos, bandos, limites administrativos o incluso limites artificiales como las carreteras ya que estas fragmentan el ecosistema, causando la pérdida de la biodiversidad (Forman R. , 1995).

La delimitación del Sistema Ambiental (SA) bajo un enfoque de cuenca hidrográfica se justifica por la necesidad de evaluar los procesos ecológicos e hidrológicos de manera integral, superando los límites físicos del proyecto. Para ello, se utilizó el Simulador de Flujos de Cuencas Hidrográficas (SIATL) del INEGI, identificando las corrientes superficiales asociadas al área de estudio. Mediante este análisis cartográfico, se rastreó la dinámica del flujo hídrico tanto aguas arriba (zonas de captación) como aguas abajo (zonas de descarga). Este criterio asegura que el SA abarque la unidad de gestión natural idónea para monitorear y mitigar cualquier efecto acumulativo o sinérgico sobre el recurso hídrico.

La superficie delimitada abarca un área de **60,494.31** ha y se presenta en la Figura III.1.

III.1.4. Caracterización y análisis del sistema ambiental

Una vez delimitado el SA se describen cada uno de los medios abióticos y bióticos que se encuentran dentro de sistema.

III.1.4.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA

La descripción del sistema ambiental permite tener un panorama objetivo de los elementos ambientales presentes en el sitio del proyecto, con la finalidad de aportar elementos para el diagnóstico y pronósticos del comportamiento ambiental por el desarrollo del proyecto considerando las tendencias ambientales de la región, por lo que en los apartados siguientes se realiza tal descripción.

permita la distinción, caracterización, integración, clasificación y representación cartográfica de los componentes bióticos y abióticos que componen un espacio geográfico determinado, así como el establecimiento de sus interacciones para conformar la unidad de análisis donde se producen los complejos mecanismos de interacción del proceso impacto-cambio-consecuencia.

En este sentido, la delimitación de la unidad de análisis propuesta en este apartado para el área donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo tiene como base el análisis e integración de los factores que caracterizan los ecosistemas, y para ello, se considera que el enfoque que mejor se adapta para la delimitación del SA es el criterio hidrológico y las vías de transporte, tomando en cuenta las características de los componentes y procesos ambientales que potencialmente pudieran interactuar con el desarrollo del proyecto para determinar en qué medida afectará la ejecución de las obras a los diferentes factores que caracterizan al SA.

El análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA donde se ubica este proyecto se describe en función de la evolución de los asentamientos humanos en las últimas décadas y el impacto que ocasionaron en su estructura y su funcionamiento, por efecto de los cambios que han experimentado sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos de mayor importancia.

Asimismo, se describen las tendencias de desarrollo y/o deterioro que registra el sistema ambiental y que han incidido de manera determinante en la calidad ambiental que se presenta actualmente en este SA. Así como, los factores ambientales antropogénicos que han afectado al área se analizaron para evaluar el estado actual de la vegetación.

Este análisis sirve de base para respaldar las recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se proponen en función de las condiciones de la vegetación y de las especies seleccionadas.

Entre los factores antropogénicos que han provocado la degradación de la vegetación en el SA, se destaca el uso habitacional y la expansión de los asentamientos humanos, los cuales se han consolidado como el principal motor de fragmentación del ecosistema. Este crecimiento demográfico ha desplazado de manera sistemática las coberturas vegetales originales para dar paso a infraestructura urbana y zonas residenciales, alterando los servicios ambientales que el sistema ambiental proporciona.

Del mismo modo, a medida que los asentamientos se extiendan, se incrementará la presión sobre los recursos forestales mediante la apertura de caminos, además este fenómeno no solo reducirá la densidad de la flora nativa, sino que también modificará el microclima local y la capacidad de infiltración del suelo. La presencia humana permanente traerá consigo una degradación progresiva derivada del efecto frontera y la acumulación de residuos.

Exceptuando asentamientos humanos y uso industrial, no se detectó alguna otra actividad antropogénica. Cabe destacar que de acuerdo con la capa de Uso de suelo y vegetación de INEGI serie VII, existen áreas con agricultura de riego anual, sin embargo, durante el trabajo en campo se observaron asentamientos humanos en dichas áreas.

La vegetación predominante en el SA, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación, serie VII del INEGI, corresponde al Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y al Matorral Desértico Micrófilo (MDM) seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino (VSa/BP), Pastizal Inducido (PI), Pastizal Natural (PN) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM).

El clima es un componente ambiental de nivel regional, mismo que está determinado por las condiciones meteorológicas a largo plazo, se considera que no será modificado por el desarrollo de proyecto. Sin embargo, a una escala puntual (micro climática) las acciones del proyecto pudieran inducir muy ligeros cambios sobre la temperatura y el contenido de humedad, situación que se podrá dar de manera específica y puntual en las áreas donde se modifiquen los factores determinantes, la vegetación y la presencia de un suelo expuesto.

En cuanto a las condiciones de la calidad del aire, se determina que la zona suroeste de Ramos Arizpe, Coahuila, presenta una atmósfera dinámica ya influenciada por la consolidación de corredores industriales y asentamientos humanos existentes. Esta preexistencia de fuentes fijas y móviles genera que la dispersión de contaminantes este condicionada por la infraestructura urbana y la actividad productiva del entorno, factores que serán determinantes para proyectar el comportamiento de las emisiones y la salud ambiental del área de influencia.

III.2. Componentes ambientales abióticos

III.2.1. Clima y fenómenos meteorológicos

III.2.1.1. Unidades climáticas

La clasificación de las unidades climáticas en México se basa en los estudios desarrollados por Enriqueta García, quien realizó una serie de adecuaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (1936), adaptándolo a las condiciones particulares del territorio nacional (UNAM, 2017). Este sistema considera variables como temperatura media anual, régimen de precipitación y porcentaje de lluvia invernal.

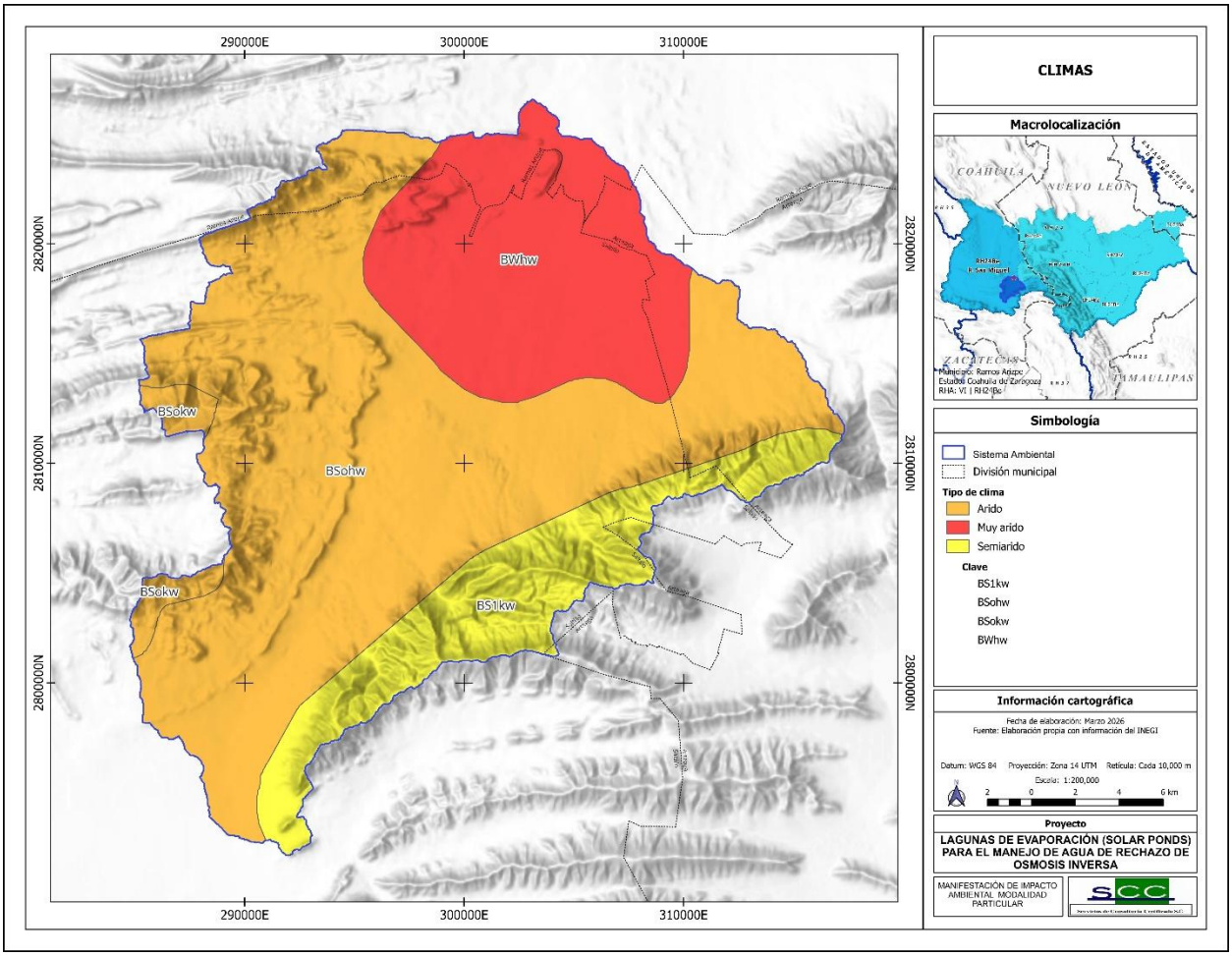


Figura III.3. Clima del Sistema Ambiental

En el **SA** del área de estudio se identifican los tipos de clima **BS1kw, BS0hw, BS0kw y BWhw**, los cuales corresponden a climas secos y muy secos con régimen de lluvias en verano.

El clima **BS1kw** se clasifica como **semiárido templado**, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal entre 5% y 10.2% del

total anual. Este tipo climático se asocia generalmente a zonas de mayor altitud relativa dentro de la cuenca.

El clima **BS0kw** corresponde a un **árido templado**, con temperatura media anual también entre 12°C y 18°C, régimen de lluvias en verano y baja precipitación anual, lo que refleja condiciones de mayor aridez respecto al BS1kw.

Por su parte, el clima **BS0hw** se clasifica como **árido semicálido**, caracterizado por temperatura media anual entre 18°C y 22°C, mes más frío menor de 18°C y mes más caliente mayor de 22°C, con lluvias concentradas en verano.

Finalmente, el clima **BWhw** corresponde a un **muy árido semicálido**, siendo el más seco de los presentes en la cuenca. Se caracteriza por muy baja precipitación anual, lluvias de verano y temperaturas medias anuales entre 18°C y 22°C.

En conjunto, la cuenca presenta un predominio de condiciones **secas a muy secas**, con lluvias concentradas en el periodo estival y marcada variabilidad interanual, lo cual influye directamente en la disponibilidad de recursos hídricos, la dinámica de escurrimientos superficiales y el tipo de vegetación predominante.

III.2.1.2. Estación climatológica

En los siguientes incisos se analizan a detalle las variables climáticas principales del tipo de clima descrito en párrafos anteriores. Para ello, se analizaron las normales climatológicas de la estación climatológica Saltillo DGE (clave 5048), porque es la estación que se encuentra más cercana del centro de gravedad del SA y cuenta con la mayor cantidad de años con información. Los datos fueron recopilados de la base de datos climatológica nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la Comisión Nacional del Agua. La información es presentada por el SMN en períodos en este caso fueron el de 1961-1990, 1971-2000 y de 1991-2020.

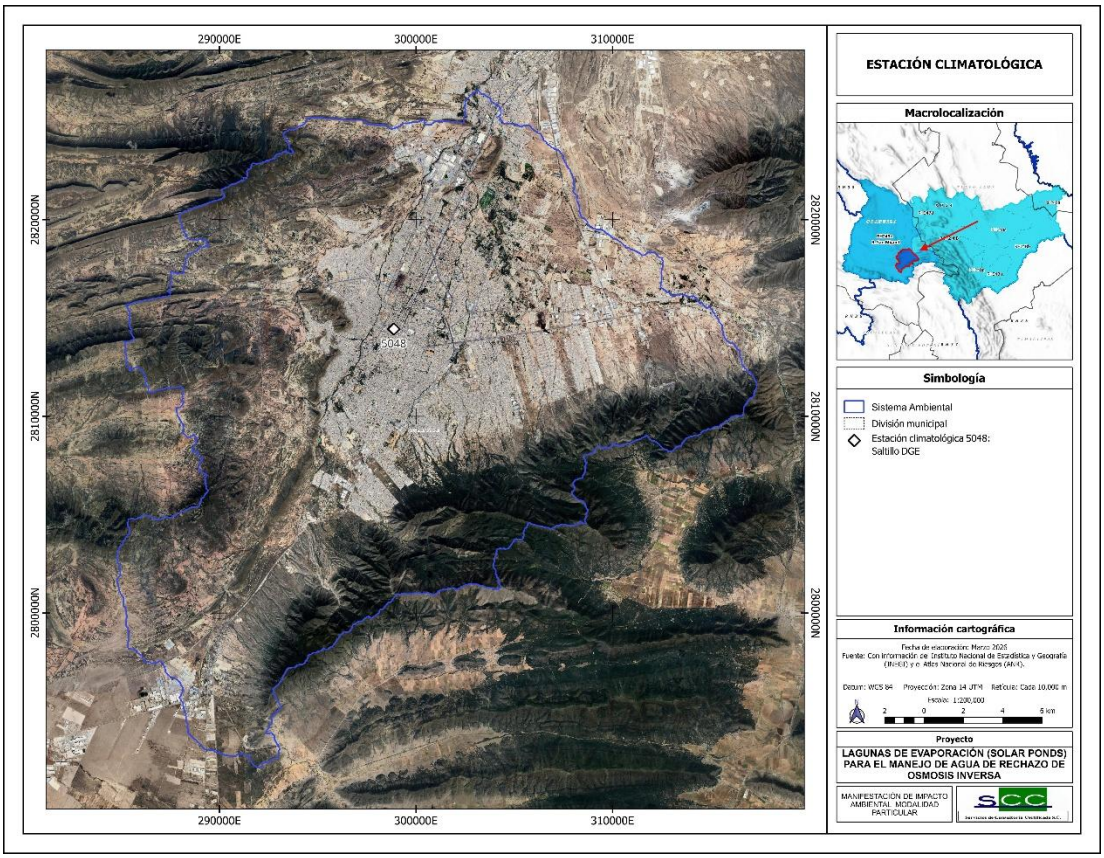


Figura III.4. Estaciones climatológicas.

III.2.1.3. Temperatura

La temperatura media anuales es de 18.4 °C variando entre 12.0 y 23 °C durante el año, con valores extremos de 41.0 y -14.5 °C para la máxima y mínima, respectivamente. En las siguientes tablas, se presentan las normales climatológicas de las temperaturas para los períodos 1961-1990, 1971-2000 y 1991-2020 con series de datos de 30 años.

Tabla III.2. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1961-1990.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	19.0	20.7	24.6	28.0	29.9	30.2	29.7	29.3	26.8	24.9	22.4	20.0	**25.5**
Máxima mensual	23.6	25.2	27.8	33.0	33.4	34.8	34.9	33.2	29.3	28.9	26.1	24.8	
Año de máxima	1982	1962	1982	1970	1968	1969	1969	1970	1969	1968	1967	1967	
Máxima diaria	31.0	33.0	36.5	39.0	40.0	40.5	38.0	37.0	37.5	39.0	32.5	31.0	
Fecha máx. Diaria	22/19 73	20/19 86	31/19 68	23/19 70	27/19 68	13/19 70	16/19 69	Dic-68	May-70	14/19 74	28/19 64	13/19 78	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.3. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1961-1990.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	4.0	5.2	8.7	12.3	14.8	15.8	16.1	15.7	14.1	11.0	7.6	5.5	**10.9**
Mínima mensual	0.4	2.8	5.6	8.8	11.9	12.8	13.5	14.2	10.8	6.9	4.7	1.7	
Año de máxima	1985	1964	1989	1987	1988	1988	1989	1961	1989	1989	1976	1989	
Mínima diaria	-14.5	-5.5	-6.0	0.0	5.0	9.0	10.0	8.0	2.5	1.0	-5.0	-11.0	
Fecha mín. Diaria	Dic-62	Sep-73	Abr-65	Sep-73	May-90	26/19 66	Jun-76	29/19 88	28/19 89	31/19 67	29/19 76	24/19 83	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.4. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1971-2000.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	19.8	21.3	24.8	27.3	29.8	29.9	29.3	28.8	26.6	24.8	22.7	20.2	**25.4**
Máxima mensual	24.0	25.4	28.1	30.4	32.7	32.5	32.5	31.4	29.7	27.9	26.0	24.6	
Año de máxima	2000	2000	2000	1972	1998	1980	2000	1999	2000	1979	1994	1993	
Máxima diaria	31.0	33.0	35.5	37.5	40.0	38.0	37.0	36.0	36.0	39.0	33.0	31.0	
Fecha máx. Diaria	22/19 73	20/19 86	28/19 71	26/19 71	Feb-83	23/19 80	Ago-78	Oct-99	Abr-00	14/19 74	13/20 00	13/19 78	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.5. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1971-2000.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	4.5	5.7	8.9	11.9	15.1	16.1	16.4	15.8	14	11.1	7.8	5.6	**11.1**
Mínima mensual	0.4	3.5	5.6	8.8	11.9	12.8	13.5	14.1	10.8	6.9	4.7	1.7	
Año de máxima	1985	1982	1989	1987	1988	1988	1989	2000	1989	1989	1976	1989	
Mínima diaria	-9.0	-5.5	-5.0	0.0	5.0	6.5	8.0	8.0	2.5	-3.0	-5.0	-11.0	
Fecha mín. Diaria	22/19 85	Sep-73	Feb-80	Sep-73	May-90	Oct-91	18/19 99	29/19 88	28/19 89	Oct-00	29/19 76	24/19 83	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.6. Normales climatológicas de la temperatura máxima para el periodo 1991-2020.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	20.0	22.4	24.8	28.0	30.0	30.1	29.4	29.1	26.3	25.3	22.7	20.4	**25.7**
Máxima mensual	24.0	25.4	29.7	33.7	33.5	33.0	32.5	31.4	29.9	27.2	26.0	24.6	
Año de máxima	2000	2000	2011	2011	2011	2010	2000	1999	2011	2012	1994	1993	
Máxima diaria	31.5	35.0	37.0	38.0	41.0	38.0	39.0	36.0	36.0	36.0	33.0	31.0	
Fecha máx. Diaria	Sep-09	17/20 11	26/20 20	29/20 11	31/20 12	19/20 10	16/20 11	Oct-99	Abr-00	Jun-09	13/20 00	Ago-99	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	

Tabla III.7. Normales climatológicas de la temperatura mínima para el periodo 1991-2020.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	4.8	6.7	9.3	12.5	15.3	16.6	16.9	16.3	14.2	11.6	8.3	5.9	**11**.5
Mínima mensual	2.0	3.5	5.9	9.1	12.2	14.8	14.4	14.1	11.6	9.8	4.8	3.6	
Año de máxima	2016	2002	2008	1992	1992	1991	2008	2000	2008	1999	1991	1999	
Mínima diaria	-7.0	-13.0	-4.2	0.0	1.0	0.0	7.0	9.0	1.3	-3.0	-5.0	-10.0	
Fecha mín. Diaria	Mar-08	Abr-11	Ago-08	28/20 17	20/20 20	27/20 19	26/20 10	29/20 03	24/20 07	Oct-00	14/20 18	13/19 97	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	

En la siguiente tabla se presentan los valores medios, promediando los valores de los tres períodos analizados.

Tabla III.8. Valores de la temperatura media de los diferentes periodos analizados.

Mes	1961-1990	1971-2000	1991-2000	Promedio
Ene	11.5	12.2	12.4	**12.0**
Feb	13.0	13.5	14.5	**13.7**
Mar	16.7	16.9	17.1	**16.9**
Abr	20.2	19.6	20.3	**20.0**
May	22.3	22.4	22.7	**22.5**
Jun	23.0	23.0	23.4	**23.1**
Jul	22.9	22.9	23.1	**23.0**
Ago	22.5	22.3	22.7	**22.5**
Sep	20.4	20.3	20.3	**20.3**
Oct	17.9	17.9	18.5	**18.1**
Nov	15.0	15.3	15.5	**15.3**
Dic	12.7	12.9	13.1	**12.9**
Promedio	**18.2**	**18.3**	**18.6**	**18.4**

Los resultados de la tabla anterior muestran poca variación tanto a nivel mensual como anual, tal y como se logra apreciar de manera gráfica en la siguiente figura.

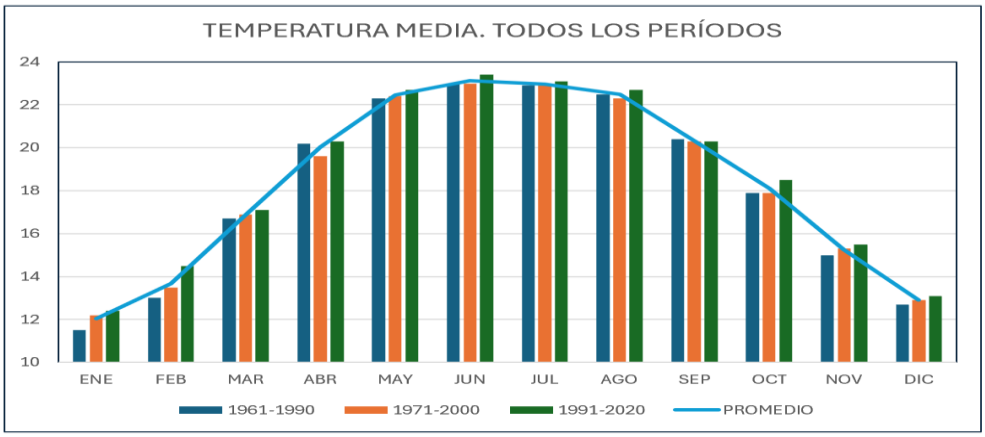


Figura III.5. Comparativo de la temperatura media de todos los periodos analizados.

En la **Figura III.5.** se muestra la comparación de los valores de la temperatura media entre los periodos analizados. A continuación, se presentan de manera gráfica las temperaturas mínimas y máximas por cada periodo analizado.

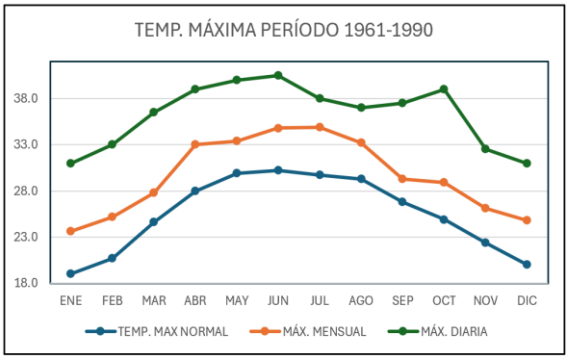


Figura III.6. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1961-1990.

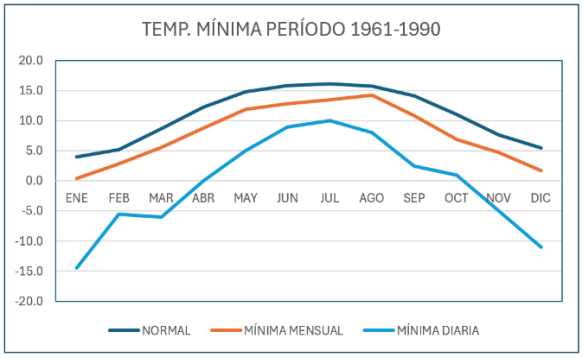


Figura III.7. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1961-1990.

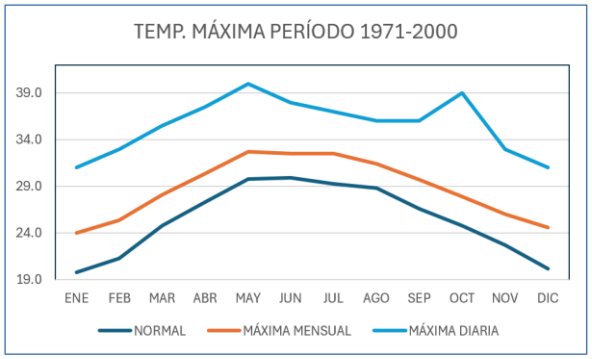


Figura III.8. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1971-2000.

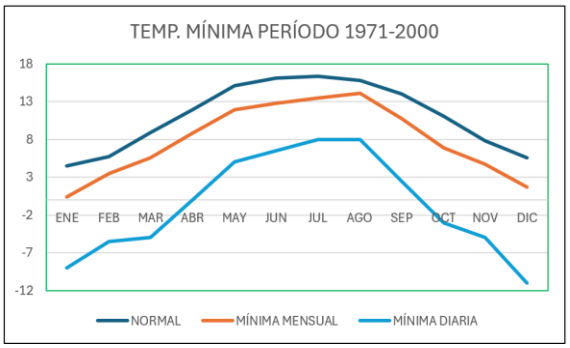


Figura III.9. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1971-1990.

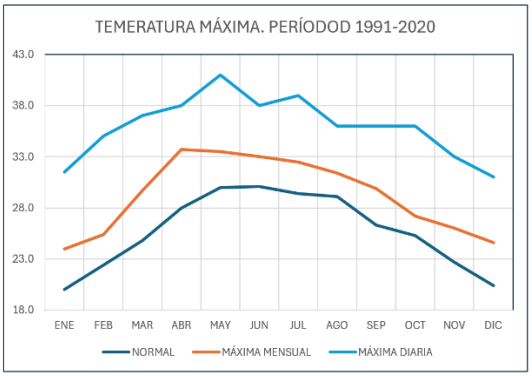


Figura III.10. Gráfica de la Temperatura máxima normal, mensual y diaria. Período 1991-2020.

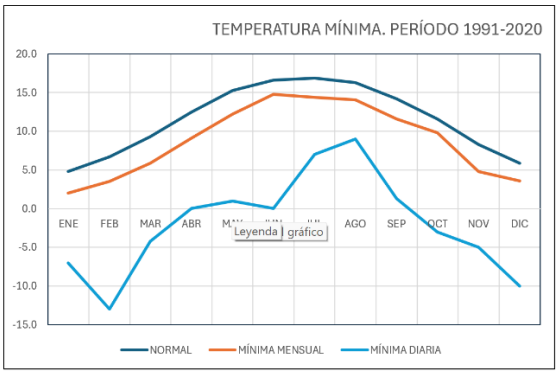


Figura III.11. Gráfica de la Temperatura mínima normal, mensual y diaria. Período 1991-2020.

III.2.1.4. Precipitación

Basados en el análisis de las normales climatológicas calculadas por el SMN de la CONAGUA de la estación Saltillo DGE (5048) para tres períodos de tiempo, la precipitación media anual es de 355.3 mm. Si bien este promedio de la lluvia es más o menos similar entre los períodos analizados, se observa una tendencia a la baja (14%) entre el primer y el último período; cabe aclarar, que tendría que contar con una serie de datos más larga para determinar si esto es una tendencia. La lluvia máxima mensual registrada es de 220.0 mm y ocurrió en el mes de septiembre de 1967; la lluvia máxima diaria fue de 160.0 mm. Fue registrada en septiembre de 1988.

Tabla III.9. Valores promedio de la precipitación media anual calculado en las normales climatológicas.

Mes	1961-1990	1971-2000	1991-2020	Promedio
Ene	18.2	16.2	13.6	**16.0**
Feb	11.5	9.7	9.6	**10.3**
Mar	6.1	6.9	11.5	**8.2**
Abr	16.9	16.4	12.9	**15.4**
May	35.2	33.8	29.2	**32.7**
Jun	46.8	40.6	40.5	**42.6**
Jul	61.2	58.2	62.5	**60.6**
Ago	61.4	58.5	41.5	**53.8**
Sep	67.8	57.7	63.3	**62.9**
Oct	28.3	29.1	25.8	**27.7**
Nov	12.8	12.4	9.2	**11.5**
Dic	16.4	14.9	9.3	**13.5**
Anual	**382.6**	**354.4**	**328.9**	**355.3**

En la figura siguiente, se representa el comportamiento de la precipitación normal media anual de los tras períodos analizados y el promedio general.

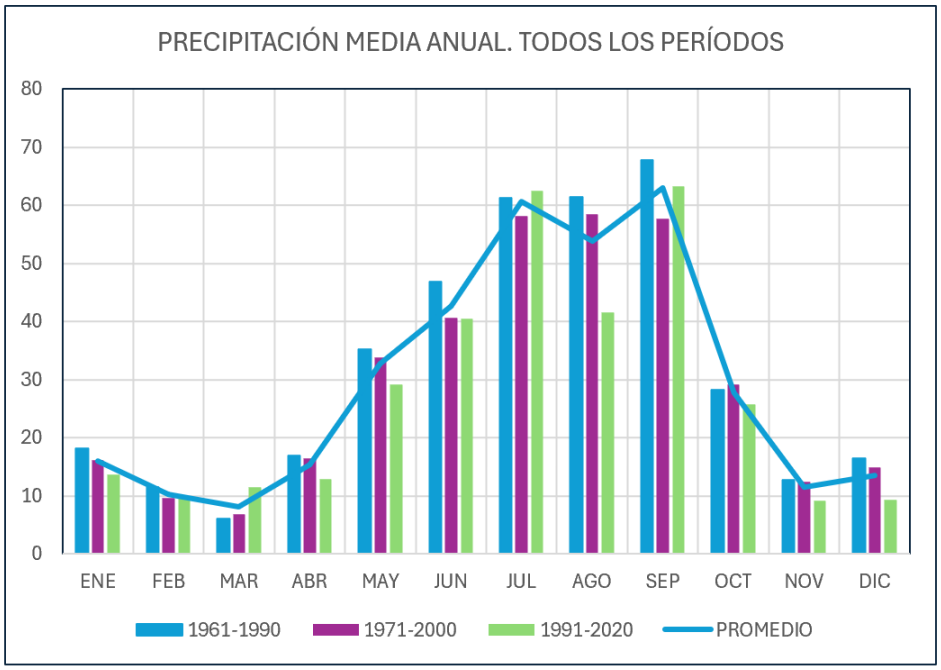


Figura III.12. Precipitación media anual de todos los periodos.

Tabla III.10. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1961-1990.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	18.2	11.5	6.1	16.9	35.2	46.8	61.2	61.4	67.8	28.3	12.8	16.4	**382**.6
Máxima mensual	75.4	40.0	42.0	63.0	90.5	111.5	146.3	153.0	220.1	96.1	89.1	60.5	
Año de máxima	1981	1987	1967	1981	1983	1971	1988	1971	1967	1986	1976	1989	
Máxima diaria	28.0	35.0	21.0	28.5	40.0	63.0	43.0	68.0	160.0	44.5	42.0	29.5	
Fecha máxima diaria	Ago-67	25/87	16/74	28/86	Feb-81	18/61	26/71	Nov-66	16/88	Ago-82	16/76	Feb-89	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.11. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1971-2000.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	16.2	9.7	6.9	16.4	33.8	40.6	58.2	58.5	57.7	29.1	12.4	14.9	**354**.4
Máxima mensual	110.2	40.0	68.5	63.0	90.5	111.5	146.3	153.0	185.6	96.1	89.1	60.5	
Año de máxima	1992	1987	1997	1981	1983	1971	1988	1971	1988	1986	1976	1989	
Máxima diaria	26.0	35.0	27.5	28.5	40.0	33.5	45.0	46.5	160.0	44.5	42.0	29.5	
Fecha máxima diaria	Ago-92	25/87	Oct-97	28/86	Feb-81	17/76	19/91	26/74	16/88	Ago-82	16/76	Feb-89	
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.12. Normales climatológicas de la precipitación. Perido 1991-2020.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	13.6	9.6	11.5	12.9	29.2	40.5	62.5	41.5	63.3	25.8	9.2	9.3	**328.9**
Máxima mensual	110.2	42.3	68.5	132.6	113.6	106.1	185.4	149.6	146.8	102.3	64	39.3	
Año de máxima	1992	2005	1997	2010	2015	1993	2005	2008	2010	2003	2014	1991	
Máxima diaria	42.3	24.6	27.5	116.8	39.0	48.6	98.5	59.5	82.5	34.0	31.0	25.0	
Fecha máxima diaria	Ene-20	Jul-03	Oct-97	Dic-10	Dic-94	26/08	20/05	16/03	Abr-19	29/04	Jun-14	27/14	

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Años con datos	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	

En las figuras III-13 a III-15, se grafican los registros de las citadas lluvias versus las las lluvias máximas mensuales y máximas diarias.

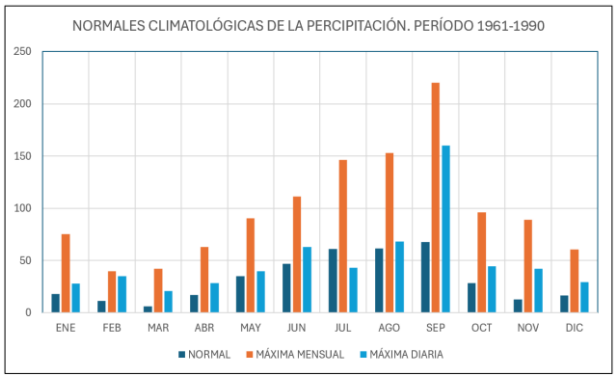


Figura III.13. Normales climatológicas de la precipitación. 1961-1990.

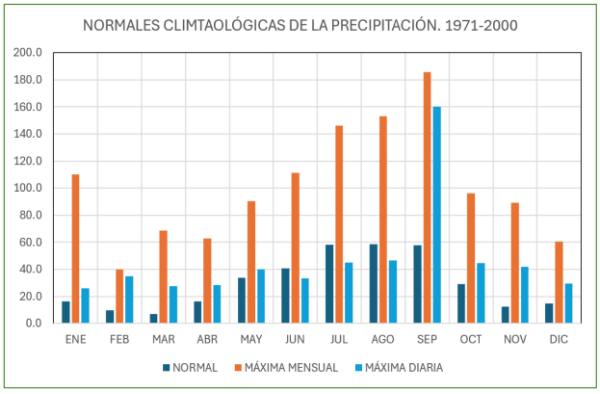


Figura III.14. Normales climatológicas de la precipitación. 1971-2000.

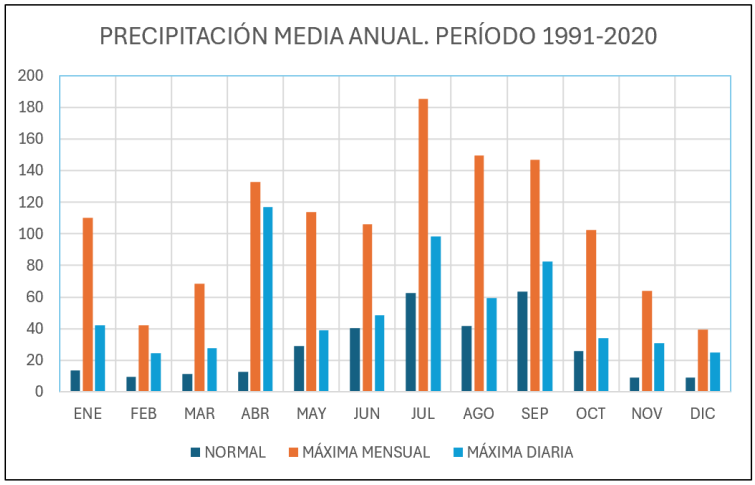


Figura III.15. Normales climatológicas de la precipitación. 1991-2020.

Un dato relevante de las normales climatológicas es el número de días con lluvia, variando de 73 a 81 días por año. El número máximo mensual es de 11 y ocurrió en los meses de julio y agosto en el período de observación de 30 años.

Tabla III.13. Normales climatológicas del número de días con lluvia. Periodo 1961 – 1990.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	4.8	3.6	2.5	4.3	7.1	8.0	9.4	10.0	9.5	5.9	4.2	4.1	**73.4**
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.14. Normales climatológicas del número de días con lluvia. Periodo 1971 – 2000.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	5.2	3.6	3.2	4.4	8	8.8	10.9	11	9.7	7	5	4.5	**81.3**
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

A manera de comparación, se analizaron el número de días con lluvia para diferentes regiones del país para contrastar el caso del SA, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla III.15. Comparativo de número de días con lluvia de las diferentes regiones del país respecto a las condiciones analizadas en el SA.

Región	Días de lluvia/año	Característica
Sureste (Chiapas, Tabasco, Veracruz)	140–180	Tropical húmedo
Centro (CDMX, Puebla)	80–120	Templado subhúmedo
Norte árido	20–50	Desértico / semiárido
Noroeste extremo	10–20	Desierto

El SA tiene una temporada lluviosa moderada con mayor número de días de lluvia entre mayo y septiembre, destacando septiembre como el mes más húmedo. Comparado con regiones tropicales del país, presenta menor cantidad de días con lluvia al mes. Frente a zonas áridas del norte, el SA tiene más días con lluvia anuales, aunque sigue teniendo una marcada estación seca.

De esta manera, la probabilidad de lluvia diaria en el SA (estimación anual) según análisis climatológicos históricos:

- La probabilidad máxima de que un día tenga lluvia ocurre a principios de septiembre, alcanzando cerca de 33 % (aproximadamente 1 de cada 3 días) en ese punto de la temporada húmeda.
- Durante los meses con mayor lluvia, la probabilidad de lluvia diaria puede ser ≥ 30 %.
- En los meses secos (por ejemplo, finales de invierno/diciembre), esa probabilidad puede bajar a alrededor de 3–5 % o incluso menor en algunos días.

III.2.1.5. Evapotranspiración

La evaporación media anual de acuerdo con las normales climatológicas es de 2,128.0 mm. Los valores mensuales más altos ocurren durante los meses de mayo a julio, presentándose valores de hasta 238.0 mm. Tal y como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla III.16. Normales climatológicas de la evaporación media anual en el SA. Periodo 1961 – 1990.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	118.2	135.5	207	222.8	228.1	226.1	213.9	193.7	151.7	139.4	129.7	121.2	**2087.3**
Años con datos	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Tabla III.17. Normales climatológicas de la evaporación media anual en el SA. Periodo 1971 – 2000.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	122.8	139.3	207.3	219.1	238.7	238.2	225.4	207.4	160.5	150.7	135.5	123.8	**2168.7**
Años con datos	28	29	29	29	28	28	28	27	27	29	29	27	

En el presente documento, no se presentan las normales climatológicas para la evaporación del período 1991-2020, ya que, para el momento en el que se hace la elaboración del estudio la información no se encuentra disponible.

Se destaca que la evaporación anual es consistente con el tipo de clima semiárido templado-frío (BSk), la altitud media (~1,600 msnm), alta radicación solar, humedad relativa baja y evaporación típica del norte de México: 1,800 a 2,400 mm/año.

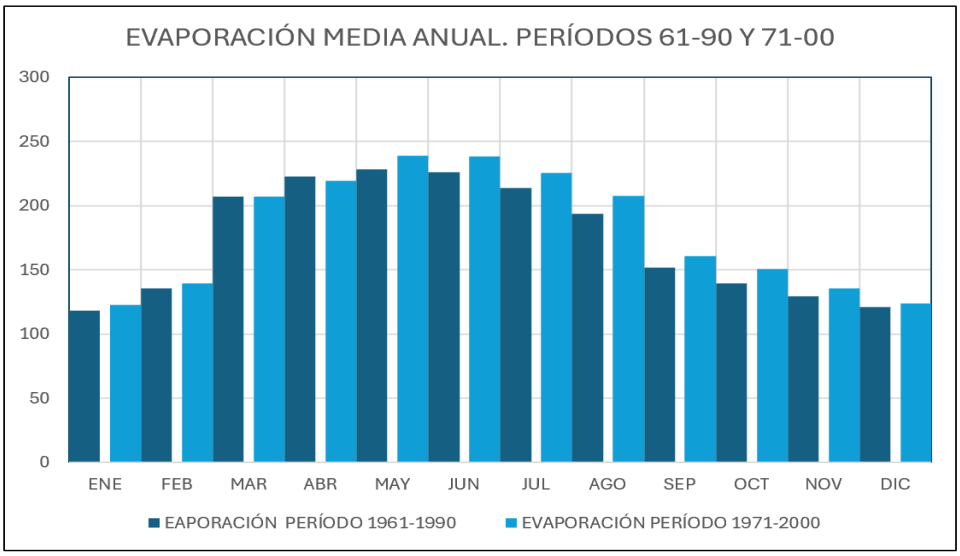


Figura III.16. Normales climatológicas de la evaporación anual. Periodos 1961–1990 y 1971-2000.

III.2.1.6. Viento

Los datos obtenidos para esta fase de estudio pertenecen a la estación meteorológica denominada Saltillo. Estos datos se encuentran en formato synop, conteniendo un rango de tiempo de registro que abarca desde el año 2005 hasta agosto de 2014 y aunque los parámetros utilizados para esta sección son la dirección y la velocidad del viento también reporta otro tipo de datos como lo son el porcentaje de humedad relativa y la temperatura del aire, nubosidad, precipitación, temperaturas máximas y mínimas entre otros.

En la siguiente figura, se muestra la velocidad máxima por mes, registrada en 24 horas. Registrada por la estación Saltillo, para el periodo comprendido entre agosto de 2013 y agosto 2014.

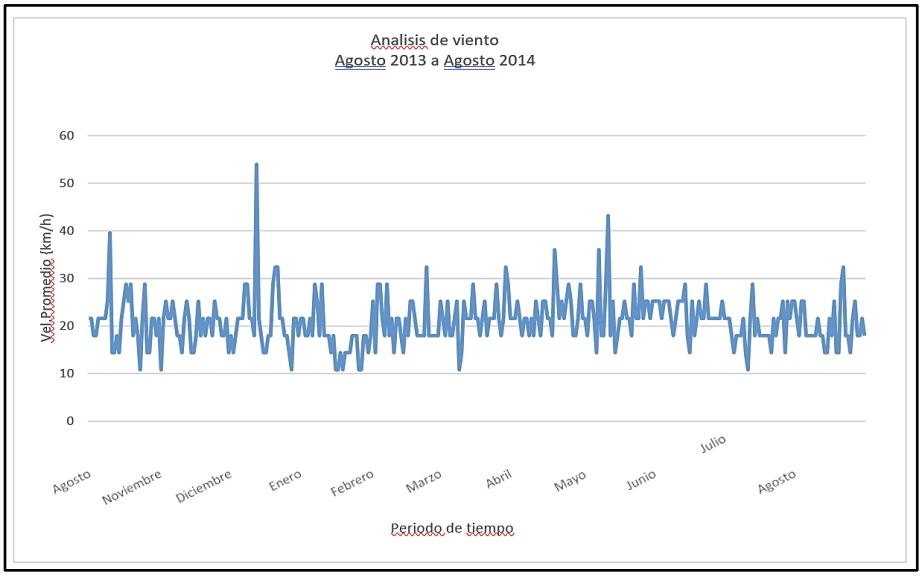


Figura III.17. Datos de velocidad máxima por día, registradas en la estación Saltillo.

El promedio total de velocidad diaria es de 12.74 km/h donde el valor más alto registrado es de 352.8 km/h y fue tomado el 1° de febrero de 2007, solo el 0.07% de los datos de velocidad diaria superan los 100 km/h. El porcentaje del total de días de calma contemplando todos los datos registrados es de 3.24%.

Del mismo modo, a continuación, se muestran las rosas de vientos para diferentes periodos estacionales de viento para el periodo de invierno (diciembre a febrero); primavera (marzo a mayo); verano (junio a agosto) y otoño (septiembre a noviembre). El registro fue obtenido por la estación en el periodo de enero 2005 a agosto de 2014.

Estas rosas de vientos muestran la cantidad de ocurrencia de velocidad promedio diaria del viento, tomando en cuenta diferentes rangos (0 a 5 ,6 a 15, 16 a 25, 26 a 40 y arriba de 41 km/h) en cada una de las direcciones principales (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, N). Al centro se muestra el porcentaje de días en los que se registró viento en calma.

Se observa en los datos resultantes una predominancia en la dirección Sur y Sureste para los periodos de invierno y primavera, así como un incremento en la frecuencia de la dirección noreste para los periodos verano y otoño, la mayor parte de las velocidades registradas se encuentran en el rango de 6 a 15 km/h.

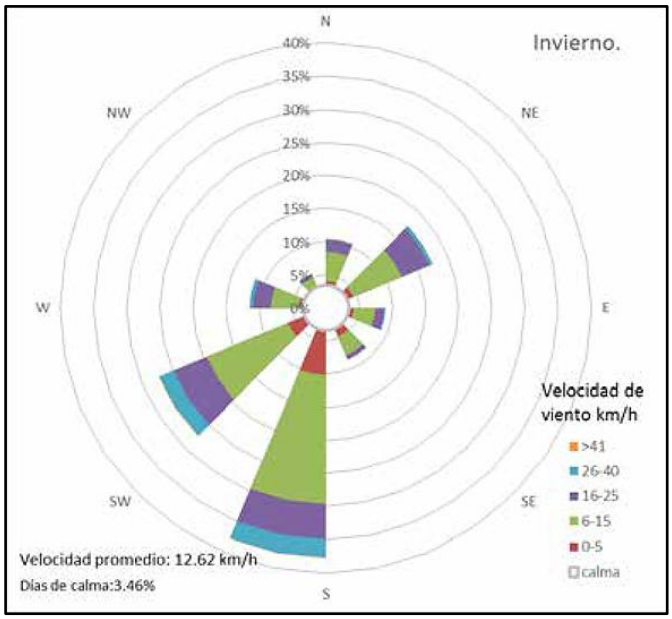


Figura III.18. Rosa de los vientos para el periodo invernal, estación Saltillo.

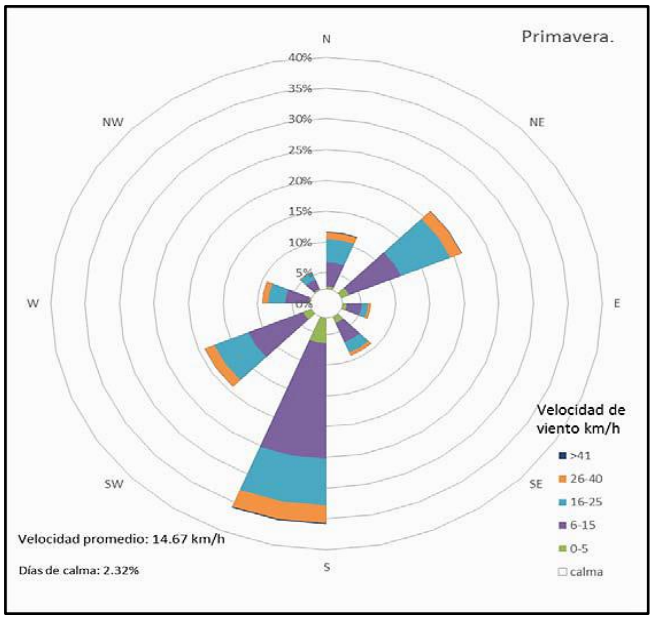


Figura III.19. Rosa de los vientos para el periodo de primavera, estación Saltillo.

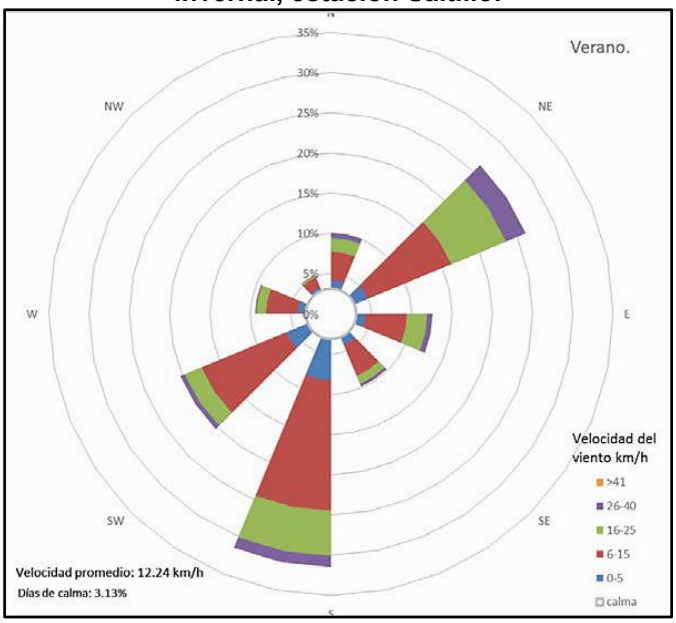


Figura III.20. Rosa de los vientos para el periodo de verano, estación Saltillo.

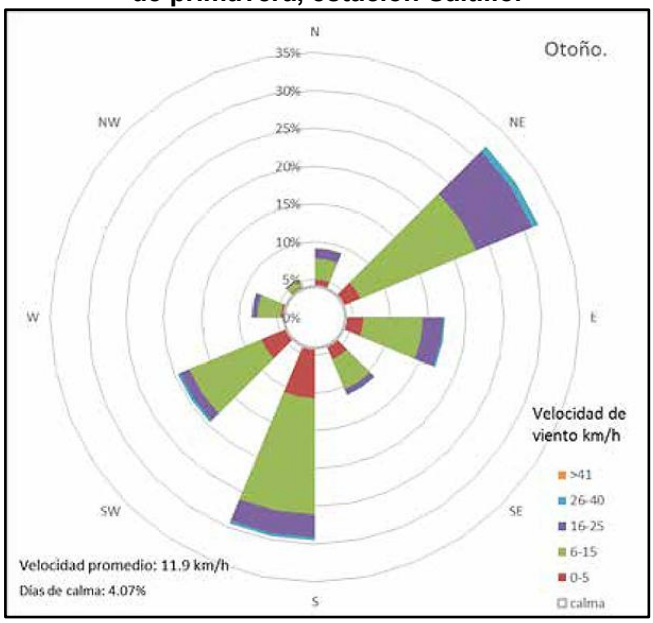


Figura III.21. Rosa de los vientos para el periodo de otoño, estación Saltillo.

III.2.1.7. Tormentas de polvo

Las tormentas de polvo, también conocidas como tolvaneras, son un evento meteorológico provocado por diferentes factores tales como vientos fuertes y sequía, que en conjunto con el tipo de suelo genera un levantamiento del polvo más fino. Este tipo de fenómenos pueden causar daños en infraestructura provocando caída de espectaculares, árboles, luminarias y daños derivados de accidentes viales al reducirse la visibilidad por la presencia del polvo.

El estado de Coahuila es frecuentemente afectado por las tolvaneras, municipios como Piedras Negras y Torreón son repetidamente citados en los periódicos debido al gran número de tolvaneras que se registran en la zona y Saltillo no es la excepción. Los eventos conocidos como tolvaneras, en las que el polvo más fino se levanta, reduciendo la visibilidad y poniendo en riesgo a los automovilistas. Debido a la falta de información puntual o estaciones que midan directamente el fenómeno, se realizó una investigación bibliográfica derivada de noticias de periódicos, tomando en cuenta que no todas las tolvaneras son registradas, solo aquellas en las que se ha ocasionado algún percance.

III.2.1.8. Fenómenos meteorológicos

III.2.1.8.1. Ciclones tropicales

De acuerdo con la información obtenida de INEGI y el Altas Nacional de Riesgos, en el SA se presenta un riesgo por ciclones tropicales catalogado como muy bajo. A continuación, se muestra la figura en la que se aprecia dicha información.

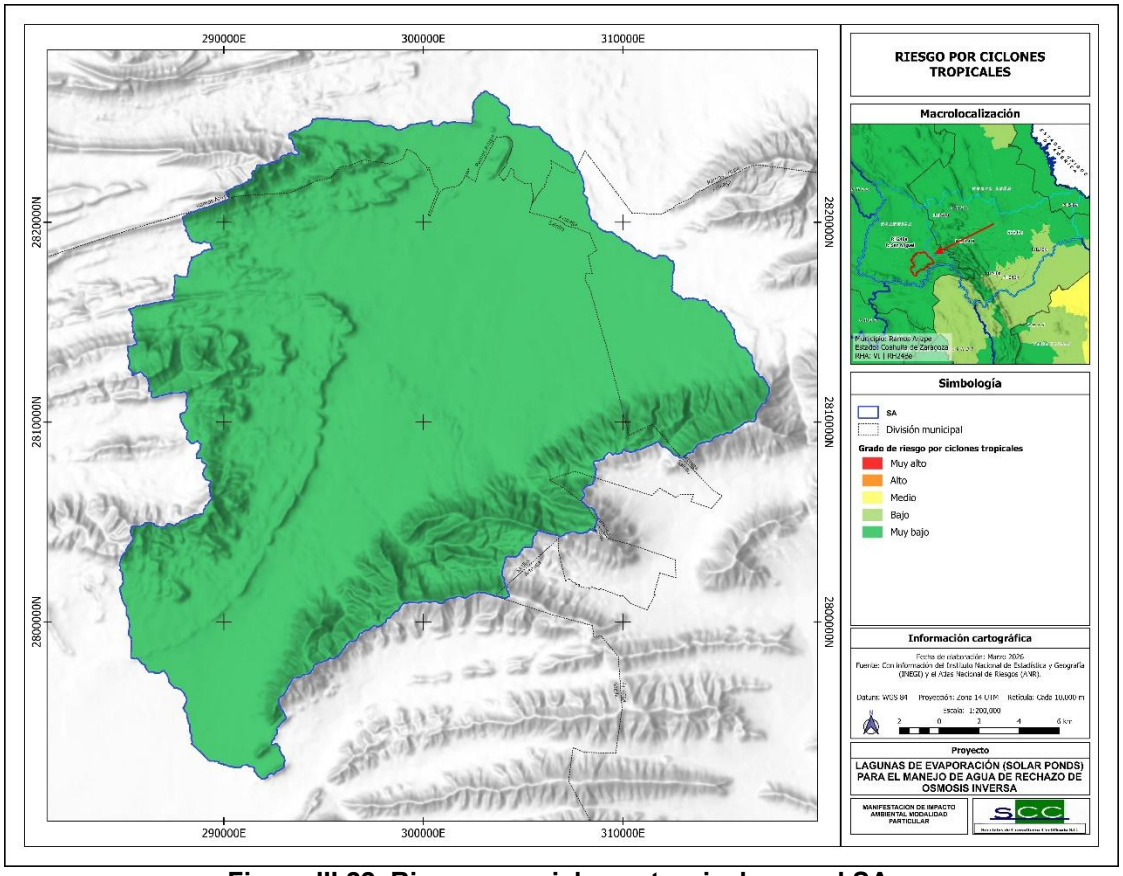


Figura III.22. Riesgo por ciclones tropicales en el SA.

A nivel estatal y de acuerdo con el reporte de Jiménez Espinoza, et. al (2012) elaborado para el Sistema Nacional de Protección Civil del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el estado de Coahuila es uno de los 6 estados de la República con menor grado de riesgo, se cataloga con un 88% en riesgo muy bajo y 12% en riesgo bajo. En la Figura III.23, se presenta el porcentaje de riesgo por ciclones a nivel estatal de acuerdo con este autor.

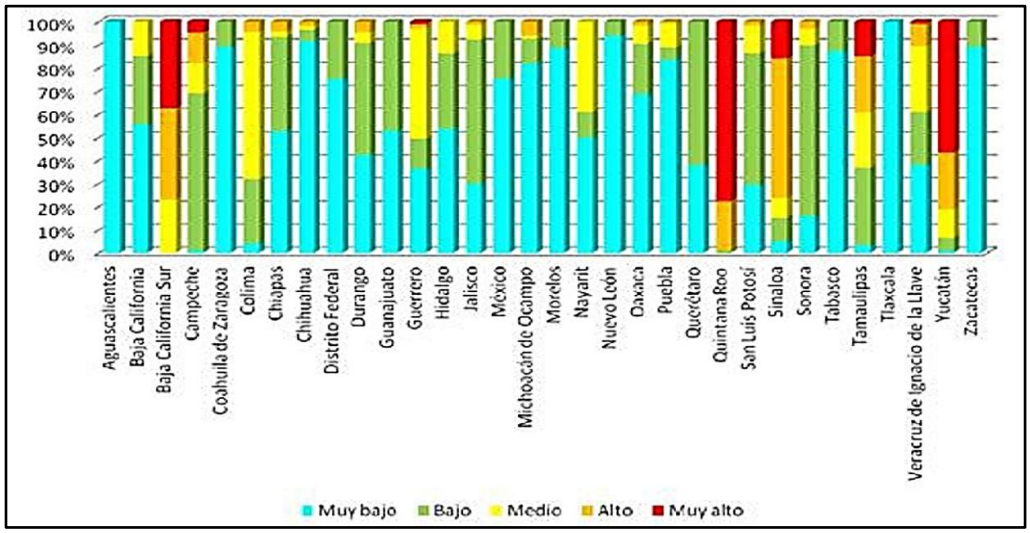


Figura III.23. Porcentaje de riesgo por ciclones a nivel estatal (Jiménez Espinoza, et. al, 2012).

Las estadísticas se obtuvieron como resultado del análisis geográfico de las trayectorias de los huracanes. Sin embargo, el reporte remarca que el riesgo fue calculado para demostrar que estados serían los afectados a riesgos causados por los efectos directos de los ciclones, tales como viento, oleaje, marea de tormenta y lluvia, con lo cual se puede esperar el resultado del mapa siguiente, en el que los estados costeros resultan los más vulnerables.



Figura III.24. Grado de riesgo municipal por ciclones tropicales (Jiménez Espinoza, et. al, 2012).

Sin embargo, los mapas anteriores no demuestran el peligro que se generarían en las ciudades o estados como consecuencia de las lluvias y vientos que vienen con el huracán, es decir los efectos indirectos, como son los desplazamientos, inundaciones, flujos de escombros, avenidas repentinas, anegamiento, etcétera, los cuales son característicos del noreste de México por su cercanía con áreas montañosas se encuentran en riesgo por el desprendimiento de rocas por acumulación de agua.

En el caso del SA, la incidencia de huracanes es baja, de acuerdo con el registro de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) los eventos de tormentas tropicales que han tenido un impacto sobre el municipio son el Huracán Gilberto (1988) y Emily (2005), los cuales cruzaron por el territorio municipal, sin embargo dentro de un buffer de 150 kilómetros existen otras tormentas como Two, Barry, Erika, Bert y Ella que durante el periodo histórico han influido en la meteorología del municipio y algunas tormentas que incluso fuera de este rango han impactado por la intensidad de lluvias que dispersan en el territorio con su llegada, como el Huracán Alex, el cual incluso encontrando su trayectoria a 250 km.

Tabla III.18. Tormentas tropicales que ingresaron al territorio y afectaron al municipio de Saltillo.

Nombre	Año	Vientos Máximos Km/hr	Presión Máxima hPa	Categoría	Estimación Daños en México	Fallecimientos Directos
Beulah	1967	260	923	5	1,000 mill	58
Ella	1970	35-40	1003	-	-	-
Two	1970	2010	-	-	-	-
Barry	1983	130	985	-	-	0
Gilbert	1988	295	988	-	10,000 mill	341
Beryl	2000	30-35	1010	-	-	-
Fay	2002	10	1008	-	-	-
Erika	2003	120	986	5	-	-
Emily	2005	260	929	3	1,000 mill	6
Alex	2010	175	946	2	1,985 trillón	34

Huracán Beulah: Fue considerado el huracán más fuerte de la Temporada de huracanes en el Atlántico de 1967. Se fue debilitó antes de llegar a Texas, donde desperdigó alrededor de 115 tornados. Provocó daños por inundaciones en toda la región noreste de México y sureste de Texas, los cuales ascendieron en la zona a mil millones de dólares y provocó 58 decesos directos.

Huracán Gilberto: En tan solo 3 días Gilberto fue sin duda un evento que destrozó el noreste de México, presentando hasta 250 km/h y la categoría 5 de Saffir-Simpson cuando entrara al territorio nacional. Aunque para cuando llegó a Saltillo se encontraba “debilitado”, el viento y las torrenciales lluvias dejaron 8 muertos y daños económicos estimados en 3 mil millones de dólares (Rodolfo Gutiérrez, 2013 del Zócalo de Saltillo)

Huracán Alex: Este evento es uno de los más recientes y el último que causó daños en 26 colonias, especialmente en 17 arroyos en los que el agua alcanzó niveles hasta de 4m. Alex dejó daños valuados en más de 100 millones de acuerdo con el gobierno estatal.

III.2.1.8.2. Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, torrentes o ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, huracanes, entre otros.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura. En las zonas costeras los embates del mar han servido para modelar las costas y crear zonas pantanosas

como albuferas y lagunas que, tras su ocupación antrópica, se han convertido en zonas vulnerables.

En la siguiente figura se presenta el índice de vulnerabilidad por inundaciones y se observa que el SA se ubica en riesgo bajo y muy bajo.

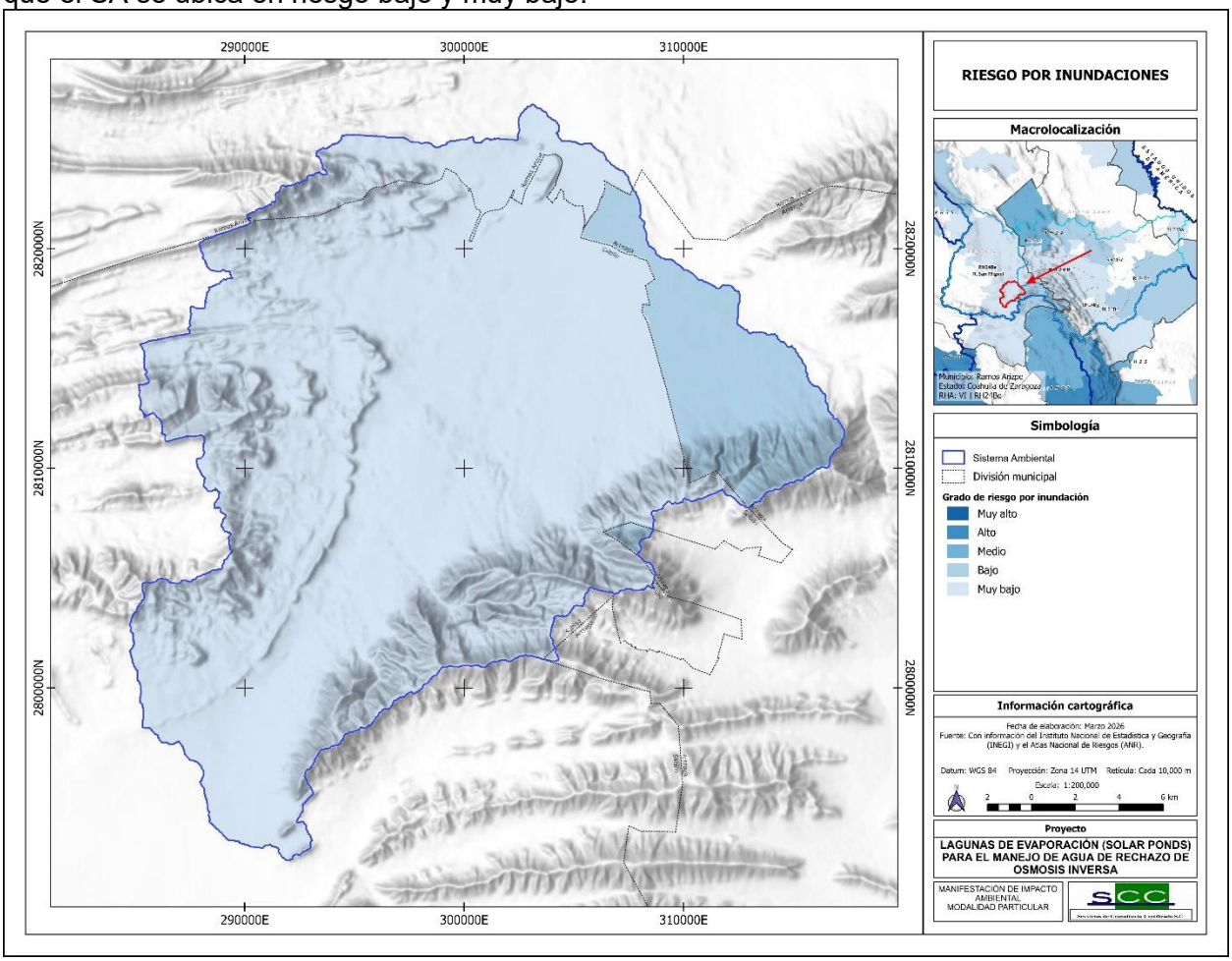


Figura III.25. Riesgo por inundaciones en el SA.

III.2.1.8.3. Sequía

Las sequia se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico (IMTA, 2012).
Son fenómenos regionales que afectan a la totalidad del territorio, por lo que el indicador de riesgo es la presencia de asentamientos humanos, así como en las actividades agropecuarias realizadas en el territorio municipal. La causa principal de toda sequía es la falta de lluvias o precipitaciones, este fenómeno se denomina sequía meteorológica y si perdura, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua.

De acuerdo con la información obtenida de INEGI y el Altas Nacional de Riesgos, en el SA se presenta un riesgo por sequías catalogado como bajo y muy bajo. A continuación, se muestra la figura en la que se aprecia dicha información.

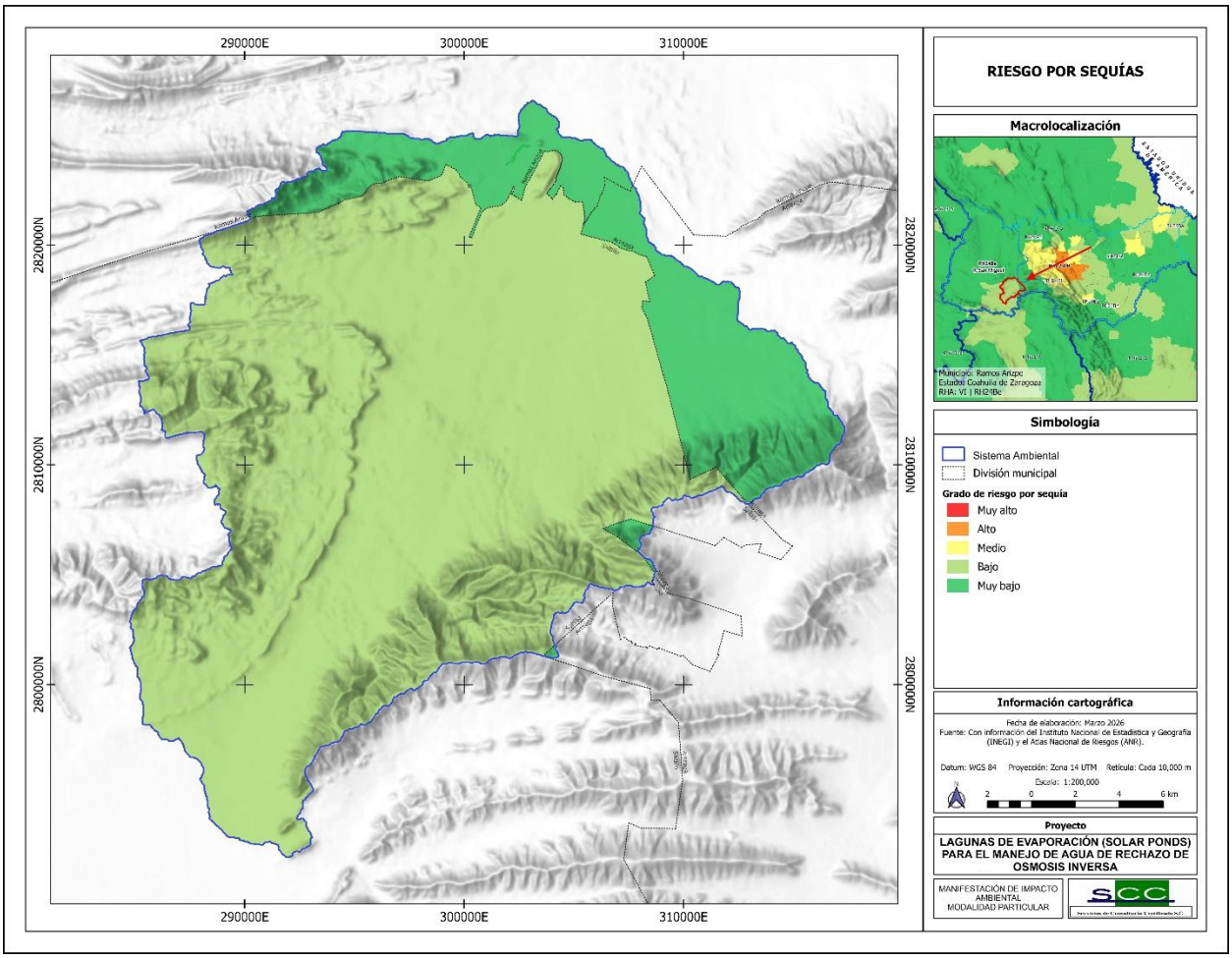


Figura III.26. Riesgo por sequía en el SA.

III.2.1.8.4. Tornados

Los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad, generando un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. Dando como resultado una perturbación atmosférica en forma de vórtice, en la base de una nube de tipo cumuliforme que son nubes planas y de apariencia muy densa (CENAPRED, 2014).

Este tipo de perturbación es considerada una fuente de riesgo, ya que puede ocasionar diversos tipos de daños a su paso, de los cuales se resaltan las pérdidas económicas a la agricultura, a las viviendas e infraestructura urbana e inclusive lesiones y pérdidas humanas (CENAPRED, 2014).

El territorio mexicano es propenso a este tipo de eventos, en Figura III.27 se muestra un mapa en donde se señala que en el SA existe el registro de tornados, por lo cual se puede decir que el área no está exenta a este tipo de fenómeno.

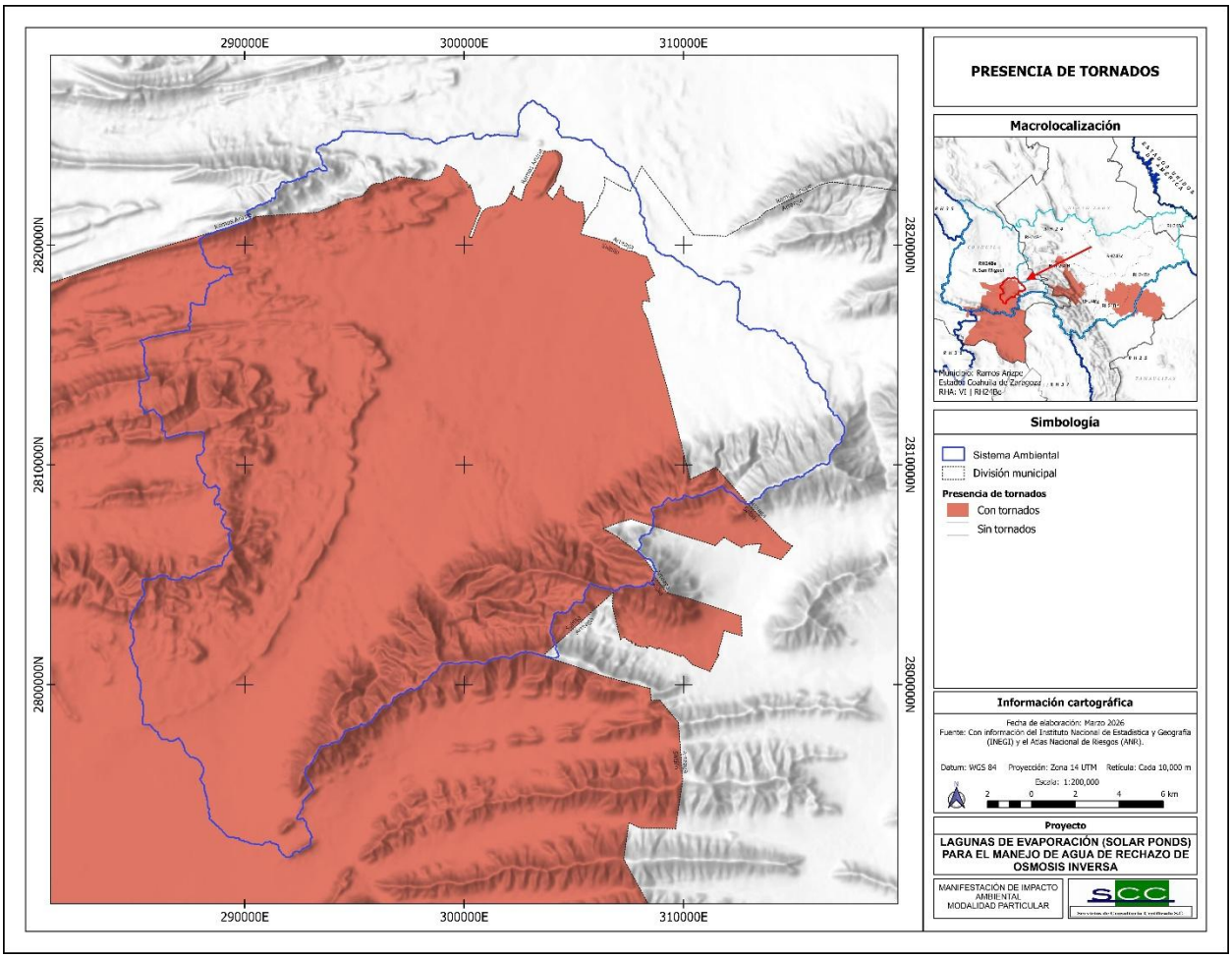


Figura III.27. Ausencia o presencia de tornados en el SA.

En la **Figura III.28** se presenta la incidencia de tornados por estado donde es posible observar que del año 2000 al 2012, únicamente se registraron de 5 a 6 tornados en el estado de Coahuila.

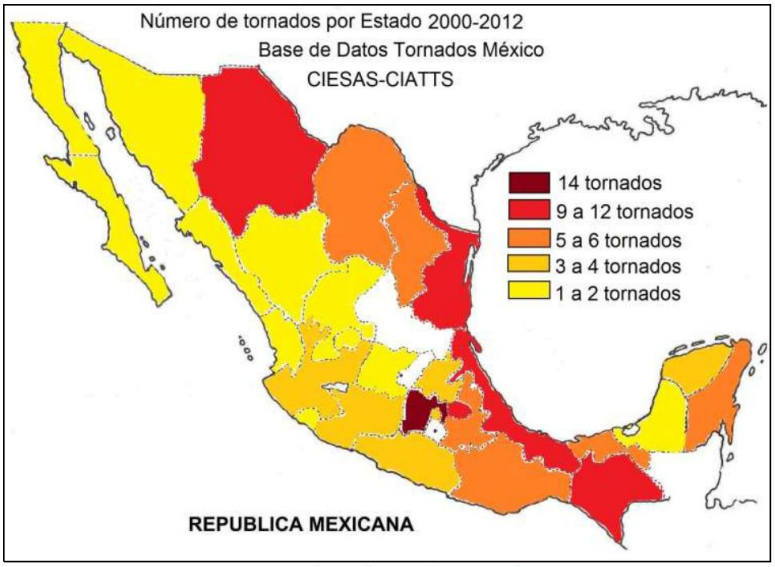


Figura III.28. Número de tornados por estado.

Para un mejor entendimiento de la categoría en la que se encuentra el SA, se realizó una recopilación de información existente entre noticias de periódicos y testimonios de información popular.

Registros en Coahuila

Hasta el 2013, se tienen tan solo 5 registros oficiales de tornados en todo el estado de Coahuila, a continuación, se presenta la mención de algunos de ellos.

- El más devastador fue el tornado génesis supercelda de abril del 2007 en Piedras Negras, categorizado en la escala Fujita Mejorada como EF3. Dejó 254 heridos y 3 muertos y afectó 1,380 viviendas.
- Otro evento ocurrió en mayo del 2013, entre Cloete y Sabinas.
- Anteriormente, en 1899, se registró un tornado en El Hondo, a 100 millas al sur de Eagle Pass, Texas.
- En mayo del 2008 también se presentó un tornado en Piedras Negras.

III.2.2. Geología

La palabra geología deriva del griego "geo" que significa tierra, y "logos" tratado o conocimiento, por lo tanto, se define como la ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas (SGM, 2015)

Las unidades cronoestratigráficas son las divisiones de cuerpos de roca utilizadas en geología histórica que sirven de base material para formar la escala temporal geológica y pretenden representar el total de los cuerpos de roca de la Tierra según su tiempo relativo de formación, sin solapamientos ni lagunas.

La unidad básica es el piso, y se agrupan, en orden creciente, en series, sistemas, eratemas y eonotemas. Estas unidades se corresponden una a una con las unidades geocronológicas

(edades, épocas, periodos, eras y eones respectivamente), que expresan el tiempo, relativo, durante el cual se formaron.

Los límites de las unidades cronoestratigráficas (que se corresponderán por convenio con los de las geocronológicas) se establecen según características y eventos paleobiológicos y geológicos reales, registrados en las rocas, como los cambios de los grupos de organismos predominantes, extinciones masivas, cambios climáticos, geoquímicos o inversiones del campo magnético terrestre, entre otros.

La geología general que aflora está constituida por un gran paquete de material aluvial y rocas sedimentarias, principalmente calcáreas. Para el caso del Sistema Ambiental (SA) del Proyecto, la geología está constituida predominantemente por unidades sedimentarias marinas del Mesozoico (Jurásico–Cretácico), conformadas principalmente por asociaciones de caliza, lutita, limolita, arenisca y dolomía, así como por depósitos superficiales cuaternarios de tipo aluvial y coluvial, tal como se muestra en la **Figura III.29.**

A continuación, se describe la geología que se encuentra en el SA:

Regionalmente las rocas más antiguas están representadas por estratos de yeso y caliza que constituyen la Formación Minas Viejas cuya edad se asigna al Oxfordiano, que subyacen a las calizas de la Formación Zuloaga, la cual cambia de facies a las Formaciones La Gloria y Olvido (JokY-Cz). La Formación Olvido consiste en niveles de yeso y caliza dolomitizada, de edad Oxfordiano-Kimmeridgiano Inferior.

La Formación Zuloaga (JokCz) está constituida por una secuencia calcárea, arcillosa en su base, de edad Oxfordiano-Kimmeridgiano, que se correlaciona por cambio de facies con la Formación La Gloria en la porción norte del sector transverso, en donde subyace concordantemente a las formaciones La Caja (JktLm-Cz) y La Casita (JktLu-Ar).

El Cretácico está representado por los sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Taraises (KbehCz-Lu) del Berriasiano al Hauteriviano, que descansan concordantemente sobre la Formación Carbonera (KbeLu-Ar), la cual está expuesta ampliamente en la curvatura de Monterrey y se compone de una alternancia de lutitas arenosas interestratificadas con areniscas, cuya edad corresponde al Berriasiano. Del Hauteriviano Tardío al Aptiano Temprano se depositaron calizas de la Formación Cupido (KhapCz), que afloran por toda la zona; subyace concordantemente a calizas y lutitas de la Formación La Peña del Aptiano (KapCz-Lu); ésta a su vez subyace transicional y concordantemente a calizas arrecifales de la Formación Aurora (KaCz-Do), la cual es correlacionable con la Formación Cuesta del Cura (KaceCz-ped) del Albiano-Cenomaniano (calizas-lutitas); hacia su cima se encuentra en contacto con la Formación Indidura (KcetCz-Lu) del Cretácico Superior y con la Formación Agua Nueva (KcetCz-Lu) con litología prácticamente similar. Durante el Cenomaniano Tardío al Turoniano se depositaron sedimentos arcillo calcáreos de la Formación Indidura (KcetCz-Lm), los cuales cambian gradualmente a sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Agua Nueva. En el Coniaciano-Santoniano se depositan sedimentos areno-arcillosos de la Formación Caracol (KcossAr-Lu) que mediante un cambio lateral de facies pasa a una secuencia de lutitas y calizas de la Formación San Felipe (KcossLu-Cz).

Hacia las partes bajas de la sierra es común encontrar depósitos coluviales (Qhoco) y rellenando los valles material aluvial (Qhoal).

La Formación Parras (KcossLu-Ar) está constituida por lutitas y areniscas, su cambio a la Formación Caracol es transicional, esta unidad es correlacionable en la región con la Formación Méndez (KcmAr-Lu) y su equivalente en la Cuenca de Parras, que se interpreta como un cambio de facies lateral con las cinco formaciones siliciclásticas de grano muy fino (lutita-limolita-arenisca) que conforman el Grupo Difunta, cuyas relaciones estratigráficas entre ellas con concordantes y transicionales, con edades que varían del Campaniano al Maastrichtiano.

En el Cuaternario se depositaron horizontes de travertino, considerados de edad Pleistoceno. En el Holoceno el relleno es principalmente de coluvión, que en general es material mal consolidado de granulometría diversa, hasta que, finalmente, en los valles y los arroyos aparecen depósitos aluviales, constituidos por grava, arena y limo.

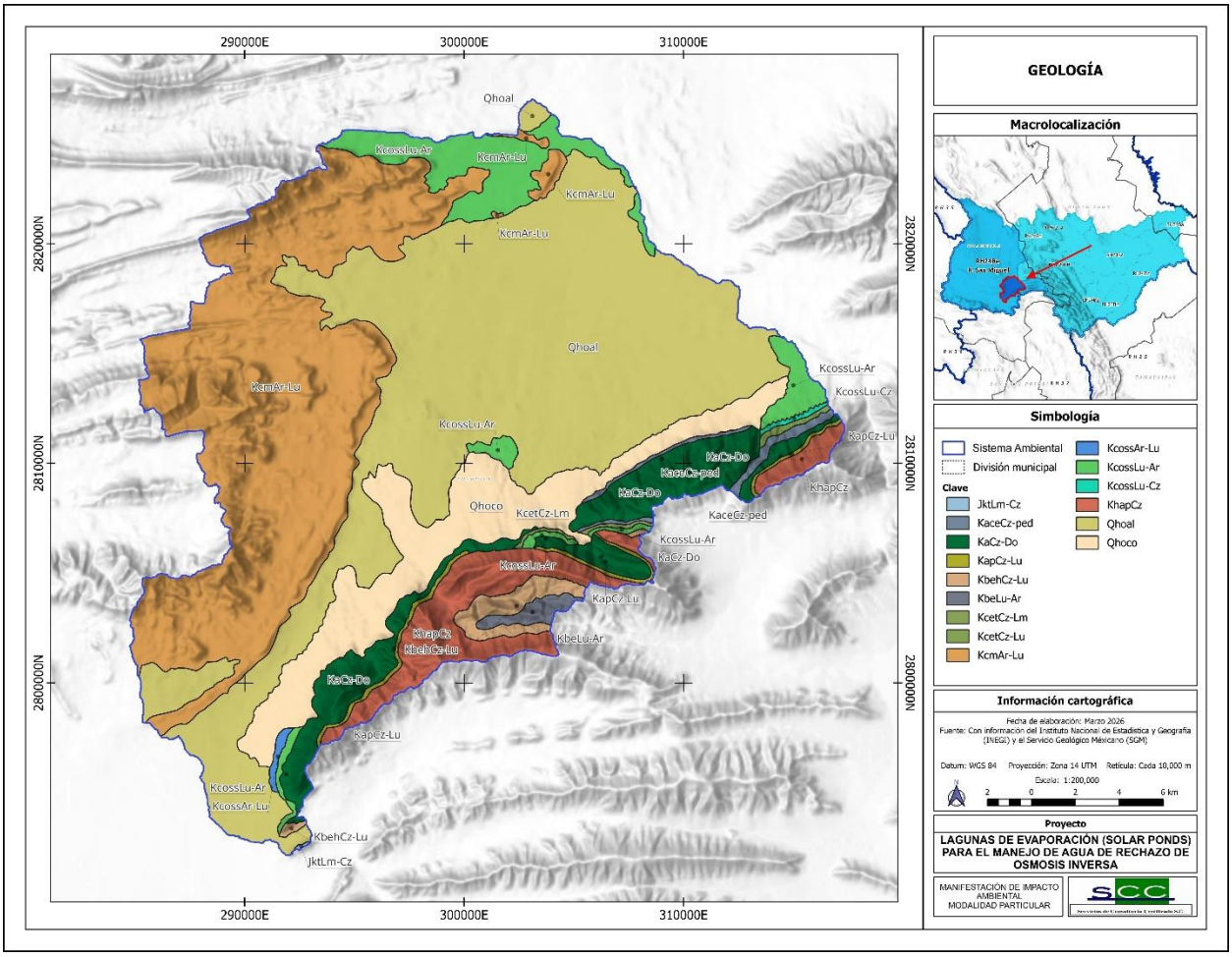


Figura III.29. Geología del SA.

La columna estratigráfica presente en la región está representada por rocas, principalmente sedimentarias, cuyas edades comprenden el registro Jurásico Superior al Reciente. A continuación, se describe cada una de ellas, de la unidad más antigua a la más reciente:

Jurásico superior.

Formación Minas Viejas. Nombre con el que Humphrey y Díaz (1956) se refirieron a la unidad evaporítica constituida por anhidrita, yeso y halita, con intercalaciones aisladas de

lutitas, calizas y areniscas que subyacen a la Caliza Zuloaga en varios anticlinales de Coahuila y en particular en el anticlinal Minas Viejas.

Formación Zuloaga. Esta formación fue descrita originalmente por Burckhardt (1906) y Bose (1923) en la región norte-central de México, llamándola “calizas con nerineas”. Imlay (1938) asignó el nombre de Formación Zuloaga a una secuencia de calizas dispuestas en estratos gruesos, con nódulos de pedernal negro y contenido fósil de bivalvos y gasterópodos, señalando como localidad tipo la Sierra de Sombreretillo, ubicada al norte del Poblado Melchor Ocampo, Zac. Está representada por una caliza resistente a la erosión que forma los núcleos de los anticlinales en la que se distinguen dos unidades bien definidas: la parte inferior contiene capas de caliza, cuyo color varía de gris claro a ligeramente oscuro, presenta una coloración rojiza o amarillenta al intemperismo, contiene también algunas capas de limolita calcárea débilmente consolidada. La parte superior está constituida por caliza masiva de color gris, que se caracteriza por presentar estilolitas de gran amplitud y algunos horizontes donde se presentan pequeños nódulos de pedernal de color negro. Se correlaciona con la Formación Olvido, que es un cambio lateral de facies de la primera, constituida por yeso, calizas y limolitas interestratificadas. Su espesor aproximado es del orden de 500 m.

Formación La Casita. El término fue designado por Imlay (1936) para referirse a los sedimentos de aguas someras del Jurásico Superior limitados en la parte inferior por la Formación La Gloria del Jurásico Superior o Zuloaga y arriba por la Formación Taraises. Su localidad tipo se localiza en el Cañón La Casita, ubicado aproximadamente a 16 km al sur del poblado General Cepeda, Coahuila y a 50 km al SE de Saltillo (Imlay, 1937), en la cual su litología consiste en 60 m de lutitas que presentan colores que varían de gris oscuro a negro, físiles e interestratificadas con delgadas capas de calizas y areniscas de color amarillento. Aflora extensamente en las porciones norte y oriente de la Curvatura de Monterrey y consiste principalmente, de la base a la cima, de conglomerados gruesos con fragmentos redondeados de cuarzo, esquistos y granitos, en una matriz de arenisca de grano grueso; esta litología cambia transicionalmente hacia arriba, a areniscas de grano más fino con intercalaciones de limolitas, para finalizar en su parte más alta, con lutitas y limolitas muy fosilíferas. Lateralmente, y aunque no aflora en el área, esta formación cambia a la Formación La Caja, la cual tiene una mayor homogeneidad en su litología; consistente de calizas, lutitas y limolitas intercaladas. Aflora en los núcleos de los anticlinales y su espesor promedio es de 360 m.

Cabe destacar que el contacto de la Formación La Casita es concordante tanto en su base con la Formación Zuloaga como en su cima con la Formación Taraises. Este límite último se define litológicamente por la transición de lutitas rosadas con concreciones calcáreas hacia los estratos de calizas de espesor medio característicos de Taraises. Fisiográficamente, este contacto es identificable a distancia debido a que la Formación Taraises desarrolla escarpes o "morros", a diferencia de la topografía más suave de La Casita.

Hacia el sur, la unidad presenta un cambio de facies a la Formación La Caja. En la región Torreón-Monterrey, La Casita representa la unidad jurídica con mayor área de afloramiento. Finalmente, con base en su posición estratigráfica y contenido faunístico, se le asigna una edad del Kimmeridgiano-Tithoniano, correlacionándose con las formaciones Pimienta y Tamán de la Cuenca Tampico-Misantla, así como con la Formación La Caja del norte de México.

Cretácico Inferior

Formación Taraises. Fue definida por Imlay para referirse a una sección calcárea y calcáreo-arcillosa, limitada en la parte inferior por la Formación La Caja o La Casita y en la parte superior por la Caliza Cupido, designando como localidad tipo el Cañón de Taraises, ubicado en la porción occidental de la Sierra de Parras, donde la dividió en dos miembros: El inferior conformado por capas gruesas de calizas de color gris, interestratificadas con areniscas, y el superior constituido por calizas arcillosas de color gris, nodulares y con presencia de amonitas en la parte basal. Está constituida de caliza con cantidades menores de limolita, que descansan sobre sedimentos arcillosos de la Formación La Caja. En las partes altas de las montañas plegadas que forma, las capas de caliza son de espesor mediano a grueso, densas y de color gris claro a oscuro. La limolita que contiene se presenta intercalada en proporciones variables. La Formación Taraises es un depósito que se llevó a cabo en aguas relativamente profundas, alcanza un espesor aproximado de 150 m. Aflora en forma de franjas delgadas de poco espesor en las sierras plegadas ubicadas principalmente en la porción norte del acuífero, cuyos contactos, inferior y superior son concordantes con las formaciones La Casita y Cupido respectivamente.

Se correlaciona con las formaciones Barril Viejo, Caliza Menchaca y Padilla de las Sierra Dos Hermanas o anticlinal de Oballos; con la Arcosa San Marcos en la Sierra San Marcos, con la serie Coahuilense en el Cerro de la Silla de Monterrey y la Formación Santuario de Ixmiquilpan.

Formación Cupido. Término definido por Imlay para una sección calcárea que descansa sobre la Formación Taraises y subyace a la Formación La Peña, cuya localidad tipo es la pared norte del Cañón del Mimbre, localizado en la porción media de la Sierra de Parras, aproximadamente a 60 km al SE de la población del mismo nombre, en el estado de Coahuila. Representada por rocas muy resistentes y homogéneas constituidas principalmente por calizas de estratificación mediana a gruesa de coloración gris claro, que presentan concreciones de pirita, lentes y nódulos de pedernal color gris y estilolitas; en algunas localidades con intercalaciones de limolitas calcáreas y en menor proporción lutitas. Sus mejores afloramientos se localizan en el Cañón Mimbre de la porción media de la Sierra de Parras, en Coahuila. Está conformada por calizas en estratos gruesos, intercalados con estratos delgados de calizas arcillosas. Tiene amplia distribución en las sierras de los límites oriente y poniente del acuífero, así como en algunas de la porción central. Presentan fracturamiento y desarrollo de los procesos kársticos, por lo que es una de las unidades calcáreas más importantes desde el punto de vista hidrogeológico. El contacto inferior con la Formación Taraises es nítido y concordante, el superior con la Formación La Peña es brusco y concordante. Su edad corresponde a la parte final del Hauteriviano al Aptiano Inferior y se correlaciona con la porción superior de la Formación Tamaulipas Inferior de la Cuenca Tampico-Misantla. En la Cuenca de Chihuahua se correlaciona con la porción superior de la Formación Las Vigas, con la base de la Formación Cuchillo y en el centro de Texas con la Formación Sligo.

Formación La Peña. El nombre fue introducido por Imlay (1936) para distinguir a un cuerpo compuesto por dos miembros: El inferior constituido por calizas y el superior por lutitas y calizas, que estratigráficamente se ubica entre la Caliza Cupido y la Caliza Aurora. Su localidad tipo se ubica en el flanco norte de la Sierra de Taraises, a 4.8 km al E-SE de la Hacienda La Peña, localizada en el extremo sur del estado de Coahuila. Se describe como un grupo de estratos calcáreo-arcillosos, cuya base comienza como una secuencia de calizas

de estratificación delgada de color gris claro y continúa en la parte media con calizas que presentan cantidades variables de arcilla deleznable, de color amarillento y gris, con abundante pirita en las calizas y lentes pequeños de sílice blanca. En la cima se observa una alternancia entre caliza arcillosa, con caliza micrítica con bandas y lentes de pedernal negro y estratificación ondulada. Por su naturaleza arcillosa, es fácilmente erosionable y constituye un horizonte índice ya que su identificación resulta sencilla al formar depresiones entre las calizas más resistentes de la Formación Cupido. Sus afloramientos en el área del acuífero representan franjas de espesor reducido, asociadas a la Formación Cupido, a la cual sobre yace concordantemente. A su vez, es cubierta concordantemente por la Formación Cuesta del Cura. Su espesor promedio es de 60 m.

Se correlaciona con el horizonte Otates de la Cuenca Tampico-Misantla, con la Formación Cuchillo en la Cuenca de Chihuahua y con la Formación Las Uvas del área de Acatita-Las Delicias, Coahuila.

Formación Aurora. Humphrey (1956) propuso que el término Formación Aurora fuera modificado para incluir todas las rocas carbonatadas del NE de México ubicadas estratigráficamente entre la Formación La Peña o sus equivalentes, abajo, y la Formación Cuesta del Cura y otros equivalentes del Grupo Washita o la Formación Kiamichi arriba. Está representada por calizas de aguas profundas (mudstone y wackstone), de estratificación mediana a gruesa, en ocasiones masiva con nódulos de pedernal y en otras con delgadas capas del mismo material; aflora en gran parte de la región ubicada entre Torreón y Monterrey. Sus contactos inferior y superior con las formaciones La Peña y Cuesta del Cura, respectivamente, son nítidos y concordantes. Por su posición estratigráfica corresponde al principio del Albiano al Albiano Medio.

Se correlaciona con la porción inferior de la Caliza El Abra y la porción inferior de la Formación Tamaulipas Superior, en la Cuenca Tampico-Misantla; con las formaciones Acatita y Paila del área de Delicias, Coahuila, y con la barrera arrecifal denominada Formación Viesca.

Formación Cuesta del Cura. Imlay (1936) describió por primera vez la Caliza Cuesta del Cura, de acuerdo con los afloramientos de calizas delgadas ondulantes con bandas de pedernal negro que afloran a 6.4 km al W de Parras, Coahuila, área en donde esta unidad se encuentra entre la Caliza Aurora y la Formación Indidura. Se distribuye en los anticlinales de Parras, Taraises, Prieta y Santiago, al SE de Torreón, pero aflora ampliamente en casi toda la zona Torreón-Monterrey, aunque con espesores menores de 300 m. Su litología consiste principalmente de capas medianas a delgadas y onduladas de caliza de color gris a negra, compacta y un poco arcillosa. Contiene además nódulos, lentes y bandas de pedernal negro, ocupa generalmente las partes bajas de las sierras, aflorando como una banda de lomeríos alineados. Aflora en el Cañón de La Huasteca, en el estado de Nuevo León; Loma Alta, en el Cañón del Chorro, y en las sierras Zapalinamé, Arteaga, La Nieve y San José de Los Nuncios, del estado de Coahuila. Sus contactos inferior y superior con las formaciones Aurora e Indidura, respectivamente, son concordantes y bruscos. Por su contenido faunístico fósil, su edad abarca desde el Albiano Medio hasta el Cenomaniano Inferior.

Cretácico Superior

Formación Indidura. Fue estudiada por primera vez por Emil Bosé en 1906 en la Sierra de Parras, y posteriormente fue definida por W.A. Kelly (1936) en su localidad tipo de Delicias, Coahuila y la bautizó por el afloramiento localizado en el flanco oriental del Cerro La Indidura,

localizado aproximadamente a 8 km al norte de Tanque Toribio. Generalmente aflora en las laderas de las sierras; consiste principalmente de dos series diferentes que están formadas en la parte inferior, de caliza arcillosa dispuesta en capas delgadas y lajeadas, con numerosas capas medianas o gruesas de caliza laminar color gris oscuro y de limolita calcárea que es de color amarillento. La parte superior está formada de una lutita gris muy homogénea, fácilmente erosionable, que en la parte más alta, casi en contacto con la Formación Caracol, presenta un cambio de facies a una lutita arenosa. Sobreyace por medio de un contacto concordante y abrupto a la Formación Cuesta del Cura, solo identificado por el incremento de sedimentos pelíticos y la ausencia de pedernal. Su espesor promedio es de 200 m; se correlaciona con la Formación Soyatal de la Cuenca Mesozoica del centro de México, con la Formación Mezcala del Sur de México y con La Formación Agua Nueva de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

Aflora en el flanco norte de la sierra San José de los Nuncios, sobre la Cañada Cabritas y en el flanco sur del cerro San Antonio; de manera aislada en el flanco norte del anticlinal San Lucas, sobre la cañada Potrerillos, en el flanco sur del Anticlinal de Arteaga y en ambos flancos del anticlinal El Chorro. Las formaciones Indidura y Agua Nueva, son correlacionables esta última que aflora en el cañón de la Huasteca, N.L.

Formación Parras. Definida por Imlay en 1936 para referirse a una secuencia de 1,200 m de lutitas carbonosas negras con escasas intercalaciones de areniscas. Está constituida por una litología muy homogénea de lutitas calcáreas y calizas arcillosas, estas últimas intercaladas en forma esporádica dentro de la secuencia arcillo-calcárea. Las lutitas son calcáreas de color negro a gris oscuro, estratificadas en capas delgadas y medianas. Al intemperismo muestran un aspecto masivo debido a que la fractura astillosa o esquistosidad tipo lápiz, destruye los planos de estratificación. Se considera que la potencia de la secuencia arcillo-calcárea varía de 400 a 800 m y cubre de manera concordante y transicional a la Formación Indidura, por lo que es difícil precisar la zona de contacto entre ambas unidades. Su contacto superior, dentro de los límites del acuífero, es con los sedimentos continentales del Reciente por medio de discordancia angular. Esta formación junto con el Grupo Difunta corresponde a los sedimentos terrígenos característicos de la Cuenca de Parras. Tiene una edad Santoniano-Coniaciano y se correlaciona con la Formación San Felipe de la Sierra Madre Oriental y de la Cuenca de Sabinas y con las formaciones Austin, Indidura y Méndez.

Aflora sobre los flancos norte y sur del anticlinal San José de los Nuncios; se reporta un espesor de 1524 m en la localidad tipo y de 595 a 610 m en el Cañón La Casita, ubicado al sureste del estado de Coahuila. El contacto con la Formación Austin es por cambio de facie, el contacto superior con el Grupo Difunta es concordante, y el contacto inferior es concordante con la Formación Indidura, dentro de la Sierra Madre Oriental.

Grupo Difunta. De manera transicional y concordante sobre las lutitas de la Formación Parras, se localiza El Grupo Difunta, constituido por una secuencia monótona de areniscas, lutitas y limolitas, de edades que varían del Cretácico Superior al Terciario Inferior, cuyo espesor conjunto supera los 1,000 m en algunas zonas. El Grupo Difunta fue estudiado y denominada Formación Difunta por Imlay (1936), en las colinas de El Pozo Boquillas, al norte del extremo occidental de la Sierra de Parras. El nombre fue tomado de un pequeño cerro conocido como Cerro Difunta que se encuentra a 4.5 km., al norte del poblado de Pozo Boquillas. Posteriormente, Boyd (1959), en un trabajo realizado al norte de Saltillo, estableció para la secuencia Difunta una clasificación de 7 unidades que, por su posibilidad de mapeo, distribución y espesores, fueron definidas como formaciones (informalmente), de modo que

la formación quedó elevada al rango de Grupo. Las formaciones que componen este grupo se conocen con los nombres Cerro del Pueblo, Cerro Huerta, Cañón del Tule, Las Imágenes, Cerro Grande, Las Encinas y Rancho Nuevo. Las formaciones Cerro Huerta, Las Imágenes y Las Encinas consisten principalmente de depósitos de planicie de delta y lechos rojos de los flancos de la planicie costera, los cuales se extienden lateralmente a lo largo de la cuenca y cambian a facies marinas en la porción este de la Cuenca de Parras y La Popa. Las formaciones Cerro del Pueblo, Cañón del Tule, Cerro Grande y Rancho Nuevo están conformadas principalmente por calizas tipo “mudstone” y areniscas de ambiente marino somero.

Formación Cerro del Pueblo. Esta unidad está compuesta por una secuencia de lutitas, areniscas y limonitas. Su localidad tipo se encuentra al noroeste de los límites de la ciudad de Saltillo, por la carretera No. 57 a Torreón. Sobreyace a la lutita Parras y está cubierta por las capas rojas de la Formación Cerro Huerta. Su espesor más potente, de 500 m aproximadamente, se presenta en las cercanías de Saltillo. Se correlaciona con la Formación Méndez de la Cuenca de Burgos y con la Formación San Miguel y Olmos, de la Cuenca de Sabinas. Se le asigna una edad correspondiente al Santoniano.

Formación Cerro Huerta. Secuencia de areniscas, lutitas, limonitas rojas y verdes que afloran en la porción central y occidental de la zona de estudio, la cual tiende a acuñarse hacia el norte y este, sobreyace a la Formación Cerro del Pueblo y subyace a la Formación Cañón del Tule. Su espesor es de 978 m en la localidad tipo ubicada cerca de Saltillo.

Formación Cañón del Tule. Secuencia de sedimentos arcillosos que sobreyacen concordantemente a la Formación Cerro de Huerta y subyacen a la Formación Imágenes, su localidad tipo se encuentra en el Cañón del Tule y aflora principalmente en las porciones central y occidental de la Cuenca de Parras.

Formación Las Imágenes. Constituida por rocas arcillo-calcáreos que afloran en la porción central de la Cuenca de Parras, sobreyaciendo a la Formación Cañón del Tule y subyaciendo a la Formación Cerro Grande.

Formación Cerro Grande. Está integrada por grauvacas calcáreas cuya localidad tipo se encuentra en el Cerro Grande, ubicado al oeste de la población Las Imágenes, aproximadamente a 20 km de Saltillo.

Formación Las Encinas. Alternancia de capas delgadas, medias y gruesas de lutitas, areniscas y limonitas cuyo espesor conjunto es aproximadamente 20 m; su sección tipo se localiza a 28 km al norte de Saltillo. Aflora principalmente en la porción norte de la Cuenca de Parras. Sobreyace a la Formación Cerro Grande y subyace a la Formación Rancho Nuevo.

Formación Rancho Nuevo. Corresponde a una alternancia de estratos delgados a medios de lutitas, areniscas y limonitas que subyacen a la Formación Las Encinas; su localidad tipo se encuentra a 27 km de Saltillo, aflora en la porción norte de la Cuenca de Parras y es la formación más joven del Grupo La Difunta.

Cuaternario

Cubriendo los valles se encuentran materiales granulares producto del intemperismo y erosión de las partes topográficamente altas. Corresponden principalmente a arenas, gravas

y cantos rodados de calizas y conglomerados polimícticos que constituyen los pies de monte y los valles. En las zonas cercanas a las sierras, predominan los cantos rodados, principalmente a lo largo de los arroyos intermitentes que los acarrean en épocas de lluvias. Su espesor promedio es de 10 a 30 m, pero puede alcanzar hasta 100 m. Hacia las partes bajas de los valles, predominan las gravas y arenas a lo largo de incipientes cauces de inundación, donde solo escurre agua superficial en tiempo de lluvias. En las partes más bajas de los valles se acumulan materiales aluviales finos, principalmente arcillas y en menor proporción arenas. En esta unidad se incluye también a los horizontes de travertino.

III.2.2.1. Fallas y zonas de fractura

Una falla es una fractura a lo largo de la cual la roca en un lado ha sido desplazada con respecto a la roca del otro lado. Una fractura es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o de material poco consolidado que se observa en la superficie como una línea con una abertura con un ancho de milímetros o varios decímetros.

Las fallas y las fracturas por sí mismas no son detonadores de desastres; sin embargo, pueden acelerar los procesos que ocasionan afectaciones en la infraestructura. El conjunto de fracturas implica una debilidad de la roca o material no consolidado que favorece los deslizamientos, los derrumbes o caída de bloque y en ocasiones los flujos, que pueden afectar una zona urbana, por otra parte, los diaclasamientos (fisuras de dimensiones reducidas) y fracturamientos permiten un mayor intemperismo físico y químico sobre la roca.

En ese sentido, se localizan 4 fallas o fracturas dentro del SA, las cuales se muestran en la **Figura III.30.**

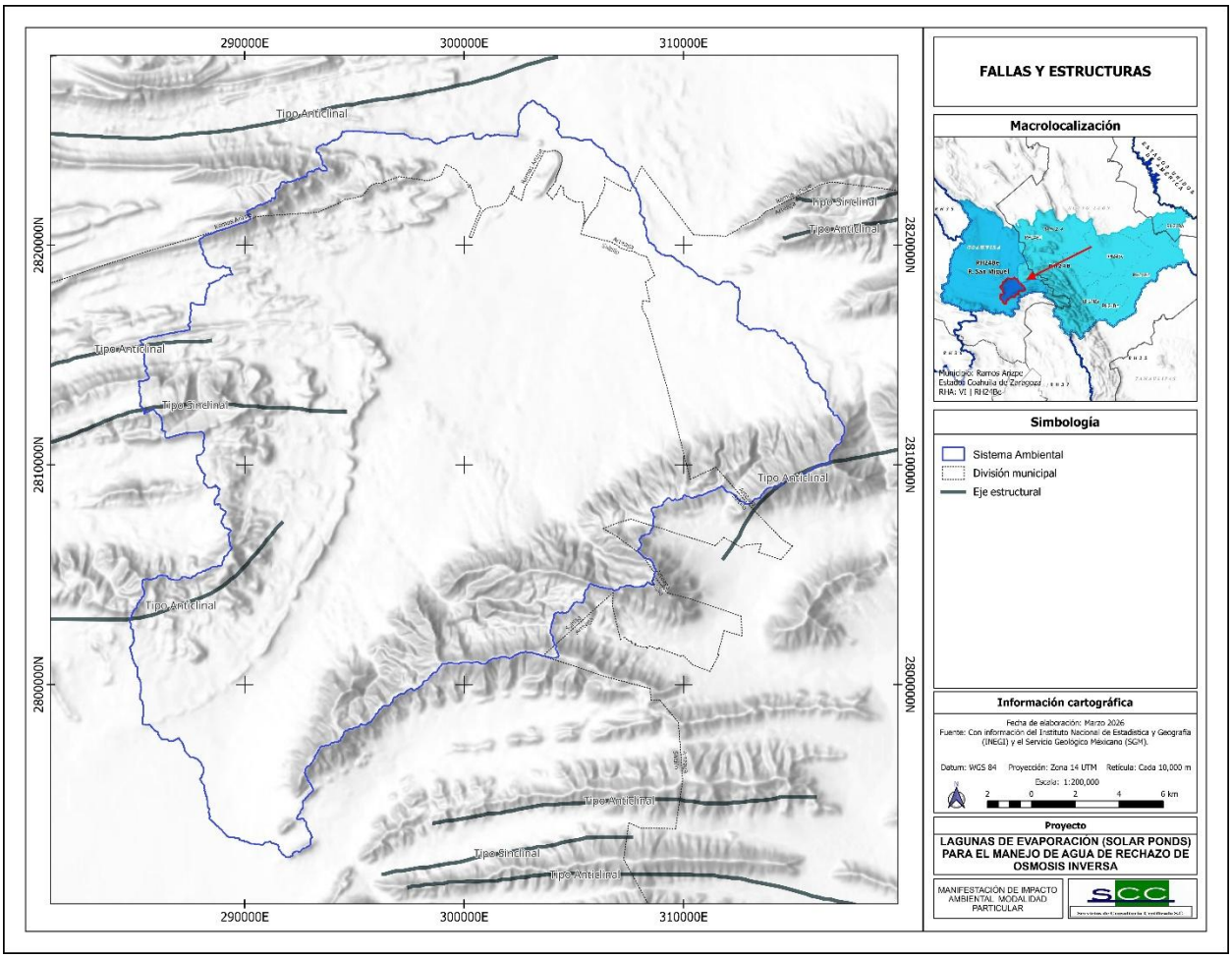


Figura III.30. Fallas y fracturas en el SA

III.2.2.2. Susceptibilidad de la zona a sismicidad

La escala de Mercalli es una escala de doce grados desarrollada, para evaluar la intensidad de los terremotos a través de efectos y daños causados a distintas estructuras. Así, la intensidad de un terremoto no está totalmente determinada por su magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas.

De acuerdo con el mapa global de intensidades Escala de Mercalli para evaluar la intensidad de los sismos del CENAPRED, así como de su cartografía digital, en el Sistema Ambiental y sitio de proyecto, no se tiene registros de sismicidad.

Como se observa en la figura siguiente de la regionalización sísmica del SA se encuentra dentro del tipo A, que significa sismicidad baja.

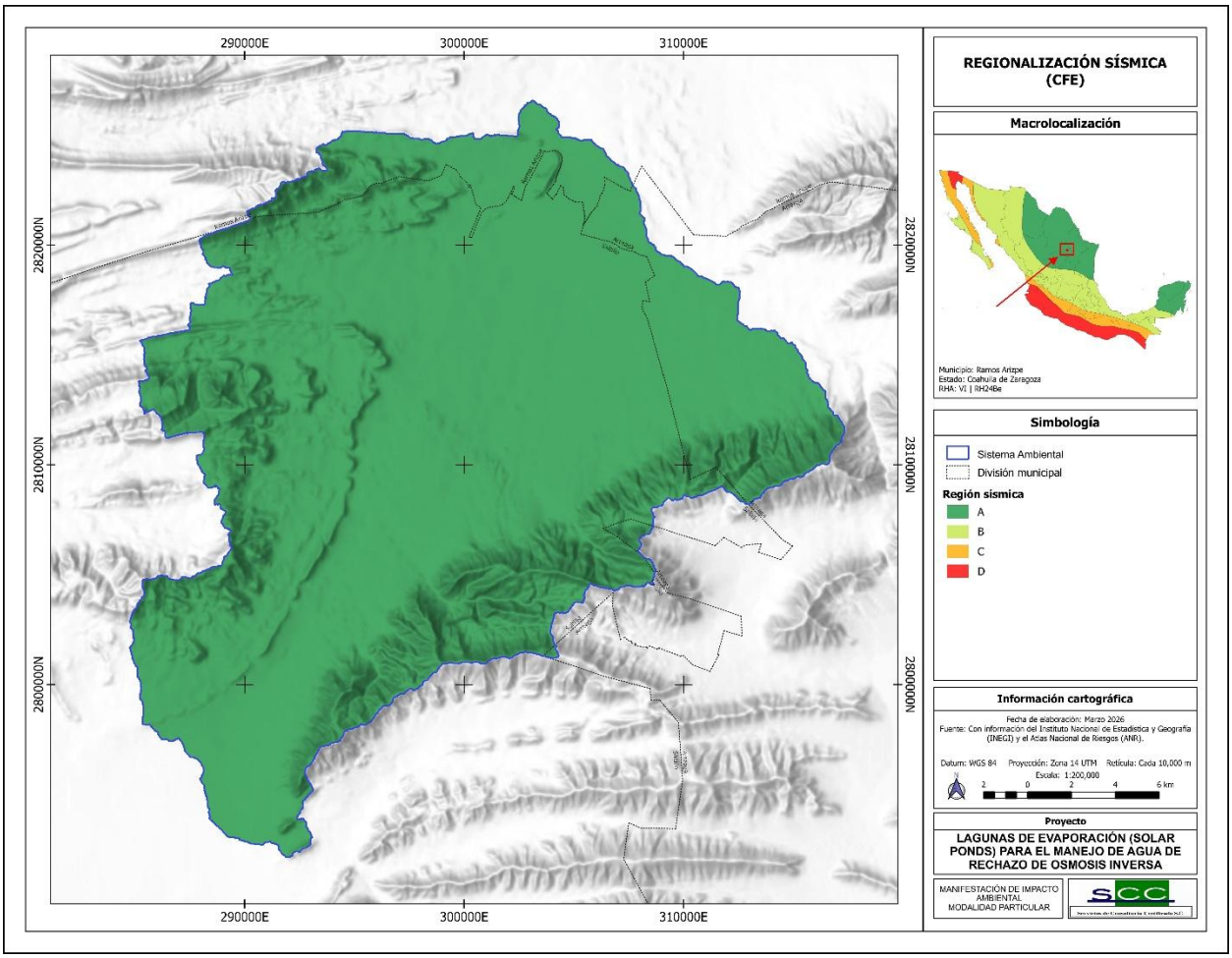


Figura III.31. Regionalización sísmica del SA.

III.2.2.3. Susceptibilidad a deslizamientos

La ocurrencia de los deslizamientos es el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas y geomorfológicas, y la modificación de éstas por procesos geodinámicas, vegetación, uso de la tierra y actividades humanas, así como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y la sismicidad.

La presencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre ya que éstos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. De acuerdo con la información obtenida de INEGI y el Altas Nacional de Riesgos, el SA no se encuentra en una zona susceptible a hundimientos o deslizamientos de tierra. La región potencial de deslizamiento más cercana se encuentra a 99.4 km.

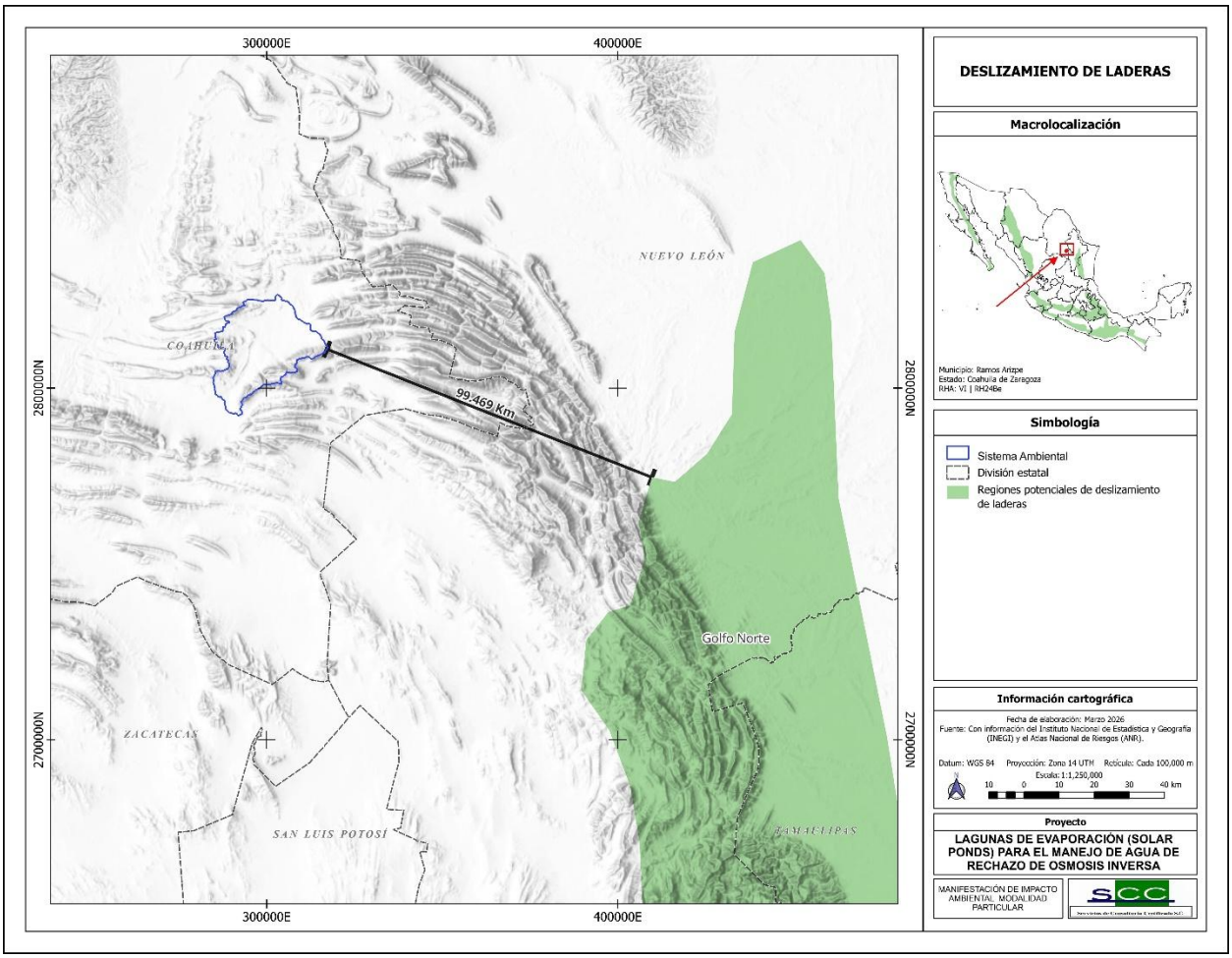


Figura III.32. Deslizamientos de laderas cercanas en el SA.

III.2.2.4. Movimientos de tierra y posible actividad volcánica

Un volcán es una estructura geológica por la que emerge el magma que se disocia en lava y gases provenientes del interior de la Tierra. El ascenso de magma ocurre en episodios de actividad violenta denominados erupciones, que pueden variar en intensidad, duración y frecuencia, desde suaves corrientes de lava hasta explosiones extremadamente destructivas. En ocasiones, los volcanes adquieren una forma cónica por la acumulación de material de erupciones anteriores.

El territorio del SA está localizado en una zona carente de aparatos volcánicos, la mayoría de las rocas presentes en el municipio son de origen sedimentario. Según el CENAPRED, diez y seis volcanes han desarrollado alguna actividad en tiempos históricos; la mayoría de ellos se encuentran en zonas de subducción (de las placas) y en la cordillera volcánica localizada en el centro del país (Zepeda Ramos, O. y S. González Martínez, 2001).

En ese sentido, el SA se encuentra a 284.18 km del volcán más cercano, tal y como se muestra en la siguiente figura.

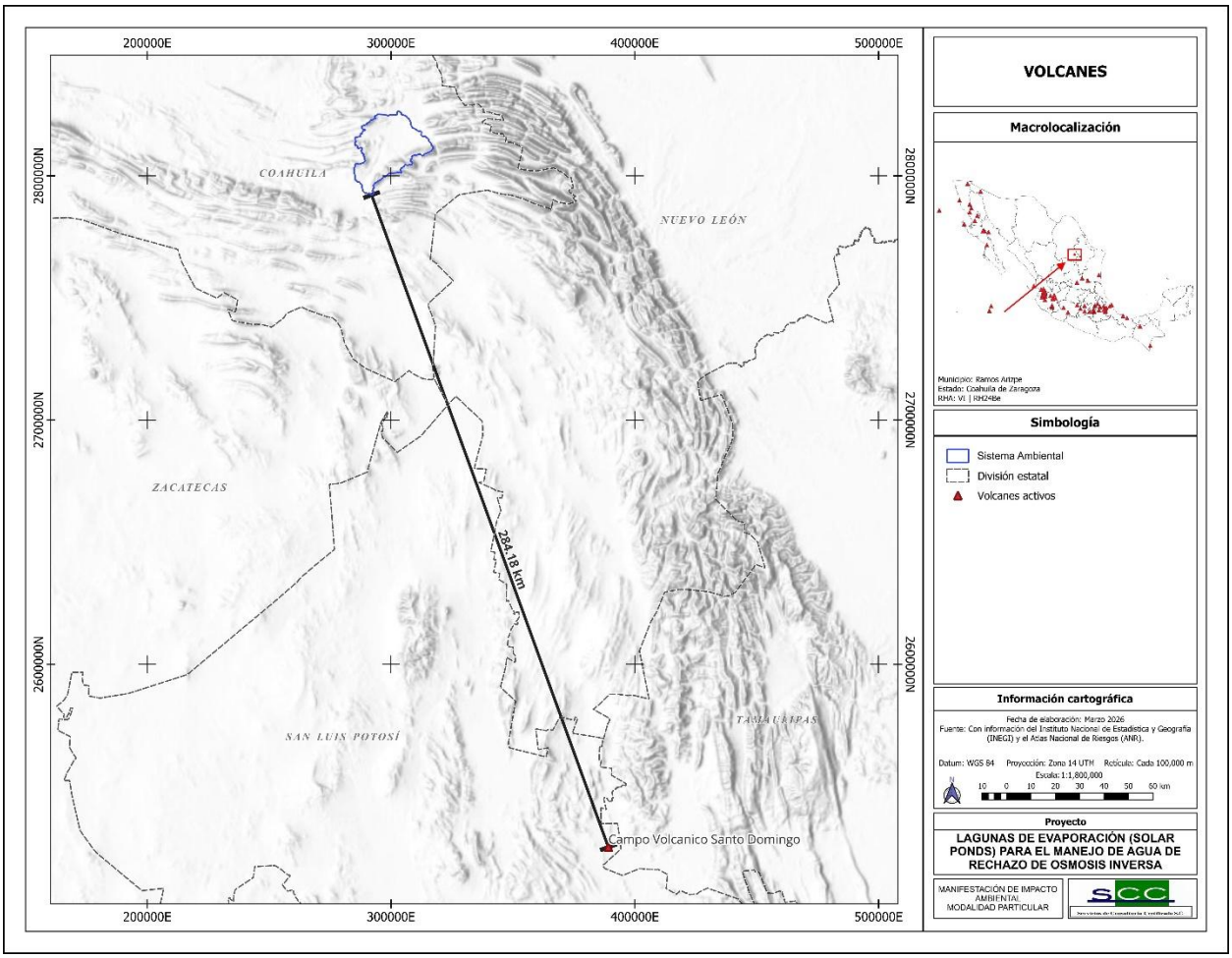


Figura III.33. Volcanes cercanos a en el SA.

III.2.3. Geomorfología

III.2.3.1. Fisiografía

La regionalización fisiográfica permite dividir el territorio en grandes unidades que comparten características estructurales, geomorfológicas y de origen geológico similares.

Estas unidades se organizan jerárquicamente en provincias y subprovincias fisiográficas, lo que facilita la comprensión del relieve y su evolución.

De acuerdo a la clasificación fisiográfica de Erwin Raisz (1964), la superficie cubierta por el acuífero se encuentra en su totalidad en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, representada por una franja alargada y orientada en sentido noroeste-sureste, desde Chihuahua-Coahuila hasta el Istmo de Tehuantepec, que presenta una flexión con orientación este-oeste entre Torreón y Monterrey; está integrada principalmente por sedimentos calcáreos del Cretácico y Jurásico que se encuentran plegados, formando valles estructurales (Manuel Álvarez Jr., 1962) en los sinclinales y serranías en los anticlinales cuando las formaciones son resistentes a la erosión, pero cuando estos últimos dejan al descubierto un núcleo constituido por rocas menos resistentes, entonces se forman valles a sus centros.

Para el área del SA se identifica la Provincia Fisiográfica **V. Sierra Madre Oriental**, la cual corresponde a una extensa región montañosa caracterizada principalmente por estructuras plegadas originadas por esfuerzos tectónicos compresivos. Esta provincia se distingue por la presencia de sierras alineadas, valles intermontanos y relieves estructurales controlados por plegamientos y fallamientos, predominando rocas sedimentarias deformadas. Cabe destacar que, la mayor parte del acuífero se localiza en la Subprovincia Pliegues Saltillo-Parras, en tanto que los extremos sur y oriental se ubican en la Subprovincia Gran Sierra Plegada.

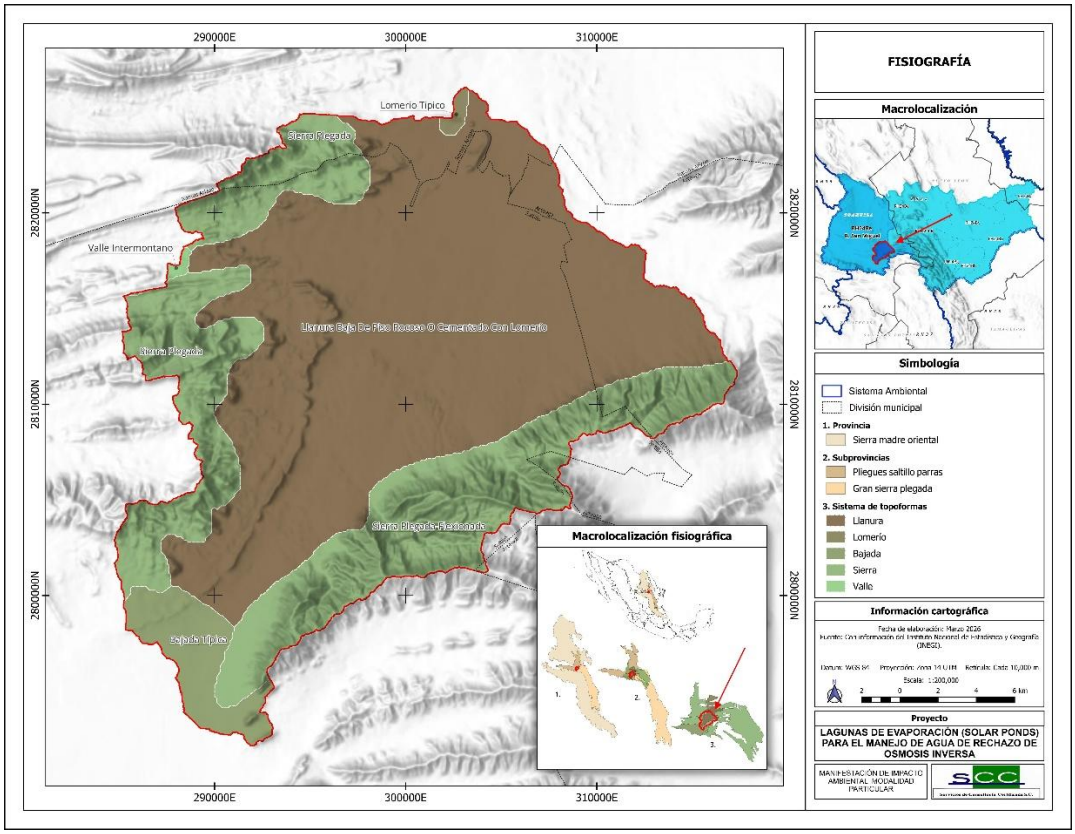


Figura III.34. Fisiografía del SA: Provincias y subprovincias.

Dentro del área de estudio se reconocen dos subprovincias fisiográficas pertenecientes a esta provincia:

Subprovincia Pliegues Saltillo-Parras

Esta subprovincia se caracteriza por un relieve fuertemente estructurado, dominado por sierras plegadas y valles alargados con orientación preferente noroeste-sureste. Las formas del terreno están directamente controladas por la estructura geológica, presentando pendientes pronunciadas en las sierras y zonas relativamente más planas en los valles intermontanos. Además, presenta un conjunto de sistemas de topoformas que varían desde las llanuras, valles extendidos, lomeríos suaves, abruptos y pequeñas sierras que están orientadas en dirección este-oeste. Por estar enclavada en una zona árida, su paisaje es típico del desierto, aunque es fácil observar en las cumbres topográficas bosques de pinos y encinos.

Subprovincia Gran Sierra Plegada
Corresponde a una unidad de relieve montañoso más amplio y continuo, donde predominan grandes estructuras plegadas que conforman sierras extensas y alineadas. El relieve es accidentado, con pendientes marcadas y elevaciones significativas, resultado de procesos tectónicos compresivos que deformaron intensamente las secuencias sedimentarias.

III.2.3.2. Sistema de topoformas

Álvarez (1958), describe a esta región como una secuencia de sierras y valles semicerrados rodeados por los escarpados flancos de los anticlinales que forman a las sierras, que dan paso a una depresión (Cuenca de Parras) que se extiende desde Saltillo hasta Torreón. Las elevaciones varían de 1,100 a 3,350 msnm. La naturaleza de las rocas y estructuras existentes conforman un drenaje muy bien desarrollado, que descarga hacia el norte; no obstante, la escasez de lluvias refleja la ausencia de ríos perennes.

La geomorfología o estudio del relieve permite identificar y clasificar las formas del terreno con base en su origen, morfología y procesos de modelado. El sistema de topoformas representa unidades fisiográficas que describen la configuración superficial del terreno y su dinámica geomorfológica.

Para el área del proyecto se identifican diferentes unidades pertenecientes al Sistema de Topoformas, las cuales describen el relieve predominante en la zona y su relación con los procesos estructurales, erosivos y deposicionales.

En la figura anterior, se muestra el sistema de topoformas del SA, en el cual se reconocen las siguientes unidades:

Sierra plegada
Unidad montañosa caracterizada por estructuras plegadas producto de esfuerzos tectónicos compresivos. Presenta pendientes pronunciadas, crestas alineadas y fuerte control estructural. Generalmente asociada a materiales sedimentarios deformados.

Sierra plegada-flexionada
Relieve montañoso que combina estructuras plegadas con deformaciones por flexión. Presenta pendientes abruptas y variabilidad en la orientación de laderas, resultado de procesos tectónicos complejos.

Lomerío típico
Unidad de relieve intermedio conformada por colinas de pendientes suaves a moderadas y cimas redondeadas. Representa zonas de transición entre áreas montañosas y superficies más planas.

Bajada típica
Superficie inclinada localizada al pie de elevaciones montañosas, formada por acumulación de materiales transportados por escurrimientos. Presenta pendiente suave y procesos activos de deposición.

Llanura baja de piso rocoso o cementado con lomerío
Superficie predominantemente plana con presencia de piso rocoso o materiales cementados, interrumpida localmente por pequeños lomeríos. Puede presentar limitada infiltración y escasa profundidad de suelo.

Valle intermontano
Depresión alargada localizada entre sierras o elevaciones montañosas. Generalmente asociada a procesos fluviales y acumulación de sedimentos, con pendientes suaves en el fondo del valle.

III.2.3.3. Relieve

La topografía se refiere a la forma tridimensional de un terreno, esta describe los cerros, valles, pendientes, y la elevación de la tierra.

La topografía se muestra gráficamente por curvas de nivel. Cada curva de nivel es una línea continua, la cual forma una figura cerrada, ya sea dentro o más allá de los límites del mapa o del dibujo (cuando estas líneas cruzan una característica vertical hecha por el hombre, tal como una pared o gradas, esa curva de nivel se superpondrá con esa característica en el plano). Todos los puntos de la curva de nivel están a la misma elevación y todas las curvas de nivel están separadas en un mapa por el intervalo de la curva, el cual es la diferencia en elevación entre las curvas.

En la **Figura III.35** es posible observar la elevación del SA, donde es posible identificar que el área presenta elevaciones de 1,383 msnm hacia el norte y de hasta 3,094 msnm hacia el sur.

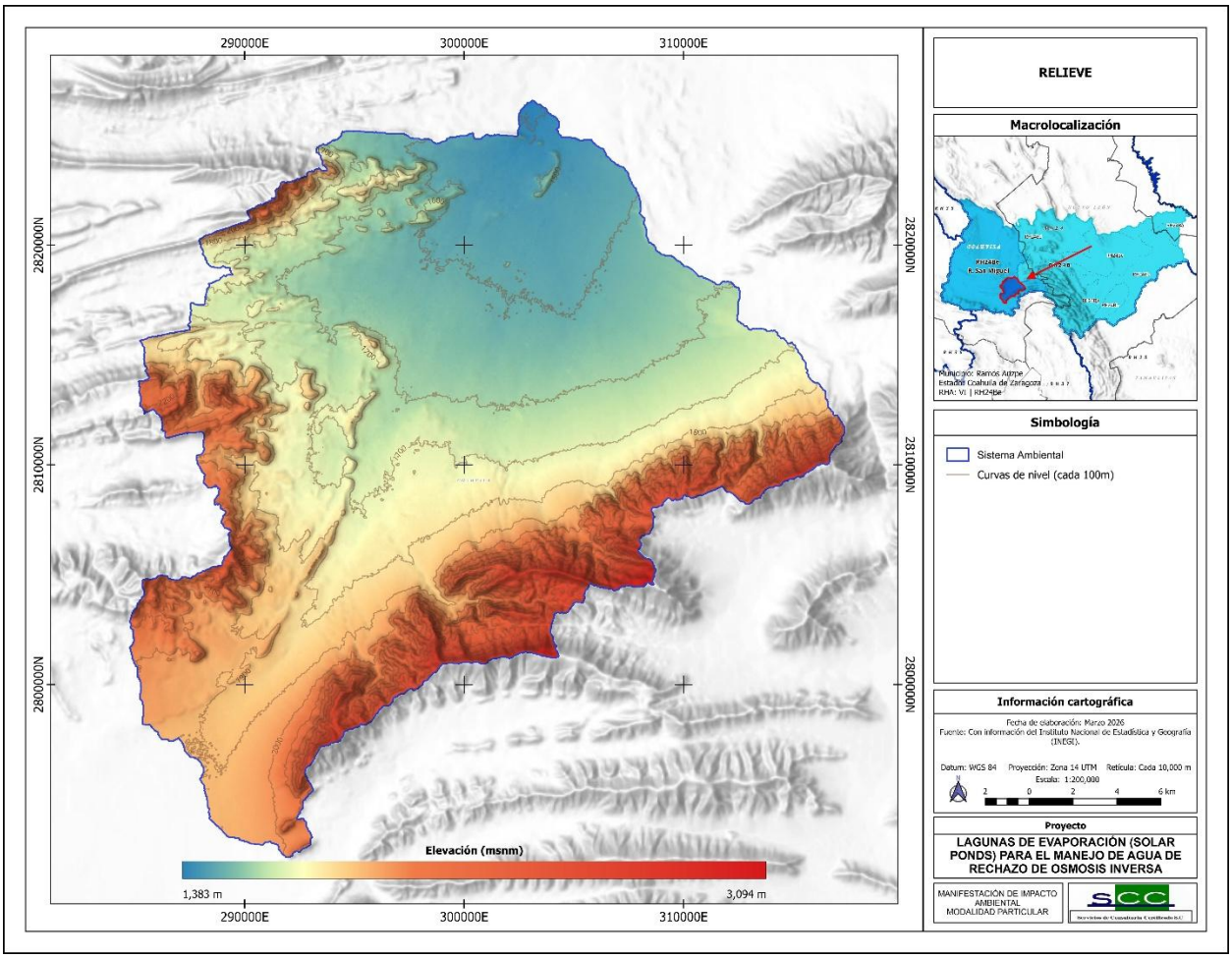


Figura III.35. Modelo digital de elevaciones del SA.

III.2.4. Suelos

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo.

El tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determina sus propiedades físicas, textura, estructura, porosidad y el color.

Según su textura podemos distinguir tres tipos de suelos: arena, arcilla y limo. La arena es la que existe en los diversos ríos. Los suelos arenosos, como son más sueltos son fáciles de trabajar, pero tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables por las plantas.

Los suelos limosos tienen gránulos de tamaño intermedio son fértiles y fáciles de trabajar. Forman terrones fáciles de desagregar cuando están secos.

La arcilla son partículas muy finas y forman barro cuando están saturadas de agua. Los suelos arcillosos son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos.

III.2.4.1. Edafología

Se tiene el siguiente criterio para la asignación de los niveles de suelo.

SUELO PRIMARIO: Suelo que ocupa la mayor extensión dentro de la unidad edafológica, que está integrado por una asociación de suelos. Se estima que ocupa el 60% o más en extensión.

SUELO SECUNDARIO: Grupo de suelo, que se estima, ocupa al menos un 20% de extensión de la unidad edafológica.

SUELO TERCIARIO: Grupo de suelo que se estima, ocupa un 20 % como máximo de extensión de la unidad edafológica, se indica al final de la clave de la unidad edafológica.

La **Figura III.36** presenta los suelos dominantes de las diferentes claves con referencia en el sistema WRB que se identifican en el SA.

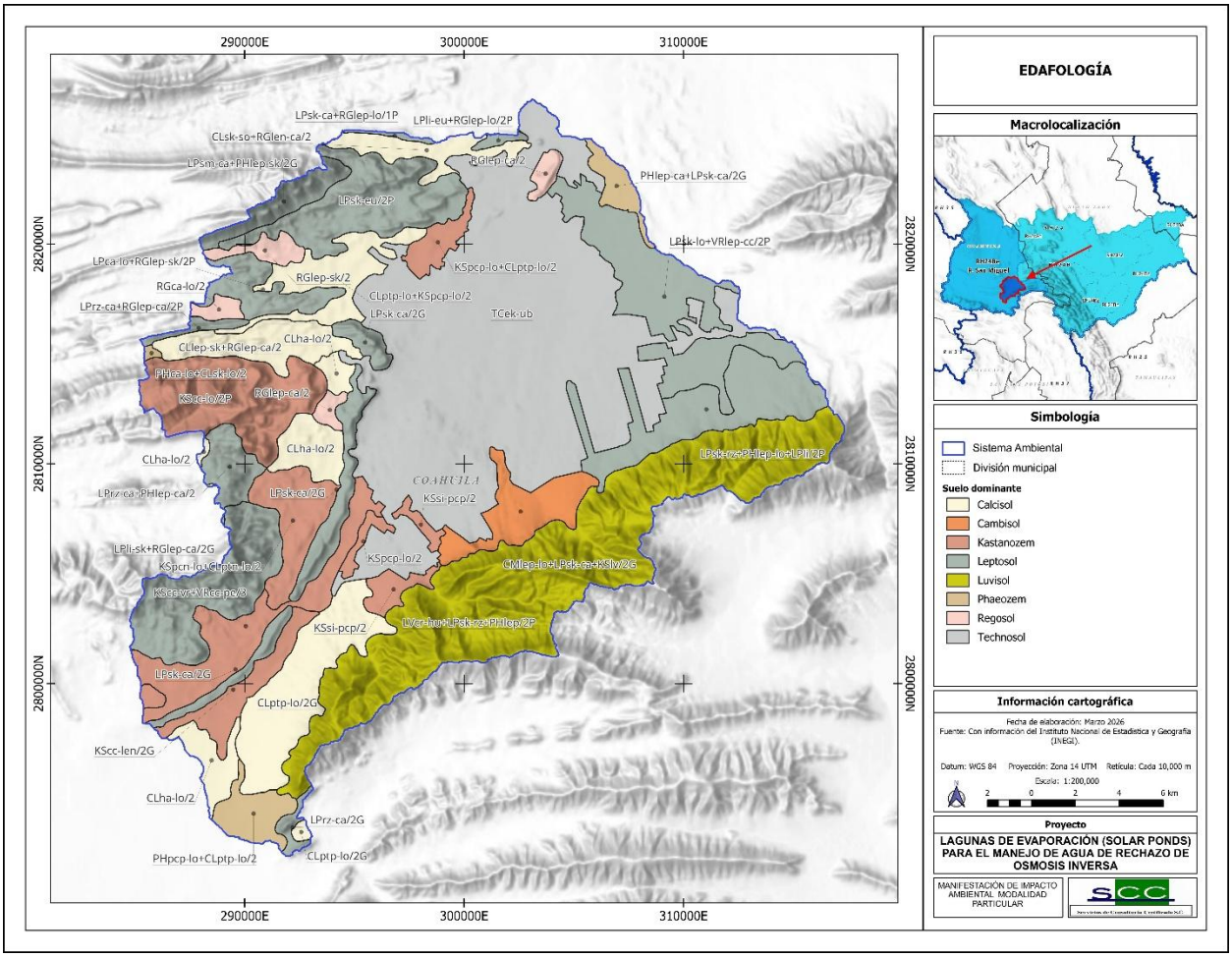


Figura III.36. Edafología en el SA.

Por tanto, las asociaciones de suelos presentes dentro de la zona de estudio en la que se encuentra el SA se describen en la Tabla que se presenta a continuación.

Tabla III.19. Unidades de suelo presentes en el SA.

Clave del perfil	Suelo 1	Calificador principal del suelo 1	Calificador suplementario del suelo 1	Suelo 2	Calificador principal del suelo 2	Calificador suplementario del suelo 2	Suelo 3	Calificador principal del suelo 3	Textura	Limitante física	Hectáreas
CLha-lo/2	Calcisol	Háplico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	1,553.66
CLlep-sk+RGlep-ca/2	Calcisol	Epiléptico	Esquelético	Regosol	Epioléptico	Calcárico	N	N/A	Media	Ninguna	1,261.30
CLptp-lo/2	Calcisol	Epipétrico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	4.15
CLptp-lo/2G	Calcisol	Epipétrico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Gravosa	2,576.75
CLptp-lo+KSpcp-lo/2	Calcisol	Epipétrico	Loámico	Kastanozem	Epipetrocálcico	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	1,327.51
CLsk-so+RGlen-ca/2	Calcisol	Esquelético	Sódico	Regosol	Endoléptico	Calcárico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	805.54
CMlep-lo+LPsk-ca+KSlv/2G	Cambisol	Epiléptico	Loámico	Leptosol	Esquelético	Calcárico	Kastanozem	Lúvico	Media	Gravosa	1,306.43
KScc-len/2G	Kastanozem	Cálcico	Endoléptico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Gravosa	962.21
KScc-lo/2P	Kastanozem	Cálcico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Pedregosa	2,643.24
KScc-vr+VRcc-pe/3	Kastanozem	Cálcico	Vértico	Vertisol	Cálcico	Pélico	Ninguno	N/A	Fina	Ninguna	2,015.48
KSpcn-lo+CLptn-lo/2	Kastanozem	Endopetrocálcico	Loámico	Calcisol	Endopétrico	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	1,225.17
KSpcp-lo/2	Kastanozem	Endopetrocálcico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	187.60
KSpcp-lo+CLptp-lo/2	Kastanozem	Epipetrocálcico	Loámico	Calcisol	Epipétrico	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	470.04
KSsi-pcp/2	Kastanozem	Somérico	Epipetrocálcico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	518.54
LPca-lo+RGlep-sk/2P	Leptosol	Calcárico	Loámico	Regosol	Epioléptico	sk	Ninguno	N/A	Media	Pedregosa	888.71
LPli-eu+RGlep-lo/2P	Leptosol	Lítico	Éutrico	Regosol	Epioléptico	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Pedregosa	99.60
LPli-sk+RGlep-ca/2G	Leptosol	Lítico	Esquelético	Regosol	Epioléptico	Calcárico	Ninguno	N/A	Media	Gravosa	2,452.67
LPrz-ca/2G	Leptosol	Réndzico	Calcárico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Gravosa	172.02
LPrz-ca+PHlep-ca/2	Leptosol	Réndzico	Calcárico	Phaeozem	Epioléptico	Calcárico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	673.79
LPrz-ca+RGlep-ca/2P	Leptosol	Réndzico	Calcárico	Regosol	Epioléptico	Calcárico	Ninguno	N/A	Media	Pedregosa	182.03
LPsk-ca/2G	Leptosol	Esquelético	Calcárico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Gravosa	1,516.48
LPsk-ca+RGlep-lo/1P	Leptosol	Esquelético	Calcárico	Regosol	Epioléptico	Loámico	Ninguno	N/A	Gruesa	Pedregosa	71.86
LPsk-eu/2P	Leptosol	Esquelético	Éutrico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Pedregosa	2,485.16
LPsk-lo+VRlep-cc/2P	Leptosol	Esquelético	Loámico	Vertisol	Epioléptico	Cálcico	Ninguno	N/A	Media	Pedregosa	3,226.70
LPsk-rz+PHlep-lo+LPli/2P	Leptosol	Esquelético	Réndzico	Phaeozem	Epioléptico	Loámico	Leptosol	Lítico	Media	Pedregosa	2,529.20
LPsm-ca+PHlep-sk/2G	Leptosol	Somerimólico	Calcárico	Phaeozem	Epioléptico	Esquelético	N/A	N/A	Media	Gravosa	711.25
LVcr-hu+LPsk-rz+PHlep/2P	Luvisol	Crómico	Húmico	Leptosol	Esquelético	Réndzico	Phaeozem	Epiléptico	Media	Pedregosa	9,476.92
PHca-lo+CLsk-lo/2	Phaeozem	Calcárico	Loámico	Calcisol	Esquelético	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	37.84
PHlep-ca+LPsk-ca/2G	Phaeozem	Epiléptico	Calcárico	Leptosol	Esquelético	Calcárico	Ninguno	N/A	Media	Gravosa	438.59
PHpcp-lo+CLptp-lo/2	Phaeozem	Epipetrocálcico	Loámico	Calcisol	Epipétrico	Loámico	Ninguno	N/A	Media	Ninguna	722.38
RGca-lo/2	Regosol	Calcárico	Loámico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	191.36
RGlep-ca/2	Regosol	Epiléptico	Calcárico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	367.68
RGlep-sk/2	Regosol	Epiléptico	Esquelético	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	Media	Ninguna	344.97
TCek-ub	Technosol	Ecránico	Úrbico	Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	17,047.49
Total											**60,494.31**

Descripción de los suelos

Calcisol (CL): Del latín *calcarius*, calcáreo. Suelos con más del 15% de carbonato de calcio en por lo menos una capa de 15 cm de espesor, pueden presentar una capa cementada (petrocálcico). Muchos cultivos en Calcisoles tienen éxito si son fertilizados con nitrógeno, fósforo, hierro y zinc. Es uno de los grupos de suelo más extendidos en el país. Están situados principalmente en zonas áridas de origen sedimentario (calizas y lutitas-areniscas) en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, irrigados, drenados (para prevenir la salinización) y fertilizados, pueden ser altamente productivos bajo una amplia variedad de cultivos.

Cambisol (CM): Del latín *cambiare*, cambiar. Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. No tienen un patrón climático definido, pero pueden encontrarse en alguna posición geomorfológica intermedia entre cualquiera de dos grupos de suelo considerados por la WRB. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente. Los Cambisoles éutricos de la zona templada son muy productivos.

Kastanozem (KS): Del latín *castanea*, castaño y del ruso zemlja, tierra. Suelos de clima árido o semiárido, con una capa superficial gruesa de color pardo oscuro y rica en carbono orgánico, ricos en magnesio, potasio y carbonatos en el subsuelo. Requieren fertilizantes fosfatados y un buen programa de riego que evite riesgos de salinización. Son susceptibles a la erosión hídrica y eólica especialmente si son terrenos agrícolas en descanso o tierras de sobrepastoreo. Los Kastanozems se encuentran situados principalmente en el Bolsón de Mapimí, las llanuras de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Tanto el clima como el uso principal de este suelo son similares al del Chernozem, aunque con una mayor proporción de matorrales desérticos de tipo micrófilo, tamaulipeco y rosetófilo.

Leptosol (LP): Del griego *leptos*, delgado. Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como la sierra La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. También son abundantes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, el Carso Huasteco, al pie de la Sierra Madre Occidental y en todos los sistemas de cañones. Un caso particular son los extensos afloramientos calizos encontrados en la Península de Yucatán. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero.

Luvisol (LV): Del latín *luere*, lavar. Suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Los Luvisoles son generalmente fértiles para la agricultura. Son el quinto grupo de suelos más extendido sobre nuestro país y su distribución abarca superficies de bosques de pino en la Sierra Madre Occidental, extensas áreas de profundidad limitada en la Mesa del Centro, así como importantes superficies de pastizal en la llanura costera del Golfo.

Phaeozem (PH): Del griego *phaios*, oscuro, y del ruso zemlja, tierra. Suelos de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado. En México constituyen los suelos más importantes para la agricultura, por ejemplo, en los Altos de Jalisco, las llanuras de Querétaro, Hidalgo y norte de Guanajuato, en la Gran Meseta Chihuahuense, al pie de la Sierra Madre Occidental y en numerosos valles del sur y sureste de México.

Regosol (RG): Del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha

dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados frecuentemente con Leptosoles.

Technosol (TC): Del griego *technikos*, bien hecho. Suelos dominados o fuertemente influencia dos por todo tipo de material hecho o expuesto por la actividad humana que de otro modo no se produciría en la superficie de la tierra; la edafogénesis en estos suelos se ve fuertemente afectada por los materiales y su organización, se encuentra principalmente en áreas urbanas e industriales, donde la actividad humana ha propiciado la construcción de suelo artificial, sellado del suelo natural o la extracción de material. De este modo, las ciudades, carreteras, minas, basureros, derrames de petróleo, el carbón de depósito de cenizas y similares está incluido en Techno soles. Se ven fuertemente afectados por la naturaleza del material o de la actividad humana. Es probable que éstos contengan más sustancias tóxicas que otros grupos de suelos y deben ser tratados con cuidado.

Calificador principal del suelo 1

- **Calcárico (ca):**

Del latín *calcarius*, con cal. Suelo con más de 2% de carbonato de calcio. No tiene las propiedades específicas del horizonte cálcico.

- **Cálcico (cc):**

Del latín *calxis*, calcáreo. Horizonte o capa de suelo con más de 15% de carbonato de calcio o más de 5% de carbonatos secundarios al menos en 15 cm de espesor. Los carbonatos pueden estar dispersos o formar micelios, nódulos, concreciones o manchas. Se denominan hipercálcicos cuando tienen más de 50% de carbona tos de calcio o petrocálcicos cuando en el subsuelo se encuentra una capa cementada o compactada de carbonatos que la mayor parte de raíces no puede penetrar.

- **Crómico (cr):**

Del griego *kromos*, color. Suelo que tiene una capa de color roja de más de 30 cm de espesor.

- **Ecránico (ek):**

Suelo que tiene un horizonte de material como asfalto, concreto o una capa continua de piedras estructuradas por cualquier medio diferente al natural que empieza dentro de los 5 cm desde la superficie del suelo.

- **Endopetrocálcico (pcn):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene un horizonte petrocálcico que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

- **Epiléptico (lep):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene roca continua que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo

- **Epipétrico (ptp):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene una capa fuertemente cementada o endurecida que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

- **Epipetrocálcico (pcp):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene un horizonte petrocálcico que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

- **Esquelético (sk):**

Suelos con un horizonte de más de 40% del volumen ocupado por piedras, gravas y guijarros dentro de los primeros 100 cm de profundidad. Se denomina hiperesquelético cuando el volumen ocupado de piedras, gravas y guijarros es mayor a 80% del volumen del suelo.

- **Háplico (ha):**

Suelos sin desarrollo que no presentan rasgos de evolución o calificador de suelo notable.

- **Lítico (li):**

Del griego *lithos*, piedra. Suelos limitados por roca dura y continua a menos de 10 cm de profundidad. El caso más extremo es el afloramiento rocoso que se denomina nudilítico y tecnolítico.

- **Réndzico (rz):**

Indica que existe un suelo con un horizonte mólico que está directamente por encima de una capa rica en carbonato de calcio (40% o más). Cuando el horizonte mólico es menor de 20 cm se denomina someriréndzico.

- **Somérico (si):**

Suelo que tiene un horizonte mólico o úmbrico, de menos de 20 cm de espesor. La presencia de esta capa limita físicamente el crecimiento de las raíces y la infiltración del agua.

- **Somerimólico (sm):**

Es un suelo somero (poco profundo), generalmente con horizonte superficial tipo mólico (oscuro y rico en materia orgánica), pero cuya profundidad está limitada por roca o cementación. Son suelos delgados, con roca continua o capas fuertemente cementadas (tepetate o caliche) a menos de 100 cm de profundidad.

Calificador suplementario del suelo 1

- **Calcárico (ca):**

Del latín *calcarius*, con cal. Suelo con más de 2% de carbonato de calcio. No tiene las propiedades específicas del horizonte cálcico.

- **Epiléptico (lep):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene roca continua que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo

- **Epipetrocálcico (pcp):**

Indica la presencia de material técnico duro, roca continua o cementaciones en alguna profundidad del suelo entre 0 y 100 cm. Tiene un horizonte petrocálcico que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

- **Esquelético (sk):**

Suelos con un horizonte de más de 40% del volumen ocupado por piedras, gravas y guijarros dentro de los primeros 100 cm de profundidad. Se denomina hiperesquelético cuando el volumen ocupado de piedras, gravas y guijarros es mayor a 80% del volumen del suelo.

- **Éutrico (eu):**

Del griego *eu*, bueno. Suelos saturados con calcio, magnesio, sodio y potasio en la mayor parte de la solución. El estado éutrico puede considerarse un indicador adicional de buena fertilidad del suelo. Los suelos éutricos son característicos de clima seco o semiseco debido a la baja precipitación.

- **Húmico (hu):**

Del latín humus, tierra. Suelos ricos en carbono orgánico que tienen en promedio 1% o más en los primeros 50 cm de profundidad. Cuando tiene más de 5% se denomina hiperhúmico. En caso de Leptosoles debe contener 2% o más.

- **Loámico (lo):**

Horizonte de espesor mínimo de 30 cm que tiene una textura franca, franco arenoso, franco arcillo arenoso, franco arcilloso o franco arcillo limosa dentro de los primeros 100 cm de profundidad.

- **Réndzico (rz):**

Indica que existe un suelo con un horizonte mólico que está directamente por encima de una capa rica en carbonato de calcio (40% o más). Cuando el horizonte mólico es menor de 20 cm se denomina someriréndzico.

- **Sódico (so):**

Suelos con una capa de 20 cm o más con 6% de sodio o 15% de concentración de sodio más magnesio, dentro de los primeros 100 cm de profundidad.

- **Úrbico (ub):**

Suelo con un horizonte de menos 20 cm de espesor, dentro de los primeros 100 cm de profundidad que contiene artefactos y de los cuales una tercera parte son escombros y basura de asentamientos humanos.

- **Vértico (vt):**

Del latín *vertere* dar vuelta. Suelos con más de 30% de arcilla expandible (con abundantes grietas en seco) en algún horizonte de 25 cm de espesor. Tienen alta fertilidad y están asentados en las zonas agrícolas más productivas del país: Sinaloa, Veracruz, Tamaulipas, Querétaro y Guanajuato, por mencionar algunos.

Textura

- **Gruesa (1):** Suelos arenosos con más de 70% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

- **Media (2):** Comúnmente llamados francos, equilibrados en el contenido de arena, arcilla y limo.

- **Fina (3):** Suelos arcillosos con más de 35% de arcilla, que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secar se, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo.

Fase física

- Gravas y guijarros (G): Con gravas entre 2 mm hasta 60 mm de diámetro, distribuidos en más del 40% del polígono de suelo.

- Pedregosa (P): Con piedras mayores de 60 mm de diámetro, distribuidos en más del 40% del polígono de suelo.

III.2.4.2. Erosión de suelo

La erosión corresponde al desprendimiento del suelo debido a la acción de la lluvia, el viento o el oleaje. La cantidad del material que se separa del terreno depende de varios factores como son la cubierta vegetal y el grado de intemperismo. Es un proceso natural y es útil porque permite se desplacen materiales de unos suelos a otros para, en algunas ocasiones, recuperar la fertilidad.

En general, el conocer el tipo, forma y grado de erosión de un sitio permite establecer datos de utilidad en los programas de restauración hidrológica forestal de cuencas, programas para la desertificación, conservación de suelos, protección del medio ambiente, investigación y educación, entre otras. Permitiendo entonces la jerarquización de las acciones de conservación, de tal forma que los programas de control de la erosión son más eficientes y generan resultados visibles a corto plazo.

Tabla III.20. Erosión en el SA.

Clave de puntos	Tipo de erosión	Forma de erosión	Grado de erosión	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
HL1	Hídrica	Laminar	Leve	2,423.33	4.01%
HL1+EO	Hídrica + Eólica	Laminar – Eólica	Leve - Otra	1,918.83	3.17%
HL3	Hídrica	Laminar	Fuerte	185.41	0.31%
HC3+HL2	Hídrica	Cárcavas - Laminar	Fuerte – Moderado	398.48	0.66%
A	Antrópica	N/A	N/A	111.68	0.18%
AH	Asentamientos humanos	N/A	N/A	10,878.40	17.98%
SE	Sin erosión evidente	N/A	N/A	36,515.03	60.36%
ZU	Zona urbana	N/A	N/A	8,063.16	13.33%
TOTAL				**60,494.31**	**100%**

A continuación, en la Figura III.37 se presenta la erosión del suelo en el SA.

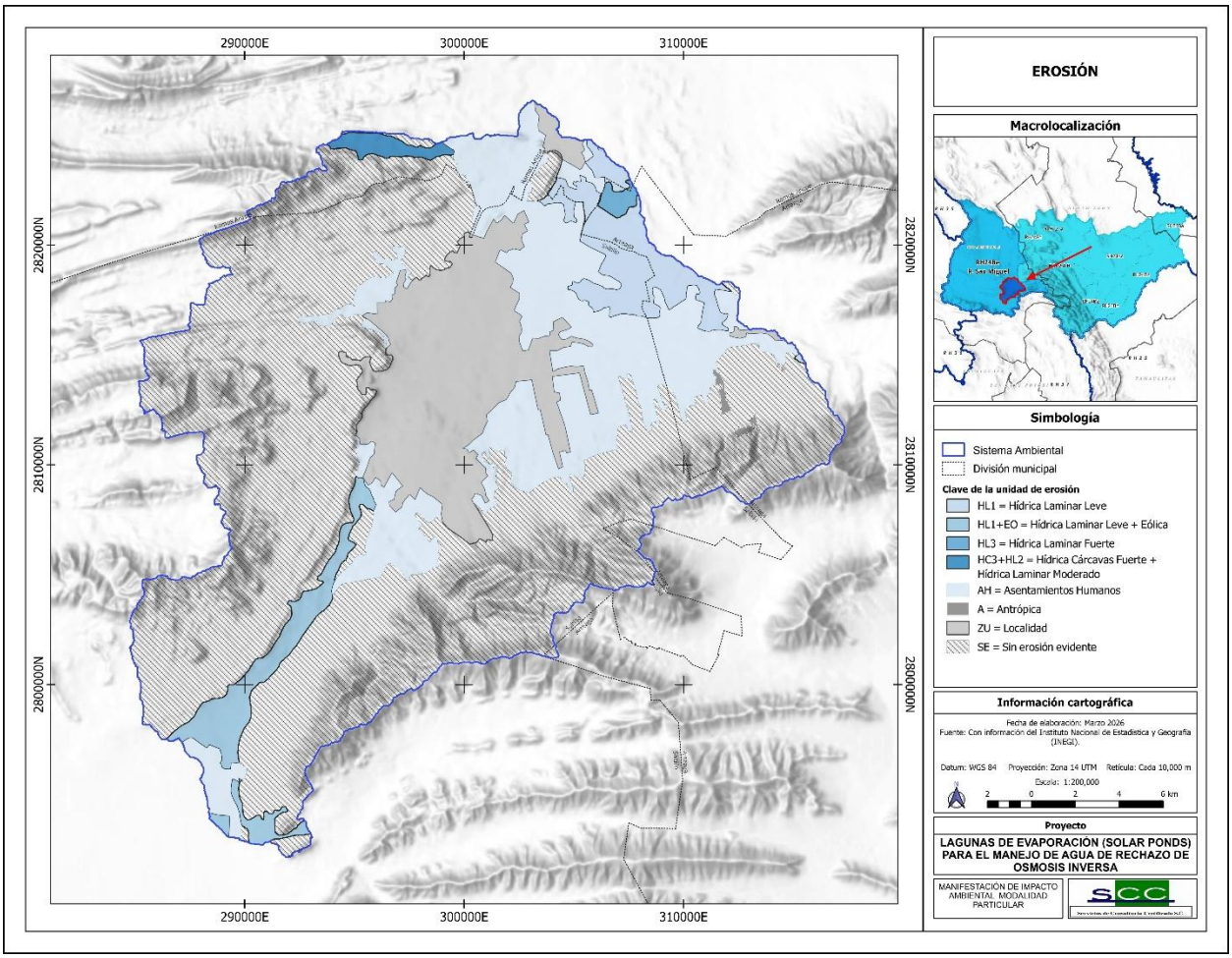


Figura III.37. Erosión del suelo en el SA.

Descripción de la erosión del suelo

Laminar Grado Leve (HL1): La pérdida de suelo es poco apreciable, con alguna de las siguientes evidencias: encostramiento, capas delgadas de partículas de diferentes tamaños (arena, gravas) dispuestas sobre la superficie, pequeños montículos, no existen remontantes o su formación es muy incipiente, manchones sobresalientes de vegetación, indicios de 85 actividad agropecuaria, canalillos y algún grado perceptible de compactación.

Laminar Grado Moderado (HL2): Pérdida parcial del suelo con alguna de las siguientes evidencias: remontantes discontinuos con altura promedio menor a 10 cm, presencia de pequeños montículos, algunos surcos aislados incluso con cárcavas dispersas, escasos afloramientos de roca o cementación, manchones de vegetación, canalillos y compactación de suelo.

Laminar Grado Fuerte (HL3): Pérdida del suelo en la mayor parte de la superficie, puede presentar evidencias como presencia de remontantes (más de 10 cm de profundidad), montículos (más de 5 cm de profundidad), fragmentos gruesos, afloramientos de roca o cementación, alternados con zonas menos afectadas.

Cárcavas Grado Fuerte (HC3): Se identifica en campo cuando la profundidad y el ancho de las cárcavas son mayores a 200 cm. La erosión se aprecia a menudo en forma ramificada, confluyendo en los cauces principales de los escurrimientos. La distribución en el área entre una cárcava y otra es de aproximadamente 10 a 30 m. Es frecuente la presencia de cárcavas secundarias de menor dimensión interconectadas a la red dominante de cárcavas. Pueden presentarse estructuras en forma de pedestales, que confluyen donde se unen los cauces, quedando expuestas las diferentes capas u horizontes del suelo.

Eólica Otra (EO): Se refiere a todas aquellas áreas que presentan problemas de erosión eólica y donde la estimación o medición es bastante compleja. Su identificación es directamente en campo, en ocasiones se puede apreciar pequeñas capas de arena sobre la superficie o bien zonas con actividades agrícolas generalmente de temporal o nomadismo, cultivos abandonados o uso pecuario extensivo y presencia de tolvaneras

III.2.5. Hidrología superficial

Para el caso de la situación de la hidrología superficial en las inmediaciones del SA, se determina que el SA es cruzada por un cauce principal y por diversas corrientes de agua de tipo intermítete, los cuales solamente conducen agua durante la temporada de lluvias, así mismo se aprecia en la siguiente figura que existen diversos cuerpos de agua dentro del SA.

En la **Figura III.38** se observa la hidrología superficial en las inmediaciones del SA.

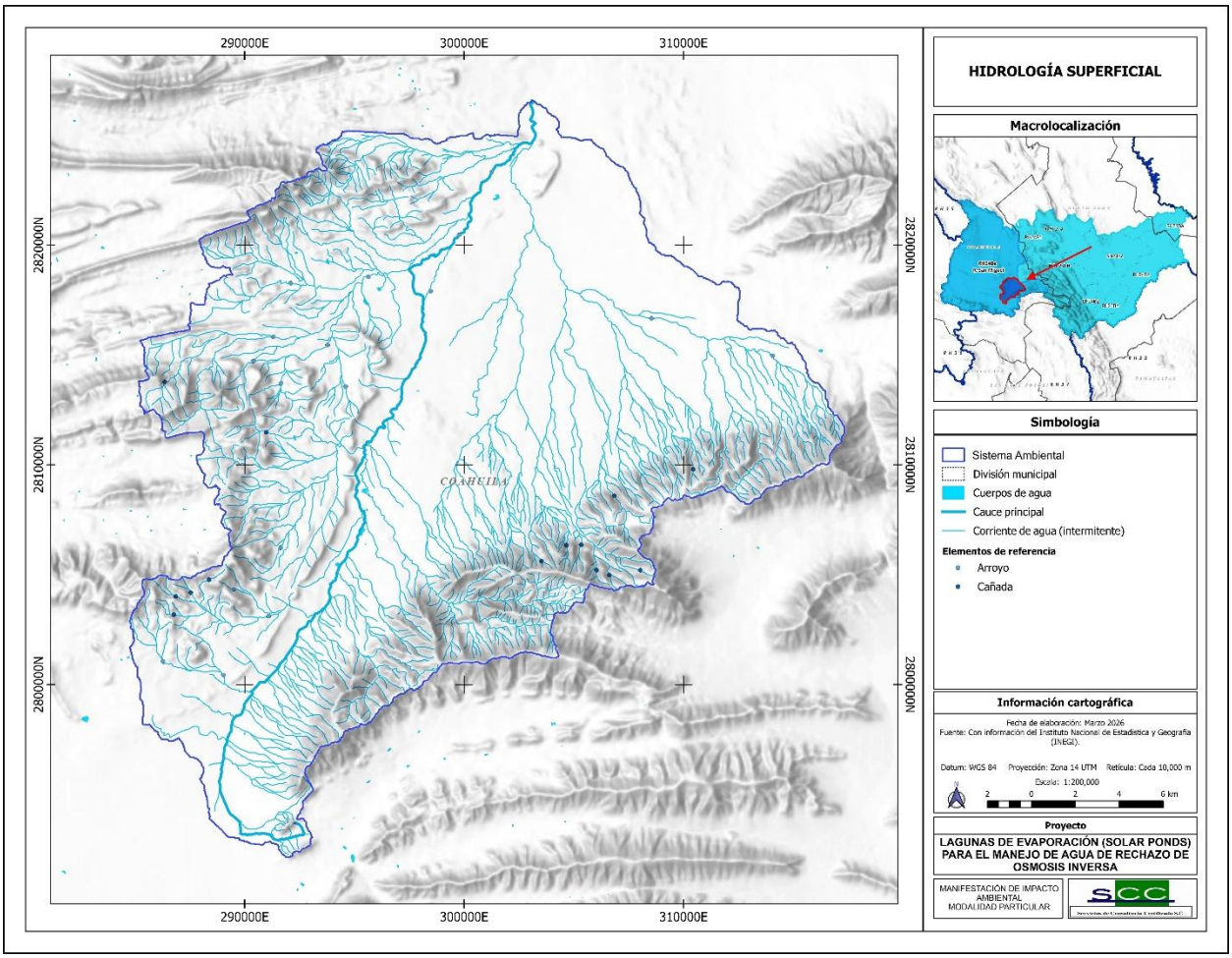


Figura III.38. Hidrología superficial en el SA.

De acuerdo con la citada información, el SA cuenta con un total de 1,861 corrientes de tipo intermitente que comprenden una longitud total de 1,312 km.

La corriente principal es el río La Encantada, conocido localmente como arroyo Del Pueblo; sus principales tributarios son el arroyo Ceballos, arroyo La Tórtola, arroyo Los Ojitos, arroyo El Charquillo, arroyo Boca de León o Los Ramones, arroyo Blanco, arroyo El Cuatro, arroyo Los Narro, arroyo San Lorenzo o El Mimbre, arroyo Santiago, arroyo De Flores y arroyo Ramirillos.

No existen mediciones de gasto de estos escurrimientos, sin embargo, con base en la información recopilada de eventos extraordinarios, se determinó que existen peligros de crecidas e inundaciones a lo largo del cauce de los arroyos que atraviesan la ciudad, así como una problemática seria de encharcamientos en las zonas planas a donde drena buena parte de estos escurrimientos.

Parte de la problemática está relacionada con la fisiografía de la zona de estudio, pero en lo que respecta a la zona metropolitana, otro de los aspectos que acrecienta esta problemática son las invasiones de los cauces de los arroyos por asentamientos humanos (regulares e irregulares), el relleno con materiales de desecho de los cauces, en muchas ocasiones con la

autorización de las autoridades; así como el extendido uso de los arroyos como tiraderos clandestinos.

III.2.5.1. Microcuenca o cuencas hidrológicas de incidencia

De acuerdo con el INEGI se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas en el país, las cuales se han agrupado y/o subdividido en cuencas hidrológicas. Dichas cuencas del país se encuentran organizadas en 37 Regiones Hidrológicas, que a su vez se agrupan en 13 Regiones Hidrológicas-Administrativas (RHA).

El SA se encuentra inmerso dentro de la Región Hidrológica Bravo – Conchos (RH24), en la Cuenca Bravo – San Juan (Clave B) y subcuenca R. San Miguel (Clave e) por lo que su clave es RH24Be, como se presenta en la Figura III.39.

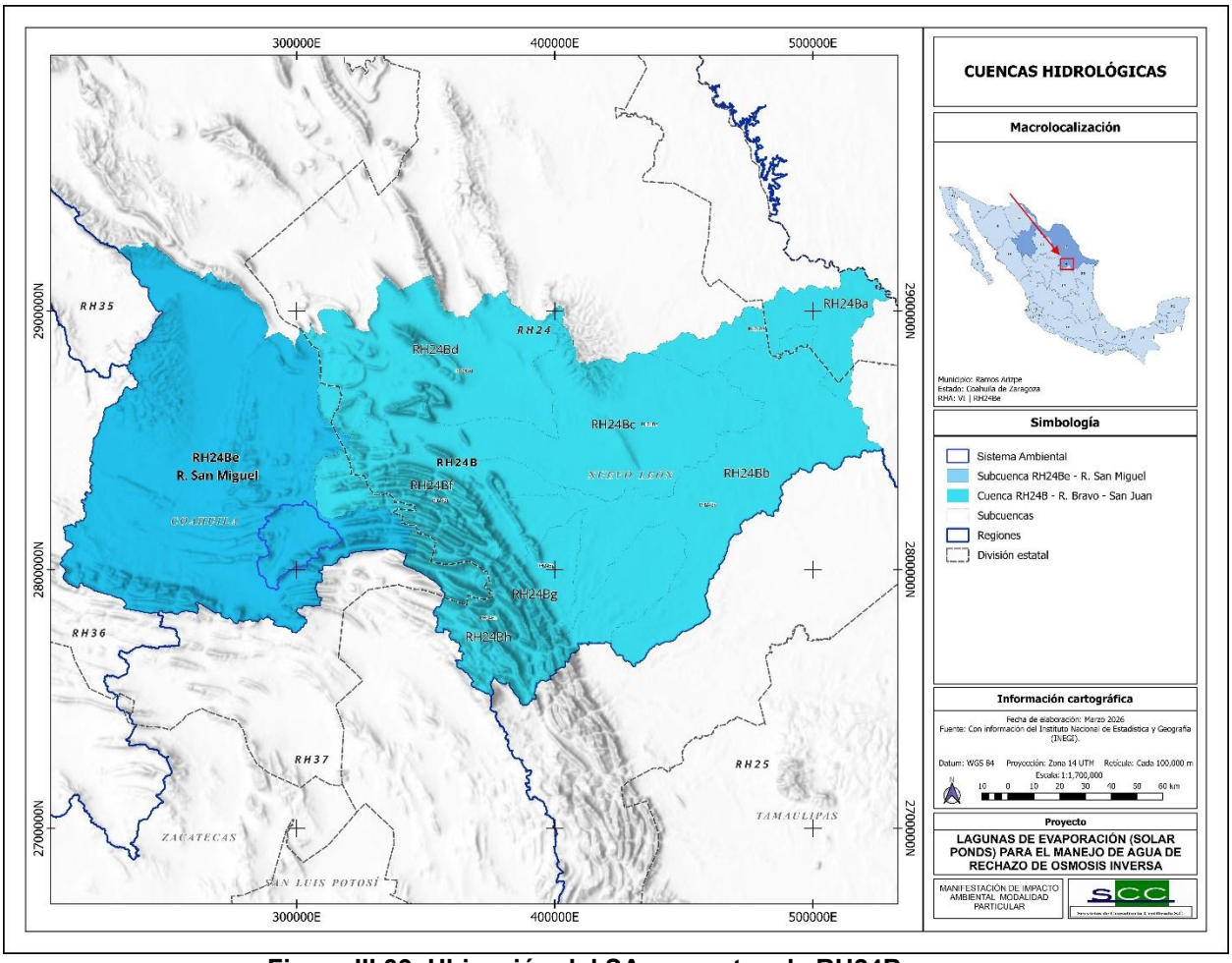


Figura III.39. Ubicación del SA respecto a la RH24Be.

III.2.5.2. Principales ríos que tendrán interacción con el proyecto

En relación con los principales ríos o corrientes superficiales que tendrán interacción con el proyecto, se identificó que el cauce principal corresponde al Arroyo del Pueblo, el cual se ubica en el área de influencia inmediata del proyecto y presenta interacción directa con el polígono.

De acuerdo con la Figura III.38. el Arroyo del Pueblo corresponde a una corriente de orden 6, por lo que representa el cauce principal de mayor importancia en la región ecológica y del sitio del proyecto. Asimismo, al este del área del proyecto se identifica otra corriente de orden 5, la cual forma parte del mismo sistema de drenaje superficial y se encuentra próxima al área del proyecto.

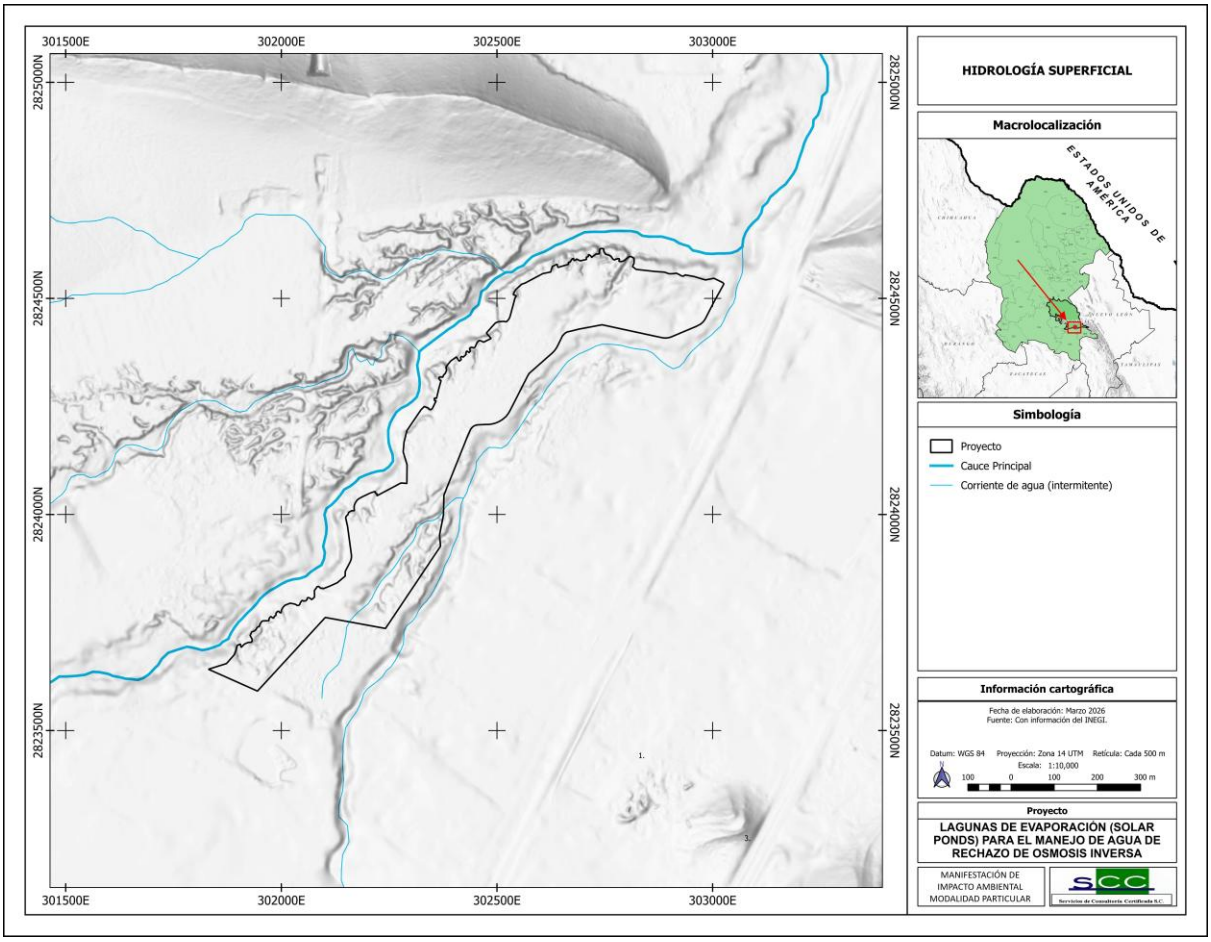


Figura III.40. Hidrología superficial del Sitio del Proyecto.

El Arroyo del Pueblo es una corriente de régimen intermitente, por lo que transporta agua principalmente durante la temporada de lluvias o en eventos de precipitación importantes. En condiciones normales de estiaje no presenta flujo permanente. Además, dentro del área del proyecto no se identifican cuerpos de agua permanentes.

III.2.5.3. Características físicas del cuerpo de agua

Con base en la hidrología superficial de la Región Ecológica, representada en la Figura X, se identificaron **20 cuerpos de agua**, todos ellos de carácter **intermitente**, de acuerdo con la información del Conjunto Topográfico Nacional del INEGI más reciente disponible.

Estos cuerpos de agua no corresponden a lagos, lagunas o presas permanentes, sino a zonas que almacenan o conducen agua de manera temporal, principalmente durante la temporada de lluvias o después de eventos de precipitación importantes.

Por otra parte, de acuerdo con la hidrología superficial del área del proyecto, no se identifican cuerpos de agua dentro del polígono ni en su entorno inmediato. La interacción hidrológica más relevante corresponde a corrientes superficiales intermitentes, principalmente el Arroyo del Pueblo, descrito en el apartado anterior.

Cabe mencionar que el proyecto corresponde a una construcción de lagunas de evaporación solar integrada a la infraestructura del Complejo General Motors de Ramos Arizpe, por lo que sus actividades se desarrollarán dentro de un sistema controlado. En este sentido, no se contempla el aprovechamiento directo de cuerpos de agua naturales, ni la intervención, modificación o afectación de ríos, arroyos o cauces naturales.

Asimismo, el manejo del agua asociado al proyecto se realizará dentro del propio sistema operativo, evitando descargas o aportes directos hacia cuerpos de agua cercanos. Por lo anterior, no se prevé afectación directa sobre los cuerpos de agua identificados en la Región Ecológica ni sobre cuerpos de agua dentro del área del proyecto, ya que éstos no se encuentran presentes en el sitio de intervención.

III.2.5.4. Flora y fauna acuática

En el área del proyecto no se identifican cuerpos de agua permanentes, tales como lagos, lagunas, presas o cuerpos lénticos que mantengan condiciones constantes para el establecimiento de flora y fauna acuática.

La interacción hidrológica del proyecto se relaciona principalmente con corrientes superficiales intermitentes, en particular con el Arroyo del Pueblo, el cual presenta escurrimiento principalmente durante la temporada de lluvias o en eventos de precipitación importantes. Debido a este régimen temporal y con base en el muestreo realizado en campo, no se observó la presencia de comunidades acuáticas dentro del sitio del proyecto.

En la Región Ecológica se identificaron cuerpos de agua intermitentes; sin embargo, éstos se activan de manera temporal y no corresponden a ecosistemas acuáticos permanentes. Por lo tanto, la flora y fauna acuática asociada a estos sitios, en caso de presentarse, estaría condicionada a la disponibilidad temporal de agua y podría corresponder principalmente a organismos de presencia estacional o de aprovechamiento temporal del hábitat, como vegetación hidrófila temporal, macroinvertebrados, anfibios u otros grupos asociados a ambientes húmedos temporales.

Cabe señalar que el proyecto no contempla el aprovechamiento directo de cuerpos de agua naturales, ni la modificación, relleno, canalización, descarga o intervención directa sobre cuerpos de agua, ríos o cauces. El manejo del agua de rechazo de ósmosis inversa se realizará dentro de la infraestructura propia del proyecto, por lo que no se prevé afectación directa sobre flora o fauna acuática.

III.2.5.5. Calidad del agua de los cuerpos de agua

Dentro del área del proyecto no se identifican cuerpos de agua permanentes que pudieran ser objeto de una caracterización directa de calidad del agua, tales como lagos, lagunas, presas, bordos, etc.

Los cuerpos de agua identificados dentro de la Región Ecológica corresponden a elementos intermitentes, por lo que su presencia de agua depende principalmente de la temporada de lluvias y de eventos de precipitación. Debido a ello, no se cuenta con condiciones permanentes que permitan establecer una línea base de calidad del agua superficial dentro del sitio del proyecto.

Asimismo, el proyecto no contempla el aprovechamiento, extracción, descarga, modificación o intervención directa sobre cuerpos de agua naturales. El manejo del agua de rechazo de ósmosis inversa se realizará dentro de la infraestructura propia del proyecto, por lo que no se prevé afectación directa a la calidad del agua superficial.

III.2.5.6. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico correspondiente al proyecto se integra en el Anexo X, como parte de la información técnica complementaria para la evaluación de la hidrología superficial y su relación con las obras y actividades proyectadas.

Dicho anexo sirve como soporte para la revisión de las condiciones hidrológicas del sitio y para la definición de las medidas de prevención, mitigación o manejo que resulten aplicables durante las distintas etapas del proyecto.

III.2.5.7. Estudio hidráulico

El estudio hidráulico correspondiente al proyecto se integra en el Anexo X, como parte de la información técnica complementaria relacionada con las condiciones de conducción superficial y su posible interacción con las obras y actividades proyectadas.

Dicho anexo sirve como soporte para la revisión de las condiciones hidráulicas del sitio y para la definición de las medidas de prevención, mitigación o manejo que resulten aplicables durante las distintas etapas del proyecto.

III.2.6. Caudal ecológico

El caudal ecológico se refiere al régimen de agua necesario para mantener las funciones ecológicas de una corriente o cuerpo de agua, incluyendo la conservación del hábitat acuático, la vegetación asociada, la fauna, la calidad del agua y la continuidad de los procesos naturales del sistema hidrológico.

Para el presente proyecto, no se contempla el aprovechamiento, extracción, derivación, almacenamiento, regulación o descarga directa sobre corrientes o cuerpos de agua naturales. Asimismo, dentro del área del proyecto no se identifican cuerpos de agua permanentes que mantengan un flujo continuo o condiciones estables para el desarrollo de comunidades acuáticas permanentes.

Asimismo, en el siguiente apartado se analiza la NMX-AA-159-SCFI-2012 para la aplicabilidad de la misma.

III.2.6.1. NMX-AA-159-SCFI-2012. Determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas

La NMX-AA-159-SCFI-2012 establece el procedimiento y las especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales dentro de una cuenca hidrológica. Su aplicación se relaciona principalmente con casos en los que se requiere evaluar el régimen de flujo necesario para conservar ecosistemas acuáticos y riparios, especialmente cuando existen aprovechamientos, asignaciones, trasvases, infraestructura o modificaciones que puedan alterar la disponibilidad de agua o el régimen hidrológico natural.

Se revisó la relación del proyecto con las corrientes superficiales identificadas en el sitio y su entorno inmediato. En la figura III.38 anterior presentada se observa la presencia de cauces intermitentes de diferente orden, entre ellos el Arroyo del Pueblo, correspondiente a una corriente de orden 6, así como una corriente intermitente de orden 5 en las inmediaciones del área del proyecto. Asimismo, dentro del polígono se identifica una corriente intermitente de orden 1, asociada al drenaje pluvial local.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los puntos clave de la NMX-AA-159-SCFI-2012, considerando que dicha norma establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales dentro de una cuenca hidrológica.

Punto de la NMX-AA-159-SCFI-2012	Aspecto clave	Vinculación con el proyecto
Definición de caudal ecológico	La NMX define el caudal ecológico como la calidad, cantidad y régimen del flujo o variación de niveles de agua requeridos para mantener componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos epicontinentales.	Las obras del proyecto no tienen como finalidad modificar la cantidad, calidad o temporalidad del flujo de corrientes o cuerpos de agua naturales.
0. Introducción	La norma señala que el caudal ecológico busca mantener el equilibrio del ciclo hidrológico y proteger ecosistemas riparios, acuáticos terrestres y costeros. También refiere que los caudales ecológicos contribuyen a conservar ecosistemas lóticos, incluyendo ríos perennes, intermitentes y efímeros.	En el área del proyecto se identifica una corriente intermitente de primer orden, asociada al drenaje pluvial local. Asimismo, en el entorno inmediato se localizan cauces de mayor orden, como el Arroyo del Pueblo (de sexto orden) y una corriente intermitente de quinto orden. El proyecto no contempla aprovechamiento, descarga o modificación de dichos cauces principales.
1. Objetivo	La norma establece el procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales dentro de una cuenca hidrológica.	Los cauces principales identificados en el entorno del proyecto corresponden al Arroyo del Pueblo (de orden 6) y a una corriente intermitente de orden 5. Dichos cauces no serán aprovechados, desviados, regulados, entubados, rellenados o intervenidos por el proyecto. En consecuencia, no se actualiza la necesidad de determinar formalmente un régimen de caudal ecológico para corrientes o cuerpos de agua nacionales.
2. Campo de aplicación	La NMX aplica a quienes realicen estudios para solicitar asignaciones, construir infraestructura, realizar trasvases entre cuencas o casos similares a evaluación de impacto ambiental; también se relaciona con corrientes o cuerpos de agua cuyos acuerdos de disponibilidad no consideren caudal para conservación.	El proyecto no considera asignaciones de agua superficial, trasvases, derivaciones, infraestructura de regulación de caudales ni descargas hacia cuerpos de agua. La infraestructura proyectada corresponde a lagunas de evaporación para el manejo de agua de rechazo de ósmosis inversa dentro del predio del complejo industrial, sin aprovechamiento directo de corrientes superficiales.
5. Especificaciones	La norma indica que sus especificaciones se aplican en estudios para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o	La evaluación del proyecto identifica cauces principales alrededor del área de intervención, pero no prevé su afectación directa. Respecto a la corriente intermitente de orden 1 dentro del polígono, ésta se

Punto de la NMX-AA-159-SCFI-2012	Aspecto clave	Vinculación con el proyecto
	cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica.	atiende como parte del manejo del drenaje pluvial local, sin que se identifique como corriente nacional sujeta a determinación formal de caudal ecológico.
Apéndice B Infraestructura y alteración del régimen hidrológico	La NMX reconoce la alteración ecohidrológica como la modificación inducida de la calidad, cantidad y temporalidad de los regímenes hidrológicos causada por infraestructura hidráulica, carretera o urbana, principalmente.	El proyecto no contempla infraestructura hidráulica para regular, derivar o modificar el caudal de los cauces principales de competencia federal.

Con base en la vinculación anterior, se concluye que no se actualizan las condiciones técnicas para desarrollar una determinación formal del régimen de caudal ecológico conforme a la NMX-AA-159-SCFI-2012, toda vez que el proyecto no contempla modificar la cantidad, calidad, temporalidad o régimen de flujo de corrientes o cuerpos de agua nacionales.

Asimismo, en el plano general del proyecto del capítulo I, se observa la delimitación federal correspondiente, lo que permite verificar la relación de las obras proyectadas con los cauces sujetos a jurisdicción federal.

III.2.7. Hidrología subterránea

La unidad geohidrológica es un área con uno o varios tipos de roca o material granular cuyas características fisicoquímicas permiten, en diferente grado, almacenar y transmitir el agua subterránea.

Las evidencias geológicas, geofísicas y geohidrológicas permiten definir la presencia de dos subsistemas geohidrológicos, uno es el denominado “Acuífero Parras”, acuífero de tipo libre o continuo, heterogéneo y anisótropo, constituido por lutitas calcáreas de muy baja permeabilidad, la presencia de esta formación en el valle y en contacto con los materiales aluviales en conjunto constituyen una unidad acuífera con pozos de bajo caudal, al cual se denomina sistema “Valle de Saltillo”.

El segundo subsistema geohidrológico hace referencia al “Acuífero Calizo”, de tipo semiconfinado, heterogéneo y anisótropo, constituido por diversas formaciones calcáreas, que por su posición estratigráfica y ubicación forman las principales sierras en las inmediaciones del valle de Saltillo. En él se perforaron la mayor parte de los pozos de caudal medio a alto para el abastecimiento de agua potable a las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe.

El SA se ubica dentro de los límites del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe compuesto por los subsistemas descritos en párrafos anteriores.

Las características de la hidrología subterránea que se presenta en el sitio donde se localiza el SA se muestran en la **Figura III. 41**.

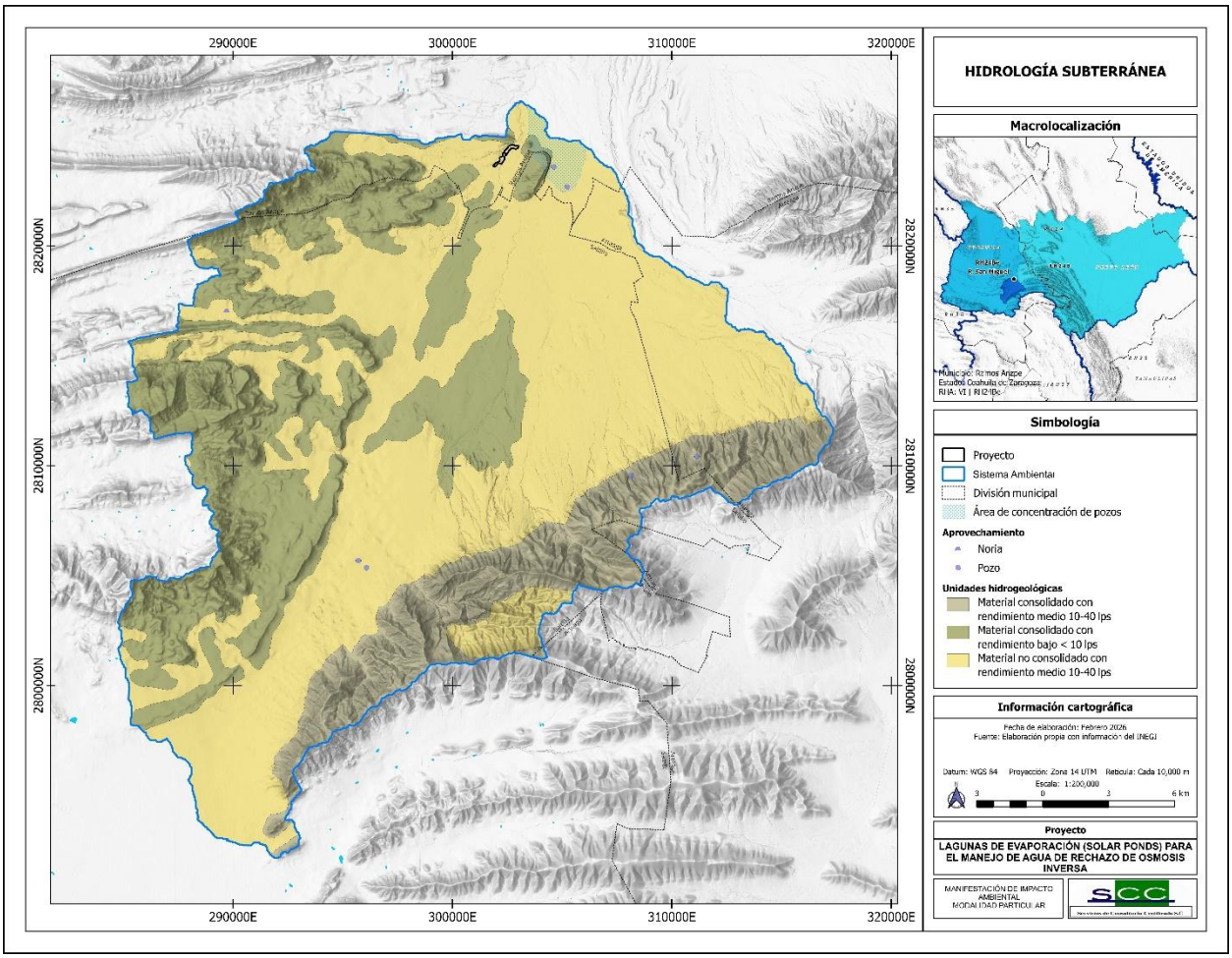


Figura III.41. Hidrología subterránea en el SA.

Descripción de la hidrología subterránea:

Material consolidado con rendimiento medio 10-40 lps:
Este grupo está compuesto principalmente por rocas sedimentarias que han pasado por procesos de compactación y cementación. Calizas fracturadas y dolomitas, esto corresponde a formaciones marinas del Cretácico. El agua no fluye a través de los poros de la roca (que suelen estar cerrados), sino a través de fracturas, fallas y grietas de disolución cárstica.

Material consolidado con rendimiento bajo <10:
Se refiere a formaciones rocosas densas con escasa deformación estructural o materiales finos cementados. Lutitas, margas y limolitas (como las de la Formación Parras o Difunta). Son rocas con muy baja interconexión de poros. Aunque pueden estar saturadas, la velocidad de liberación del agua es muy lenta.

Material no consolidado con rendimiento medio 10-40 lps:
Corresponde a depósitos superficiales o profundos de sedimentos sueltos que no se han convertido en roca. Aluviones, depósitos de pie de monte, gravas y arenas mezcladas con limos. El agua se almacena en los espacios entre los granos de arena y grava. Su rendimiento depende directamente del espesor del sedimento y del tamaño de partícula (a mayor tamaño de grava, mejor flujo).

III.2.7.1. Acuífero que tendrá incidencia con el proyecto

El SA incide en varios acuíferos, tales como Gral. Cepeda – Sauceda, Cañón del Derramadero, Región Manzanera – Zapaliname, y Saltillo Ramos Arizpe. La **Figura III.42** plasma la localización del SA dentro de los acuíferos de incidencia y los colindantes.

Se destaca que, la mayor parte de la superficie del SA está dentro del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe (0510) y solo abarca pequeñas porciones de los acuíferos Cañón de Derramadero (0502), general Cepeda-Sauceda (0505) y Región Manzanera- Zapaliname (0511).

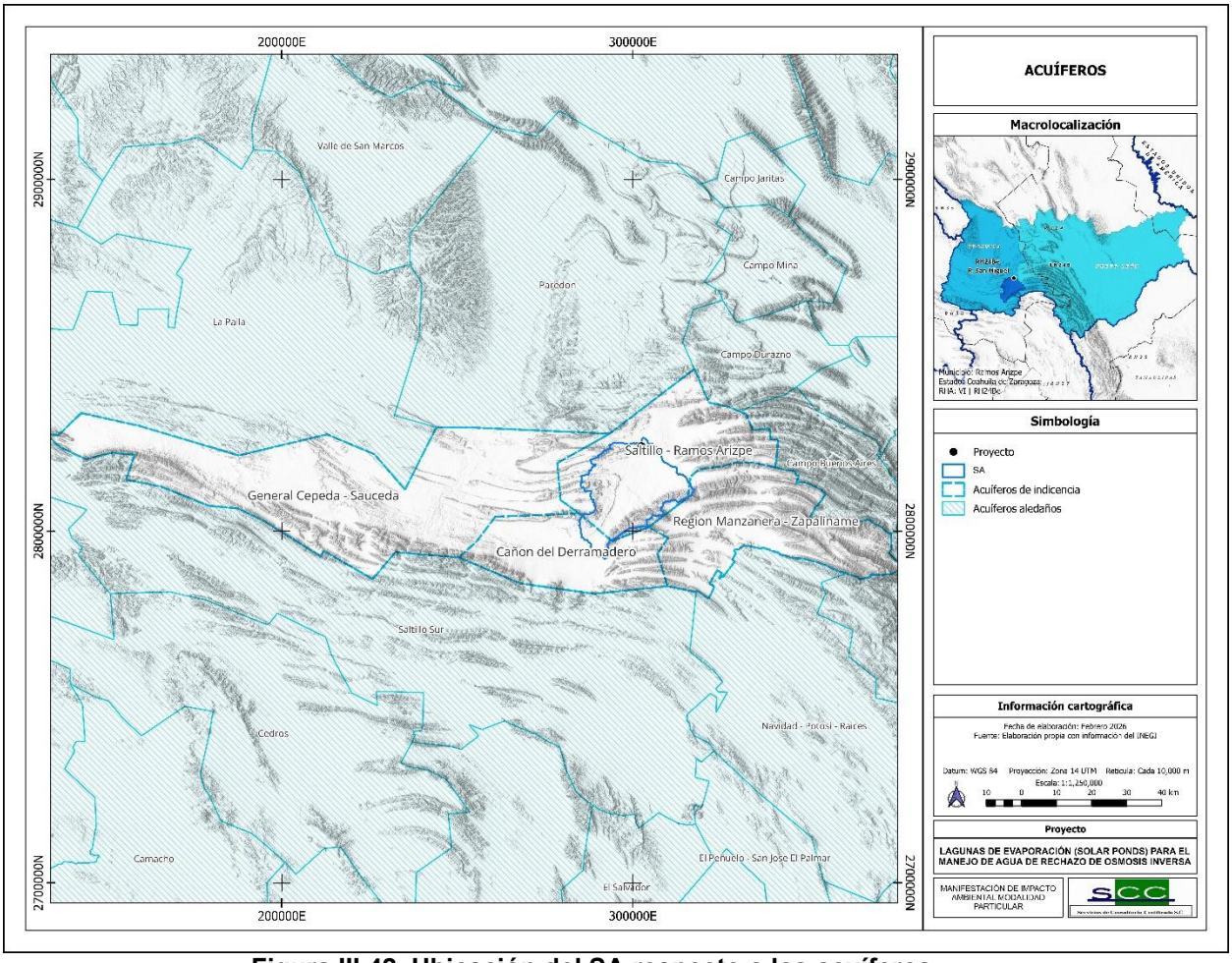


Figura III.42. Ubicación del SA respecto a los acuíferos.

Los acuíferos mencionados presentan características de disponibilidad de agua subterránea presentados en la tabla siguiente, en donde se señala que las condiciones de los acuíferos de incidencia se encuentran sobreexplotados.

III.2.7.2. Disponibilidad del agua del acuífero

A continuación, se presenta en la siguiente tabla, las características de disponibilidad de agua subterránea de los acuíferos de incidencia, donde datos muestran que ninguno de los

acuíferos presenta disponibilidad media anual positiva (DMA = 0), lo que indica que no existe volumen excedente susceptible de ser concesionado para nuevos aprovechamientos de agua subterránea. Así mismo, todos registran una disponibilidad negativa, reflejando condiciones de déficit hídrico derivadas de que el volumen comprometido y el extraído supera la recarga natural.

Tabla III.21. Características de disponibilidad de agua subterránea de los acuíferos de incidencia (CONAGUA, 2024).

Acuífero	R	DNC	VEAS	DMA	
				Positiva	Negativa
	Cifras en millones de metros cúbicos anuales				
Gral. Cepeda – Sauceda	113.4	30.5	146.8952	0	-63.99519
Cañón del Derramadero	31.6	5.1	29.2386	0	-2.738602
Región Manzanera – Zapaliname	55.2	3.6	89.74143	0	-38.14143
Saltillo Ramos Arizpe	65.9	2.7	118.1128	0	-54.91281

***R:** recarga total media anual; **DNC:** descarga natural comprometida; **VEAS:** volumen de extracción de aguas subterráneas; **DMA:** disponibilidad media anual de agua del subsuelo.*

En conjunto, la información de CONAGUA evidencia que los acuíferos de influencia se encuentran bajo una condición de presión sobre el recurso hídrico subterráneo, por lo que, en este contexto, el proyecto "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa" es compatible con las condiciones de disponibilidad hídrica de la zona, ya que **no contempla la extracción de agua subterránea ni la solicitud de nuevos volúmenes concesionados** para su operación.

La infraestructura tiene como finalidad el manejo y disposición final, mediante evaporación solar, del agua de rechazo generada por el sistema de ósmosis inversa existente, utilizando un flujo residual previamente generado por las actividades industriales y sin incrementar la presión sobre los acuíferos de la región. El abastecimiento de agua para las necesidades del personal durante las etapas de preparación del sitio y construcción será temporal y mediante fuentes previamente autorizadas.

En consecuencia, considerando la condición deficitaria de los acuíferos de la región, la ausencia de extracción de agua subterránea como parte del proyecto, la utilización de una corriente residual industrial ya existente y la aplicación de medidas integrales de mitigación, compensación y vigilancia ambiental, se concluye que la ejecución del proyecto es ambientalmente viable y congruente con los principios de gestión sostenible del recurso hídrico, ya que contribuye al manejo adecuado de efluentes industriales sin generar una demanda adicional sobre los acuíferos que actualmente presentan condiciones de sobreexplotación.

En la siguiente tabla, se presenta la interpretación técnica del balance hídrico de los acuíferos mostrados en la tabla anterior.

Tabla III.22. Interpretación del balance hídrico de los acuíferos.

Clave	Nombre	Interpretación del Balance
0502	Cañón de Derramadero	• Muy bajo déficit de agua subterránea.

Clave	Nombre	Interpretación del Balance
		• El acuífero presenta *déficit moderado* de ~–2.7 hm³/año. • Es vulnerable a presión de extracción si se intentan nuevas concesiones.
0505	General Cepeda-Sauceda	• Presenta *déficit significativo* (≈ –64 hm³/año). • Su disponibilidad teórica ya es negativa, lo que indica explotación mayor a la recarga. • Cualquier proyecto con uso subterráneo de agua debe tomar en cuenta restricción fuerte.
0510	Saltillo-Ramos Arizpe	• Es el más importante para abastecimiento urbano e industrial de Saltillo y zona conurbada. • Tiene un déficit estimado por CONAGUA de ~ –54.9 hm³/año. • Esto confirma el carácter *sobreexplotado* del acuífero.
0511	Región Manzanera-Zapalinamé	• También presenta déficit (≈ –38.1 hm³/año). • Su recarga es moderada pero la extracción actual es muy elevada.

Geología del Subsuelo

La información aquí explicada se refiere a las características del subsuelo del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe.

De acuerdo con la información geológica y geofísica recada en el acuífero y por correlación con acuíferos vecinos, así como la información obtenida de cortes de pozos, es posible definir que en el subsuelo se presentan lutitas, areniscas y calizas, sobreyacidas por delgados espesores de depósitos aluviales y coluviales, así como de piedemonte hacia los flancos de las sierras que delimitan el acuífero.

El sustrato donde se aloja el acuífero está constituido por dos medios: un medio granular en la parte superior, conformado por una delgada capa de sedimentos aluviales y coluviales producto de la erosión de las partes altas de las sierras, que han sido transportados a través de los abanicos aluviales, por escurrimientos superficiales para ser depositados en los cauces de los arroyos y las planicies, así como por conglomerados polimícticos; la parte inferior es un medio fracturado constituido por lutitas y lutitas calcáreas alteradas de la Formación Parras, que junto con la unidad superior forman un acuífero de baja permeabilidad y de reducida capacidad de almacenamiento. La mayor parte del subsuelo de la región está conformada por las lutitas calcáreas de la Formación Parras cubierta en ocasiones por la secuencia de lutitas y areniscas del Grupo Difunta.

El predominio de sedimentos granulares y conglomerados polimícticos de granulometría fina, y la presencia de lutitas, le confieren muy baja permeabilidad al acuífero, dado que los bajos caudales que aporta sólo son suficientes para el abastecimiento de las necesidades del uso doméstico-abrevadero. Las fronteras y barreras al flujo subterráneo, así como el basamento geohidrológico del acuífero, están representadas por las mismas rocas sedimentarias cuando

se presentan inalteradas y al desaparecer el fracturamiento, así como por la secuencia de depósitos terrígenos finos que conforman las lutitas y limolitas. A mayor profundidad se considera que el basamento geohidrológico regional está constituido por la secuencia de calizas arcillosas y lutitas del Cretácico Inferior y Jurásico
La secuencia de rocas carbonatadas del Cretácico Inferior y Jurásico Superior constituye un acuífero de alta permeabilidad que al estar sobreyacidos por rocas arcillosas, presenta condiciones de semiconfinamiento y confinamiento. Este es la unidad que se explota para satisfacer las necesidades de los usos mayores en la región.

Hidrogeología del acuífero

Las evidencias hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido por un medio granular y otro fracturado. La porción superior está conformada por sedimentos aluviales, de granulometría variada, así como conglomerados polimícticos, cuyo espesor puede alcanzar algunas decenas de metros en el centro de los valles; la porción inferior se aloja en una secuencia de rocas sedimentarias, principalmente lutitas de la Formación Parras, cuando presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. Esta es la unidad que se explota para satisfacer las necesidades del uso doméstico y pecuario.

Las calizas cretácicas y jurásicas representan un acuífero de buen potencial que presenta condiciones de semiconfinamiento y confinamiento, debido a que están sobreyacidas por lutitas y limolitas. Por su posición estratigráfica y ubicación forman las principales sierras que limitan al valle, constituyendo las zonas de recarga. En el subsuelo conforman el acuífero que representa actualmente la principal fuente de abastecimiento de agua potable para abastecimiento de Saltillo.

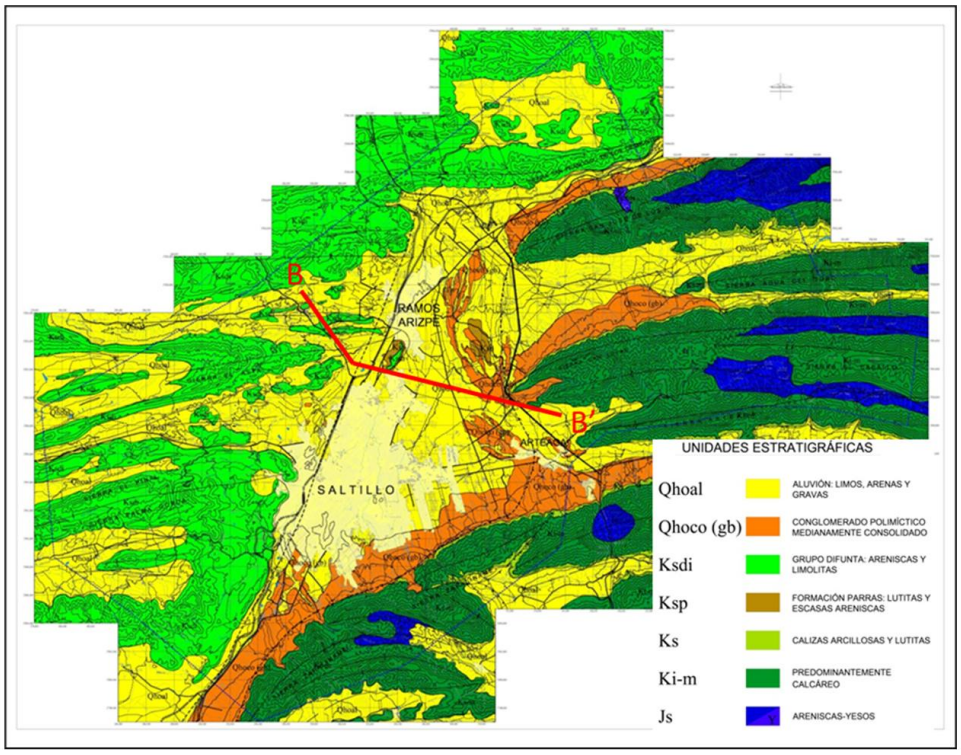


Figura III.43. Ubicación de la sección geológica esquemática B-B´.

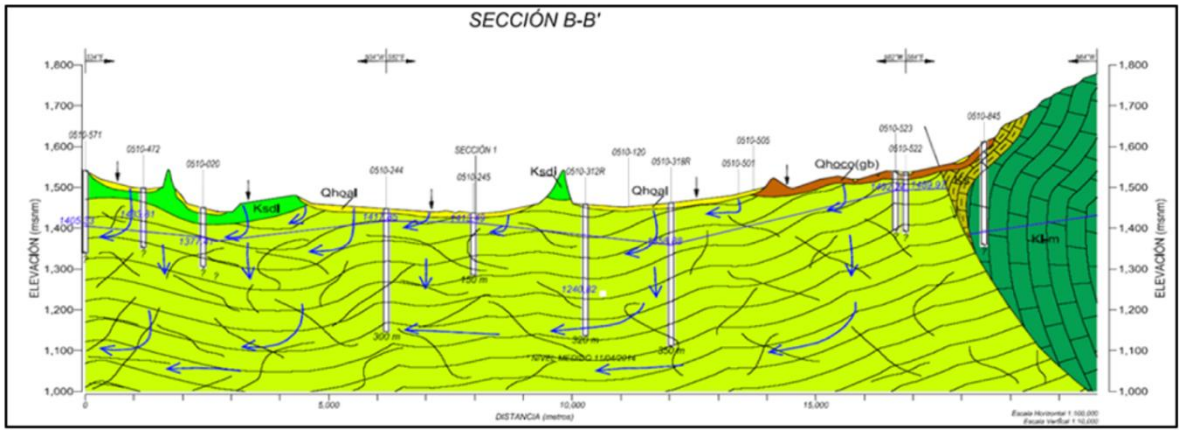


Figura III.44. Sección geológica esquemática B-B´ próxima a las lagunas de evaporación del SP.

Parámetros hidráulicos del acuífero

En el período 1996-2014, la CONAGUA ejecutó 15 pruebas de bombeo de corta duración, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación. Adicionalmente se recopiló información de 10 pruebas del estudio realizado en 2007 y 19 más realizadas en 1996. De su interpretación por métodos analíticos convencionales se determina que los valores medios de transmisividad varían entre 6.0 x 10^{-6} y 3.4 x 10^{-1} m^2/s, con un valor promedio de 25.5 x 10^{-3} m^2/s. Los valores de conductividad hidráulica varían de 1.05 x 10^{-3} y 1.6 x 10^{-8} m/s (90.7 a 0.001 m/d). Los valores más altos corresponden a pozos perforados en rocas calizas, en las inmediaciones de las Sierras de Zapalinamé, San José de Los Nuncios y San Lucas, valores típicos de zonas calcáreas fracturadas, es decir que aportan mayores caudales. Mientras que los valores más bajos se presentan en los pozos construidos en el Valle de Saltillo y Ramos Arizpe, en zonas de relleno de baja permeabilidad o en lutitas, donde se tienen caudales relativamente menores.

Respecto a los valores del coeficiente de almacenamiento, estos se encuentran entre los 2.1 x 10^{-9} y 1.7 x 10^{-4}, obtenidos mediante pruebas de bombeo con pozo de observación en La Sierra de San Lucas y en la Zona de Ramos Arizpe, respectivamente.

Piezometría del acuífero

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se cuenta con la información recabada como parte de las actividades de los estudios realizados en 1996, 2007 y 2014. Para la descripción del comportamiento hidráulico únicamente se describe el último año y para la evolución el periodo 2007-2014.

<u>Profundidad al nivel estático</u>
La configuración de profundidad al nivel estático para el año 2014 muestra que los valores varían, de manera general, de 8 a 240 m, los cuales se incrementan, de manera general, por efecto de la topografía desde el centro de los valles hacia las estribaciones de las sierras que los delimitan, desde la zona urbana de Saltillo. Los niveles estáticos más someros, menores o iguales de 10 m, se presentan al suroeste de Saltillo y en el área urbana de las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe; en tanto que los más profundos, mayores de 150 m, se registran en las estribaciones de las sierras Zapalinamé, San Lucas-Loma Alta y San José de Los Nuncios, en los pozos perforados en calizas hasta profundidades de 500 m. Profundidades de 30 a 40

se presentan en una franja orientada en sentido suroeste-noreste, de Saltillo a Ramos Arizpe, y en los valles intermontanos que se ubican entre las sierras San José de los Nuncios y San Lucas-Loma Alta.

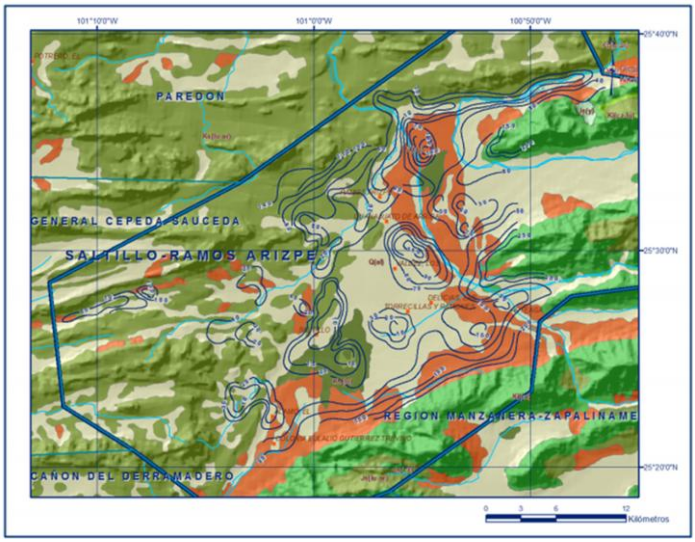


Figura III.45. Profundidad del nivel estático en metros (2014).

Evolución del nivel estático

La configuración de evolución del nivel estático para el periodo 2007-2014 registra valores de abatimiento en la región centro-norte del acuífero, en donde se ubica la zona urbana de las ciudades de Saltillo y Ramos Arizpe, que varían de 1 a 10 m, con valores puntuales de hasta 15 m. En toda la porción central del valle, el abatimiento promedio es de 3 m para el periodo analizado, es decir de 0.4 m anuales, que disminuye hacia los flancos de las sierras que delimitan el acuífero. En la superficie restante del valle no se observan cambios significativos en la porción de los niveles del agua subterránea.

En la siguiente figura, se observa que en la zona de Ramos Arizpe, donde se ubicarán los estanques de evaporación se abatió el nivel estático de 5 a 10 metros en el periodo 2007 al 2014.

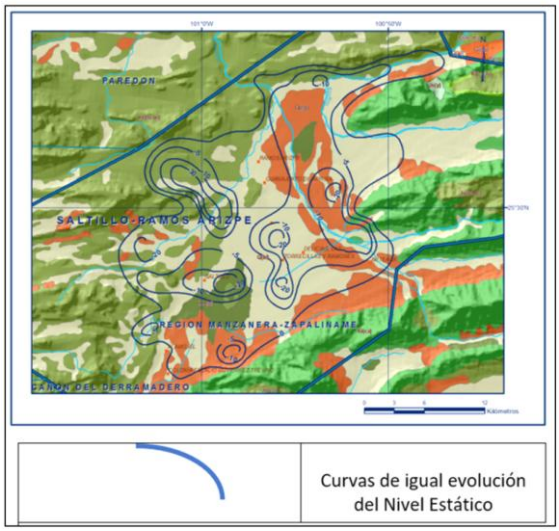


Figura III.46. Evolución del nivel estático en metros. (2007-2014).

Evolución del nivel estático en el área donde se ubicarán el Sitio del proyecto.

En El Complejo Automotriz GM Ramos Arizpe, la profundidad del nivel estático de los pozos existentes (1A, 4 y 5), en el año 2015 se encontró entre los 14 y los 20 m y se mantiene en estos rangos hasta mediados del año 2017, cuando inicia una tendencia de descenso que se prolonga hasta fines del año 2018 de hasta 33 m, es decir hasta un máximo de 22 m por año que se presenta en el pozo 5, como se puede apreciar en los siguientes gráficos, donde se observa la evolución del nivel estático respecto a la precipitación pluvial mensual.

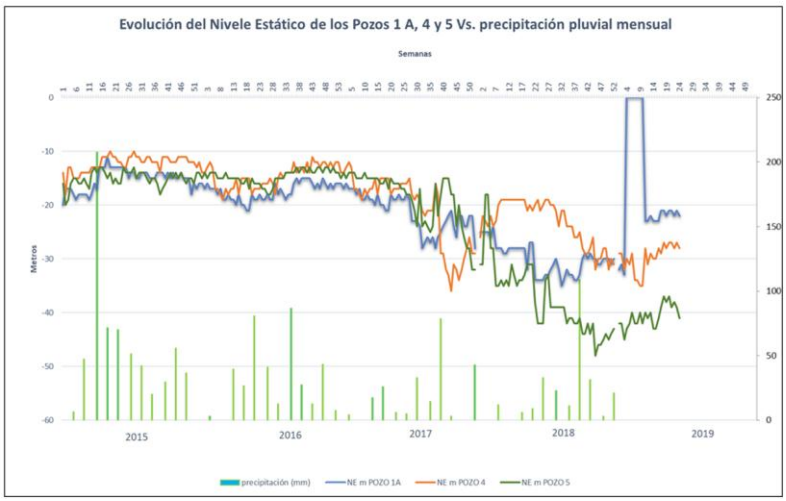


Figura III.47. Evolución del nivel estático en El Complejo vs. Precipitación pluvial mensual.

Se observa que el abatimiento del nivel coincide con un periodo de escasa precipitación pluvial.

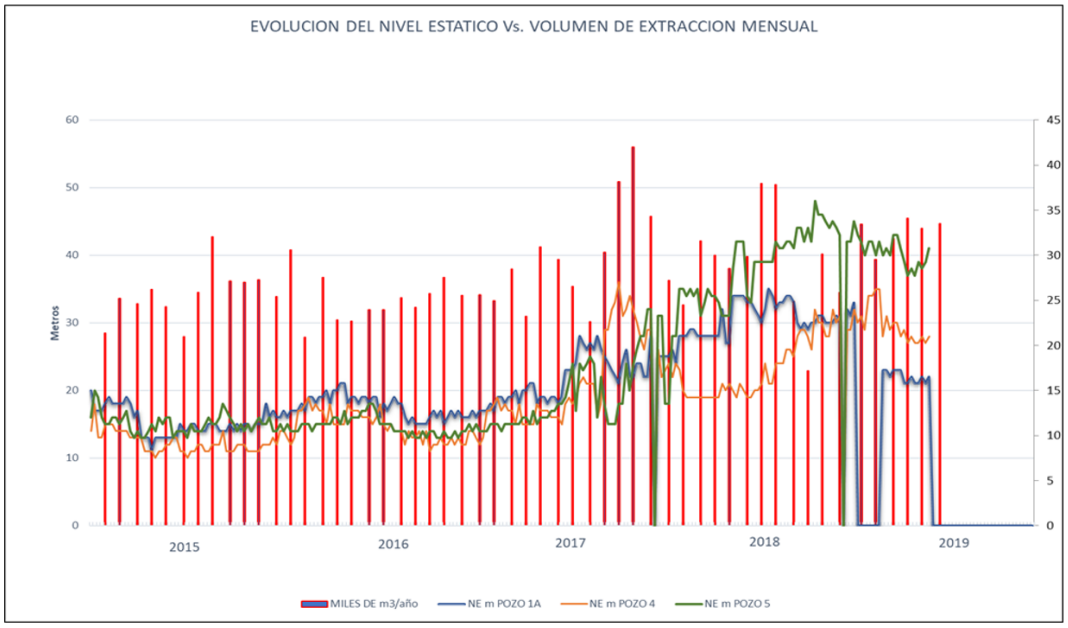


Figura III.48. Evolución del nivel estático en El Complejo vs. Extracción mensual.

Se observa que el abatimiento del nivel coincide con el incremento del volumen de extracción mensual en el año 2017.

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea del acuífero

Como parte de los trabajos de campo del estudio realizado en 2014 se obtuvieron 15 muestras de agua subterránea de pozos distribuidos en el valle. Adicionalmente, durante el estudio realizado en 2007, se tomaron 120 muestras de agua subterránea en aprovechamientos de la zona de explotación para la caracterización hidrogeoquímica y su análisis fisicoquímico correspondiente. Las determinaciones incluyeron parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, pH, alcalinidad, aniones principales, sólidos totales disueltos, cationes y metales y metaloides. También se contó con la información de 50 análisis más que el sistema operador de agua potable del municipio Aguas de Saltillo proporcionó.

De los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos, se determina que los valores de concentración de sólidos totales disueltos (STD) varían de 395 a 1840 mg/l, algunas de las cuales superan el límite máximo permisible de 1000 mg/l establecido por la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 de STD, para el agua destinada al consumo humano.

De acuerdo a las concentraciones de elementos mayores por ion dominante, se clasificaron las muestras en el diagrama de Piper y se identificó que predominan dos familias del agua: cálcica- bicarbonatada, que representa agua de reciente infiltración con periodos cortos de residencia, que ha circulado a través de rocas calcáreas, y sulfatada-cálcica, en la que el sulfato se asocia a las formaciones geológicas que contienen yesos, los cuales son muy solubles, que se presenta en la porción norte del valle, hacia las sierras constituidas por areniscas y calizas del Cretácico Superior.

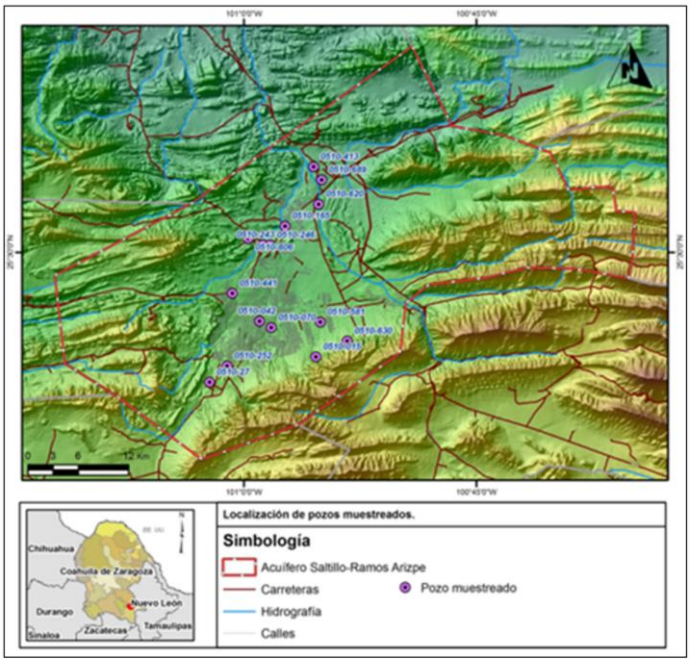


Figura III.49. Ubicación de los pozos muestreados en el año 2014.

Tabla III.23. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el año 2014 (CONAGUA).

Consecutivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Clave de la muestra	510-630	510-015	510-042	510-070	510-246	510-581	510-806	510-297	510-252	510-243	510-165	510-620	510-689	510-441	510-413
CE (uS/cm)	580	560	940	950	2130	970	1070	880	590	1980	2200	1510	1110	1950	2000
TAC (mg CaCO3/L)	211.00	217.00	274.00	303.00	345.00	194.00	230.00	307.00	243.00	421.00	310.00	233.00	181.00	294.00	181.00
Dureza total (mg CaCO3/L)	324.00	316.00	457.00	476.00	937.00	316.00	859.00	453.00	301.00	771.00	1064.00	595.00	410.00	683.00	671.00
Dureza calcio (mg CaCO3/L)	222.00	219.00	343.00	375.00	488.00	222.00	634.00	316.00	230.00	488.00	693.00	371.00	263.00	439.00	433.00
SDT (mg/L)	415.00	395.00	655.00	685.00	1641.00	466.00	1480.00	628.00	405.00	1530.00	1558.00	980.00	793.00	1400.00	1449.00
HCO3- (mg/L)	257.25	264.57	334.06	369.42	420.63	236.53	280.42	374.30	296.27	513.29	377.96	284.08	220.68	358.45	220.68
SO4- (mg/L)	90.80	101.70	141.70	138.30	602.00	106.50	546.00	121.00	35.20	521.00	675.00	397.00	348.00	554.00	663.00
Cl- (mg/L)	19.40	17.50	46.60	56.30	155.40	33.00	199.10	48.60	33.00	150.50	169.90	106.80	43.70	126.30	134.00
NO3- (mg/L)	2.17	1.99	23.46	26.52	27.89	10.18	27.89	27.44	19.92	27.00	24.35	21.69	5.75	25.23	16.38
Na+ (mg/L)	15.20	11.80	31.02	30.84	164.33	20.88	148.34	36.24	14.03	207.18	86.48	82.18	84.79	166.05	185.54
K+ (mg/L)	0.65	0.68	1.08	0.63	2.85	0.94	1.20	1.48	0.94	2.04	0.94	1.11	1.00	1.44	0.97
Ca++ (mg/L)	88.91	87.71	137.36	150.18	195.43	88.91	253.90	126.55	92.11	195.43	277.53	148.58	105.33	175.81	173.41
Mg++ (mg/L)	24.78	23.57	27.70	24.54	109.09	22.84	54.66	33.28	17.25	68.76	90.14	54.42	35.71	59.28	57.82

El diagrama de Piper es una herramienta gráfica que, permite determinar las facies hidrogeoquímicas y además, identificar las principales trayectorias de reacción que pueden llevarse a cabo por la mezcla de aguas, el intercambio iónico y/o los procesos de oxidación reducción (Cardona y Hernández, 1995).

En la siguiente tabla, se distingue como principal trayectoria la disolución de calizas y yesos. En la medida que se alejan del vértice izquierdo del rombo, se pone de manifiesto las trayectorias de flujo “largas” y/o alejadas de sus áreas de recarga.

Tabla III.24. Faces hidrogeoquímicas en el acuífero Saltillo – Ramos Arizpe.

Clave de la muestra	Facies
0510-630	Cálcica Bicarbonatada
0510-015	Cálcica Bicarbonatada
0510-042	Cálcica Bicarbonatada
0510-070	Cálcica Bicarbonatada
0510-246	Sulfatada Cálcica
0510-581	Cálcica Bicarbonatada
0510-806	Cálcica Sulfatada
0510-297BIS	Cálcica Bicarbonatada
0510-252	Bicarbonatada Cálcica
0510-243	Sulfatada Cálcica
0510-165	Sulfatada Cálcica
0510-620	Sulfatada Cálcica
0510-689	Sulfatada Cálcica
0510-441	Sulfatada Cálcica
0510-413	Sulfatada Cálcica

III.3. Bióticos

Para el desarrollo del siguiente apartado, se consultaron las fuentes confiables para obtener la información base y de ahí partir al análisis de la vegetación. Se consultó la carta de uso de suelo más actualizada de INEGI.

III.3.1. Flora

III.3.1.1. Vegetación terrestre

El SA se ubica en el estado de Coahuila, como paso inicial, para identificar los usos de suelo y tipo de vegetación en el SA, se consultó el conjunto de datos vectoriales de INEGI en su Serie VII, el cual nos da los siguientes tipos de vegetación.

Tabla III.25. Uso de suelo y vegetación presente en el SA de acuerdo con la serie VII de INEGI.

Clave	Descripción	Superficie (ha)	%
Ra	Agricultura de riego anual	543.41	0.90
Ta	Agricultura de temporal anual	4,995.94	8.26
Tap	Agricultura de temporal anual y permanente	425.91	0.70
Ah	Asentamientos humanos	18,176.74	30.05
Bq	Bosque de encino	469.46	0.78
Bp	Bosque de pino	889.81	1.47
Bi	Bosque inducido	378.57	0.63
Adv	Desprovisto de vegetación	169.18	0.28
Mdm	Matorral desértico micrófilo	6,458.26	10.68
Mdr	Matorral desértico rosetófilo	13,516.76	22.34
Pn	Pastizal natural	2,973.06	4.91
Pi	Pastizal inducido	3,863.46	6.39
Vsa/bp	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	211.95	0.35

Clave	Descripción	Superficie (ha)	%
Vsa/bp	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	4,983.64	8.24
Vsa/mdm	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	2,438.16	4.03
Total		**60,494.31**	**100%**

De acuerdo con la tabla anterior, el tipo de vegetación más extensa es el Matorral Desértico Rosetófilo (MDR), el cual cubre una superficie de 13.494.098 hectáreas, representando el 22.33% del total de la Cuenca Hidrológica. Cabe destacar que, si se considera el uso de suelo antropogénico, la categoría de Asentamientos Humanos (AH) superará a cualquier tipo de vegetación individual con un 30.07% de la superficie total (18,173.952 Ha), lo que reafirmará la presión demográfica como el factor predominante en la configuración actual del sistema ambiental.

A continuación, se describen los tipos de vegetación que se encuentran en el SA, de acuerdo con el conjunto de datos vectoriales de INEGI serie VII.

Agricultura De Riego Anual (RA)

Estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo, la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada, por bombeo desde la fuente de suministro o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural.

Agricultura De Temporal Anual (TA)

Son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año, por ejemplo, maíz, trigo, sorgo. Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano.

Agricultura De Temporal Anual Y Permanente (TAP)

Son aquellos en los cuales se combina el cultivo de especies de ciclo corto (menores a 1 año) con especies de ciclo largo (mayores a 10 años) en zonas dependientes exclusivamente de las lluvias para la dotación de agua. Este sistema gestionado de manera antropogénica maximiza el uso del suelo al integrar ciclos estacionales con cultivos perennes.

Bosque De Encino (BQ)

Comunidades vegetales distribuidas en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo Sur, con excepción de la Península de Yucatán.

En climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2,000mm. Se

desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3000m de altitud. Se encuentran principalmente en exposición norte y oeste.

Este bosque se ha observado en diferentes clases de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos o someros como regosoles, leptosoles, cambisoles, andosoles, luvisoles, entre otros. El tamaño de los árboles varía de los 4 hasta los 30m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos.

Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género *Quercus* (más de 200 especies en México). Este bosque se encuentra generalmente como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas. Por lo común de este tipo de comunidad se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Bosque De Pino (BP)

Comunidades vegetales que se localizan en las cadenas montañosas de todo el país, desde Baja California hasta Chiapas, y una pequeña población en Quintana Roo.
Los climas en donde se desarrollan son templados y semicálido subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía de 6 a 28 °C y una precipitación anual que oscila entre 350 a 1 200 mm.

Este tipo de comunidades se encuentran de los 150 m de altitud hasta los 4 200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea, en pendientes que van de 10 a 75%, en diferentes exposiciones, aunque prefieren las que están orientadas hacia el norte.
Este bosque se establece sobre rocas ígneas, gneis y esquistos, y con menos frecuencia en lutitas, areniscas y calizas, en cambisoles, leptosoles, luvisoles, phaeozems, regosoles, umbrisoles, y otros tipos de suelo.

Dominan especies de pino con alturas promedio de 15 a 30 m, su estrato inferior es relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes herbáceas, esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Los árboles de pino poseen hojas perennifolias, con una época de floración y fructificación heterogénea, debido a las diferentes condiciones climáticas en las que se presenta.

Bosque Inducido (BI)

Esta agrupación vegetal se conforma por especies arbóreas que son producto de actividades de reforestación o bien de introducción deliberada con fines de ornato, sin que tengan algún manejo relacionado con algún uso forestal comercial, como es el caso de los bosques creados a partir de reforestación con eucalipto, casuarina, cedro o pirul.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100 mm anuales, la vegetación llega a cubrir solo el 3% de la superficie, mientras que en sitios con climas menos desfavorables la cobertura puede alcanzar 20%; la altura varía de 0.5 a 1.5m.

Larrea y *Ambrosia* constituyen del 90 a 100% de la vegetación en áreas de escaso relieve, pero a lo largo de las vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado aparecen arbustos con especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Condalia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia*, *Chilopsis*, etcétera.

La comunidad vicariante que ocupa la mayor parte de la superficie de la zona árida chihuahuense, ubicada sobre la Altiplanicie y que se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Hidalgo en altitudes que comúnmente no son inferiores a 1 000m, se trata del matorral de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, que también se desarrolla preferentemente sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales, aunque en condiciones de aridez más acentuada prospera así mismo sobre laderas de cerros.

Matorral Desértico Rosetófilo (MDR)

Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se le encuentra generalmente sobre suelos tipo xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país.

Aquí se desarrollan algunas de las especies de mayor importancia económica de esas regiones áridas como: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Agave spp.*, *Hechtia spp*. (guapilla), *Dasylirion spp.* (sotol), *Euphorbia antisyphilitica* (candelilla), *Parthenium argentatum* (guayule), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), además de a presencia de cactáceas acompañantes.

Pastizal Natural (PN)

Es una comunidad dominada por especies de gramíneas y graminoides, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias. Su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y los diversos tipos de bosques.

La extensa zona de pastizales naturales de América del Norte penetra en el territorio mexicano en forma de una angosta cuña que corre a lo largo de la base de la sierra Madre Occidental desde Sonora y Chihuahua hasta el noreste de Jalisco y zonas vecinas de Guanajuato. Esta franja continua consiste en comunidades vegetales dominadas por gramíneas que constituyen clímax climático y representa en México la zona más importante de pastizales naturales.

El pastizal natural se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas, casi siempre de naturaleza ígnea, en altitudes entre 1 100 y 2 500 m, aunque en Sonora pueden descender hasta los 450 m.

Las temperaturas medias anuales varían en la mayor parte de su extensión de 12 a 20 °C. Las fluctuaciones estacionales y diurnas son relativamente pronunciadas, todos los años se presentan heladas y en las partes altas de Chihuahua y Sonora ocurren nevadas con cierta frecuencia, registrándose temperaturas mínimas extremas de -20 hasta 45 °C como máximas en los meses más calurosos.

Pastizal Inducido (PI)

Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.
Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo general un bosque o un matorral.

A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana. Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo.

De esta manera se tiene la categoría de pastizales inducidos que prosperan una vez destruidos los bosques de pino y de encino, característicos de las zonas montañosas de México. En altitudes superiores a 2 800m las comunidades secundarias frecuentemente son similares a la pradera de alta montaña, formadas por gramíneas altas que crecen en extensos macollos. Los géneros *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Stipa* y *Calamagrostis* son los más típicos de estos pastizales que, además de su interés ganadero, son materia prima para la elaboración de escobas que proporcionan las partes subterráneas de *Muhlenbergia macroura*.

Por debajo de los 3 000m de altitud, los pastizales inducidos derivados de los bosques de encino y pino son mucho más variados. Muchas veces son análogos en su aspecto a los pastizales clímax de las regiones semiáridas, pudiendo variar de bajos a bastante altos, a menudo en función del clima. Entre los géneros a los que pertenecen las gramíneas dominantes pueden encontrarse a *Andropogon*, *Aristida*, *Bouteloua*, *Bromus*, *Deschampsia*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, *Stipa*, *Trachypogon* y *Trisetum*.

Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Pino (VSA/BP)

Este ecosistema se define como una comunidad forestal de vegetación secundaria que surge tras la perturbación o el desmonte de un bosque de pino primario. Representa una fase avanzada de regeneración natural, la cual se desarrolla después de que el terreno ha superado las etapas herbácea y arbustiva, logrando finalmente consolidar un estrato arbóreo reconocible.

Está dominada por ejemplares jóvenes de pinos (*Pinus spp.*) en proceso de recuperación, aunque es común encontrar una mezcla con encinos o diversas especies de sucesión secundaria que ayudan a restablecer la biodiversidad original.

Se establece principalmente en zonas templadas y frías, situándose habitualmente en regiones montañosas o sierras con climas subhúmedos. Además, actúa como una pieza clave en la sucesión ecológica, trabajando para recuperar la estructura, densidad y servicios ambientales de un bosque de pino maduro.

Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino (VSa/BP)

Se define como una comunidad vegetal de transición que surge tras la perturbación o eliminación (ya sea por causas humanas o naturales) de un bosque de pino original. De acuerdo con las clasificaciones de INEGI y CONAFOR, la clave que posee identifica la forma de vida predominante (arbustiva).

Proviene directamente de procesos de sustitución, tala o incendios en bosques maduros de pino o pino-encino y se caracteriza por la presencia predominante de arbustos y especies pioneras en lugar de árboles maduros. Esta estructura se desarrolla conforme el ecosistema inicia su proceso de recuperación, presentando a menudo una alta diversidad de especies jóvenes.

Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM)

Comunidad vegetal de sustitución que surge tras perturbaciones agrícolas, pecuarias o incendios en las zonas áridas y semiáridas del norte de México. Esta etapa de la sucesión secundaria se caracteriza por la presencia dominante de arbustos pequeños con tallos leñosos persistentes y hojas diminutas (micrófilas) de menos de 2.5 cm, adaptadas a condiciones de alta radiación, temperaturas extremas y escasa humedad.

Se desarrolla principalmente en el norte del país como resultado de la regeneración del matorral xerófilo original una vez que la vegetación primaria ha sido removida. Presenta una estructura arbustiva de baja altura que puede formar parches densos o dispersos.
Entre sus especies más representativas se encuentran los huizaches (*Acacia spp.*), mezquites (*Prosopis spp.*), el ocotillo (*Fouquieria splendens*), el cenizo (*Leucophyllum spp.*) y diversas cactáceas.

A pesar de ser una fase de recuperación, cuenta con una alta riqueza de especies y funciona como un mecanismo resiliente para restablecer el equilibrio biológico en ecosistemas desérticos degradados.

En la siguiente Figura se puede observar los tipos de vegetación existentes en el SA del proyecto.

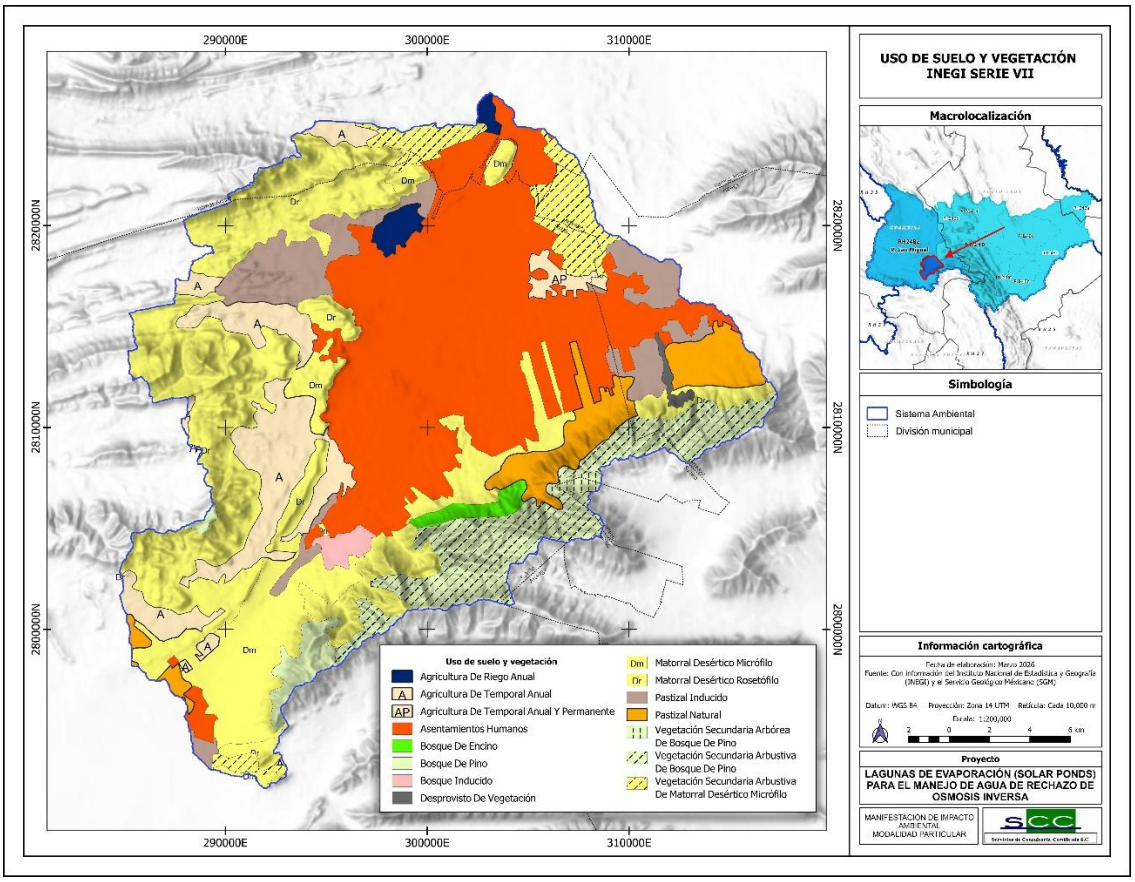


Figura III.50. Tipos de uso de suelo y vegetación del SA.

Tipo de vegetación

De acuerdo con la ubicación del proyecto dentro del SA, en la figura anterior se puede observar que el proyecto se ubica dentro del tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM).

En su estrato arbóreo, la especie con mayor proporción es *Neltuma glandulosa*, mientras que en menor proporción fue el *Parkinsonia aculeata*.

Para el estrato arbustivo, la especie con mayor número de individuos es *Neltuma glandulosa* y las especies con menor número de individuos son *Acacia pennatula*, *Arundo donax*, *Bidens pilosa* y *Ephedra aspera*.

En cuanto al estrato herbáceo, la especie con mayor número de individuos es *Atriplex semibaccata*, mientras que la especie con menor número de individuos es *Eragrostis intermedia*.

Con respecto a estrato suculentas, las especies con mayor número de individuos son el *Cylindropuntia leptocaulis* seguido de *Mammillaria heyderi*, mientras que las especies con menor número de individuos son *Echinomastus horizonthalonius*, *Mammillaria grusonii* y *Opuntia stenopetala*.

Análisis de la vegetación

Para conocer las características de los diferentes estratos de flora, se llevó a cabo un muestreo en campo con la finalidad de conocer la diversidad de especies a este nivel, para lograr la comparativa con la diversidad de especies que caen dentro del proyecto y así, de esta forma evidenciar que, con la realización de este proyecto, no se compromete la biodiversidad presente.

Para el presente estudio, los muestreos realizados en campo se enfocaron a los tipos de vegetación; Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM).

III.3.1.2. Muestreos

Método de muestreo

Para llevar a cabo el levantamiento de la información en campo, se decidió realizar el muestreo por el método aleatorio simple. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse (BOLFOR, Mostacedo, & Fredericksen, 2000).

Para la selección de los puntos de muestreo se determinaron de manera tal que, en cualquier combinación de “n” unidades de muestreo, tengan la misma posibilidad de ser seleccionados.

Para iniciar con el análisis de la vegetación dentro del SA delimitado para el proyecto fue necesario iniciar en gabinete actividades de revisión cartográfica y de planeación, destacando el análisis del tamaño y forma del sitio, la cantidad de sitios necesarios y del sistema de muestreo a utilizar en función de la vegetación presente y características topográficas de la zona, mismas que fueron previamente estudiadas en planos y temas editados por el INEGI.

En base a lo anterior se realizaron 45 sitios de muestreo sobre la vegetación autóctona.

Metodología de muestreo por cuadrantes

Esta metodología se seleccionó por su capacidad para generar datos homogéneos y reducir el impacto de borde, permitiendo una evaluación precisa de la estructura vegetal en la zona de estudio.

Diseño y distribución de las Unidades de muestreo

Como se mencionó anteriormente, se estableció un total de 45 puntos de muestreo en el SA, distribuidos de la siguiente manera:

Dimensionamiento de los cuadrantes

El tamaño de la Unidad se definió bajo el principio de relación inversa entre dimensiones y velocidad de muestreo, ajustándose según el estrato, tal y como se menciona a continuación en la siguiente tabla.

Tabla III.26. Dimensionamiento de los cuadrantes por estrato.

Estrato	Tamaño del cuadrante	Superficie total m²
Arbóreo	1 m x 1 m	1
Arbustivo	10 m x 10 m	100
Suculento	10 m x 10 m	100
Herbáceo	10 m x 10 m	100

Cabe destacar que el tamaño del cuadrante se validó en campo mediante la observación directa de la densidad de cada estrato, asegurando que el área fuera representativa para las especies a medir.

Variables de medición

En cada cuadrante se realizó el levantamiento de datos para determinar los siguientes parámetros:

- Identificación de especie.
- Altura
- Densidad
- Cobertura

Procedimiento en campo

- Ubicación: Localización del punto central o vértice de la UM según el diseño anterior.
- Delimitación: Colocación de un cuadrado sobre la vegetación utilizando estacas y cintas métricas para marcar los límites (100 m² para estratos mayores).
- Identificación y Conteo: Registro de cada individuo de los estratos arbóreo, arbustivo y suculentas dentro del área delimitada.
- Ajuste para Herbáceas: Delimitación de un subcuadrante de 1 m² dentro de la misma unidad para el conteo específico de hierbas.

Delimitación de la Unidad de Muestreo (UM)

Para los estratos arbóreo, arbustivo y suculentas, se debe establecer un cuadro de 100 m².

- Desde el punto de origen, se proyecta un cuadrado de 10 m x 10 m.
- Se colocan puntos de referencia en campo en las cuatro esquinas. Utilizando una brújula para asegurar ángulos de 90° y se corrobora utilizando el método 3-4-5 para escuadrar.
- Se bordea el perímetro con la cinta métrica o cordón para visualizar claramente qué individuos quedan "dentro" y cuáles "fuera" de la UM.

A continuación, se presentan las coordenadas en UTM Zona 14, de las 45 unidades de muestreo en el SA en sistema Datum WGS84.

Tabla III.27. Coordenadas de las Unidades de Muestreo en el SA.

Coordenadas de las unidades de muestreo del SA (Datum WGS84)		
ID	X	Y
SA 01	302147.00	2824054.00
SA 02	301975.00	2823814.00
SA 03	302281.00	2823743.00

Coordenadas de las unidades de muestreo del SA (Datum WGS84)		
ID	**X**	**Y**
SA 04	302397.00	2823938.00
SA 05	302436.00	2824111.00
SA 06	302641.00	2824328.00
SA 07	302743.57	2824852.33
SA 08	301906.40	2824844.87
SA 09	302639.95	2824632.89
SA 10	301920.17	2824458.26
SA 11	304133.09	2824000.04
SA 12	303911.35	2823808.38
SA 13	303960.2	2823476.95
SA 14	303630.78	2822983.72
SA 15	303452.86	2822663.69
SA 16	302150.00	2824868.00
SA 17	302434.00	2824787.00
SA 18	302516.00	2824985.00
SA 19	301799.00	2824591.00
SA 20	302013.00	2824598.00
SA 21	301652.00	2824520.00
SA 22	303350.00	2822367.00
SA 23	303957.00	2823150.00
SA 24	301920.00	2823637.00
SA 25	302036.00	2823758.00
SA 26	302158.00	2823781.00
SA 27	302241.00	2823896.00
SA 28	302272.00	2823983.00
SA 29	302368.00	2824135.00
SA 30	302462.00	2824266.00
SA 31	302625.00	2824452.00
SA 32	302789.00	2824497.00
SA 33	302922.00	2824481.00
SA 34	302649.00	2824587.00
SA 35	302565.00	2824547.00
SA 36	302358.00	2824369.00
SA 37	302895.00	2824399.00
SA 38	301976.00	2823699.00
SA 39	302111.00	2823814.00
SA 40	302263.00	2823794.00
SA 41	302336.00	2823914.00
SA 42	302427.00	2824188.00
SA 43	302821.00	2824452.00
SA 44	302995.00	2824549.00

Coordenadas de las unidades de muestreo del SA (Datum WGS84)		
ID	**X**	**Y**
SA 45	302837.00	2824542.00

En el **Anexo III.01.** se presenta el plano de los sitos de muestreo de flora para el SA.

Representatividad del muestreo

Con la intención de lograr un muestreo representativo, se utilizó un modelo matemático para identificar el número de muestras necesarias para cumplir con los valores.

Para el desarrollo de este modelo, fue necesario como primer paso realizar un muestreo piloto, ya que es indispensable para obtener el valor de algunas variables que complementan dicho modelo.

El modelo matemático utilizado es el siguiente:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

n= número de unidades muestrales.
E= error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro.
t = Valor que se obtiene de las tablas de la *"t" de Student,* generalmente se usa *t=0.05.*
N = Total de unidades muestrales en toda la población.
CV= Coeficiente de variación; para obtener este valor es necesario hacer un muestreo piloto.

En donde:

$$n = \frac{2.2622^2 * 59.24648^2}{20^2 + \frac{2.2622^2 * 59.24648^2}{6043016.1}} = 45$$

De acuerdo con los valores colocados en la formula, el resultado obtenido es **45**, por lo que se puede deducir que el muestreo es representativo con un total de **45** unidades de muestreo. Para el mejor entendimiento**,** en **Anexo III. 02**, se anexan los cálculos y los valores obtenidos para el desarrollo de la fórmula anterior en formato Excel.

III.3.1.3. Índices de riqueza, diversidad y abundancia

III.3.1.3.1. Composición florística en el SA (Riqueza de especies)

Una vez que se hizo el levantamiento de información en campo, la riqueza de especies obtenidas para el SA es de **22** especies del estrato herbáceo, **26** especies de estrato suculento, **28** especies del estrato arbustivo y **4** especies para el estrato arbóreo, por lo que a continuación se presentan el listado de especies por estrato, así como sus resultados de esfuerzo de muestreo.

Para el estrato arbóreo, se registraron 3 órdenes y 3 familias; del estrato cactáceo se registraron 3 órdenes pertenecientes a 3 familias; mientras que para el estrato arbustivo se

obtuvieron 12 órdenes pertenecientes a 14 familias; y finalmente para el estrato herbáceo se obtuvo un total de 8 órdenes pertenecientes a 8 familias. A continuación, se muestra a manera de tabla el listado florístico por estrato de las especies identificadas dentro del SA.

Cade destacar que, de las 80 especies, se encontraron 5 especies en algún estatus de protección de acuerdo con a la NOM-059.SEMARNAT-2010. Siendo estas las siguientes, Astrophytum capricorne (Amenazada); Coryphantha delicata (Protección especial); Lophophora williamsii (Peligro de extinción); Mammillaria grusonii (protección especial); y Thelocactus bicolor sbb. Bolaensis (Amenzada).

Tabla III.28. Composición florística del SA.

ESTRATO ARBÓREO								
ID	**Orden**	**Familia**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**CITES**	**UICN**	**Total de individuos**	**Distribución (NOM-059)**
1	Sapindales	Anacardiaceae	Schinus molle	-	-	LC	7	-
2	Malpighiales	Salicaceae	Salix nigra	-	-	LC	6	-
3	Fabales	Fabaceae	Parkinsonia aculeata	-	-	LC	1	-
4			Neltuma glandulosa	-	-	LC	12	-
ESTRATO CACTÁCEO								
ID	**Orden**	**Familia**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**CITES**	**UICN**	**Total de individuos**	**Distribución (NOM-059)**
1	Caryophyllales	Cactaceae	Astrophytum capricorne	A	Apéndice II	LC	4	Endémica
2			Coryphantha delicata	Pr	Apéndice II	LC	4	Endémica
3			Coryphantha macromeris	-	Apéndice II	LC	4	-
4			Cylindropuntia imbricata	-	Apéndice II	LC	84	-
5			Cylindropuntia leptocaulis	-	Apéndice II	LC	187	-
6			Cylindropuntia tunicata	-	Apéndice II	LC	5	-
7			Echinocereus enneacanthus	-	Apéndice II	LC	41	-
8			Echinocereus stramineus	-	Apéndice II	LC	74	-
9			Echinomastus horizonthalonius	-	Apéndice II	LC	2	
10			Ferocactus hamatacanthus	-	Apéndice II	LC	36	-
11			Lophophora williamsii	P	Apéndice II	VU	44	-
12			Mammillaria grusonii	Pr	Apéndice II	LC	2	Endémica
13			Mammillaria heyderi	-	Apéndice II	LC	133	-
14			Mammillaria pottsii	-	Apéndice II	LC	6	
15			Mammillaria winterae	-	Apéndice II	LC	4	-
16			Opuntia macrocentra	-	Apéndice II	LC	13	-

17			Opuntia mycrodasis	-	Apéndice II	LC	80	-
18			Opuntia robusta	-	Apéndice II	LC	25	-
19			Opuntia rufida	-	Apéndice II	LC	3	-
20			Corynopuntia schottii	-	Apéndice II	LC	20	-
21			Opuntia stenopetala	-	Apéndice II	LC	2	Endémica
22			Opuntia streptacantha	-	Apéndice II	LC	5	-
23			Thelocactus bicolor sbb. Bolaensis	A	Apéndice II	LC	0	Endémica
24	Asparagales	Asparagaceae	Agave lechuguilla	-	-	LC	49	
25			Dasylirion wheeleri	-	-	LC	15	-
26	Ericales	Fouquieriaceae	Fouquieria splendens	-	-	-	2	-
ESTRATO ARBUSTIVO								
ID	**Orden**	**Familia**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**CITES**	**UICN**	**Total de individuos**	**Distribución (NOM-059)**
1	Fabales	Fabaceae	Acacia farnesiana	-	-	LC	11	-
2			Acacia pennatula	-	-	LC	2	-
3			Dalea bicolor	-	-	LC	30	-
4			Mimosa biuncifera	-	-	-	10	-
5			Neltuma glandulosa	-	-	-	401	-
6			Parkinsonia aculeata	-	-	LC	4	-
7	Asterales	Asteraceae	Baccharis salicifolia	-	-	LC	7	-
8			Bidens pilosa	-	-	-	2	-
9			Centaurea melitensis	-	-	-	71	-
10			Flourencia cernua	-	-	-	2	-
11			Parthenium incanum	-	-	-	883	-
12			Viguiera stenoloba	-	-	-	52	-
13	Lamiales	Verbenaceae	Aloysia gratissima	-	-	-	40	-
14			Citharexylum brachyanthum	-	-	-	31	-
15			Lippia origanoides	-	-	-	11	-
16	Rosales	Rhamnaceae	Sarcomphalus obtusifolius	-	-	LC	99	-
17			Condalia ericoides	-	-	-	4	-
18			Condalia viridis	-	-	-	31	-
19		Cannabaceae	Celtis pallida	-	-	LC	16	-
20	Boraginales	Cordiaceae	Cordia parvifolia	-	-	-	40	-
21	Poales	Bromeliaceae	Echtia glomerata	-	-	-	19	-
22		Poaceae	Arundo donax	-	-	LC	26	-
23	Ephedrales	Ephedraceae	Ephedra aspera	-	-	LC	2	-
24	Caryophyllales	Chenopodiaceae	Atriplex canescens	-	-	-	4	-
25	Brassicales	Koeberliniaceae	Koeberlinia spinosa	-	-	LC	41	-
26	Zygophyllales	Zygophyllaceae	Larrea tridentata	-	-	-	189	-
27	Malvales	Malvaceae	Sphaeralcea angustifolia	-	-	-	81	-
28	Solanales	Solanaceae	Nicotiana glauca	-	-	-	6	-
ESTRATO HERBÁCEO								

ID	Orden	Familia	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN	Total de individuos	Distribución (NOM-059)
1	Poales	Poaceae	*Bouteloua curtipendula*	-	-	-	5	-
2			*Bouteloua gracilis*	-	-	LC	3	-
3			*Cenchrus ciliaris*	-	-	-	37	-
4			*Chloris virgata*	-	-	-	22	-
5			*Eragrostis intermedia*	-	-	-	2	-
6			*Hilaria mutica*	-	-	-	6	-
7			*Muhlenbergia porteri*	-	-	-	4	-
8			*Muhlenbergia repens*	-	-	-	8	-
9			*Muhlenbergia setifolia*	-	-	-	3	-
10	Asterales	Asteraceae	*Parthenium confertum*	-	-	-	3	-
11			*Artemisia ludoviciana*	-	-	-	6	-
12			*Centaurea solstitialis*	-	-	-	5	-
13			*Gutierrezia Microcephala*	-	-	-	10	-
14			*Thymophylla pentachaeta*	-	-	-	3	-
15			*Xanthisma spinulosum*	-	-	-	38	-
16	Caryophyllales	Chenopodiaceae	*Salsola kali*	-	-	-	37	-
17			*Atriplex semibaccata*	-	-	-	44	-
18	Solanales	Solanaceae	*Solanum elaeagnifolium*	-	-	-	16	-
19	Malvales	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	-	-	-	3	-
20	Fabales	Fabaceae	*Hoffmannseggia glauca*	-	-	-	10	-
21	Malpighiales	Euphorbiaceae	*Jatropha dioica*	-	-	LC	26	-
22	Lamiales	Lamiaceae	*Salvia regla*	-	-	-	3	-

III.3.1.3.2. Índice de valor de importancia

El valor de importancia es la suma de la densidad relativa, la dominancia relativa y la frecuencia de una especie en una comunidad, se mide en una escala que va de 0 a 3.00 y la especie es más dominante en una comunidad en la medida que sea mayor su valor de importancia.

Con la obtención del Índice de Valor de importancia a través de la integración de los valores relativos para cada especie, es posible inferir el desarrollo, la ecología y adaptación de esa especie dentro de una comunidad determinada.

Para el cálculo del valor de importancia se necesita de la frecuencia relativa, además del cálculo de la densidad y la dominancia relativas. El valor de importancia es la suma de la frecuencia relativa, más la densidad y la dominancia relativas. A continuación, se muestran

las relaciones para la obtención del valor de importancia de las especies encontradas en el SA.

Densidad absoluta = Número de individuos de la especie
Densidad relativa = (Densidad absoluta / Densidad absoluta de todas las especies) x 100
Dominancia absoluta = Cobertura de la especie / Superficie muestreada
Dominancia relativa = (Dominancia absoluta de la especie / Dominancia absoluta de todas las especies) x 100
Frecuencia absoluta = Número de veces que aparece una determinada especie con relación al número de muestreos / Número de muestreos totales
Frecuencia relativa = (Frecuencia absoluta / Frecuencia absoluta de todas las especies) x 100
Valor de importancia = Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.
A continuación, se presentan los índices de flora para la obtención del valor de importancia por tipo de suelo.

VALOR DE IMPORTANCIA PARA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO (VSA/MDM)

Estrato arbóreo

A partir de los datos de la tabla para el estrato arbóreo, se observa que *Schinus molle* es la especie ecológicamente más importante de la comunidad vegetal analizada, registrando el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto con un 36.579%. Aunque *Neltuma glandulosa* presenta una mayor cantidad de individuos (12) y una superioridad tanto en frecuencia como en densidad relativa (ambas con 46.154%), su IVI total es ligeramente menor (35.764%). Esto se debe a la marcada influencia de la dominancia relativa de *Schinus molle*, la cual alcanza un contundente 52.045%, lo que nos indica de manera directa que sus ejemplares poseen una biomasa, cobertura o área basal significativamente mayor, ocupando un espacio físico mucho más dominante en el dosel forestal que el resto de las especies.

Por otro lado, *Salix nigra* ocupa una posición intermedia con un IVI de 18.392%, mostrando un equilibrio moderado en sus tres parámetros relativos. En el extremo opuesto, *Parkinsonia aculeata* resulta ser la especie menos representativa y la más vulnerable de la muestra, con un IVI de apenas 9.265%, condicionado por registrar un único individuo y la menor frecuencia del muestreo.

Tabla III.29. Valor de importancia para el estrato arbóreo de VSa/MDM.

ÁRBOREO							
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	*Neltuma glandulosa*	12	6	46.154	46.154	14.984	35.764
2	*Parkinsonia aculeata*	1	1	7.692	3.846	16.257	9.265
3	*Salix nigra*	6	2	15.385	23.077	16.714	18.392
4	*Schinus molle*	7	4	30.769	26.923	52.045	36.579
		26	13	100	100	100	100

Estrato arbustivo

El análisis del estrato arbustivo revela una comunidad vegetal con una estructura altamente dominada por dos especies principales, las cuales definen la fisionomía del sitio. *Neltuma glandulosa* se posiciona como la especie con mayor peso ecológico, alcanzando un IVI de

28.580%. Esta dominancia no solo se debe a su abundancia, sino principalmente a su dominancia relativa (40.645%), lo que indica que sus individuos son físicamente más grandes o cubren más espacio que los demás. Le sigue en importancia *Parthenium incanum* con un IVI de 20.882%; esta especie destaca por poseer la densidad relativa más alta (41.211%), con un total de 694 individuos, lo que la convierte en la especie más numerosa, aunque de menor tamaño individual comparada con *N. glandulosa*.

En un segundo plano de importancia se encuentran especies como *Larrea tridentata* (IVI 8.324%), *Sarcomphalus obtusifolius* (IVI 7.681%) y *Koeberlinia spinosa* (IVI 5.017%), que actúan como componentes estructurales secundarios de la comunidad. El resto de las 20 especies registradas presentan valores de IVI inferiores al 4%, evidenciando una alta diversidad, pero con una baja representatividad individual en la biomasa total del ecosistema. Esta distribución sugiere un ecosistema donde una vasta mayoría de las especies contribuyen a la biodiversidad, pero la estabilidad física y el flujo de recursos están controlados mayoritariamente por *Neltuma glandulosa y Parthenium incanum*, que en conjunto suman casi el 50% del valor de importancia total.

Tabla III.30. Valor de importancia para el estrato arbustivo de VSa/MDM.

ARBUSTIVO							
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	Acacia farnesiana	10	5	3.226	0.594	6.332	3.384
2	Acacia pennatula	2	1	0.645	0.119	0.204	0.323
3	Aloysia gratissima	40	5	3.226	2.375	3.924	3.175
4	Arundo donax	26	1	0.645	1.544	0.007	0.732
5	Atriplex canescens	4	2	1.290	0.238	0.402	0.643
6	Baccharis salicifolia	7	3	1.935	0.416	0.932	1.094
7	Bidens pilosa	2	1	0.645	0.119	0.231	0.332
8	Celtis pallida	16	5	3.226	0.950	2.217	2.131
9	Centaurea melitensis	10	3	1.935	0.594	0.709	1.079
10	Citharexylum brachyanthum	2	2	1.290	0.119	0.504	0.638
11	Condalia ericoides	3	1	0.645	0.178	1.419	0.747
12	Condalia viridis	21	8	5.161	1.247	4.703	3.704
13	Cordia parvifolia	40	8	5.161	2.375	2.783	3.440
14	Echtia glomerata	7	3	1.935	0.416	0.225	0.859
15	Flourencia cernua	2	2	1.290	0.119	0.595	0.668
16	Koeberlinia spinosa	39	10	6.452	2.316	6.285	5.017
17	Larrea tridentata	159	12	7.742	9.442	7.789	8.324
18	Mimosa biuncifera	3	1	0.645	0.178	0.374	0.399
19	Neltuma glandulosa	390	34	21.935	23.159	40.645	28.580
20	Nicotiana glauca	6	3	1.935	0.356	0.913	1.068
21	Parkinsonia aculeata	4	2	1.290	0.238	0.989	0.839
22	Parthenium incanum	694	20	12.903	41.211	8.532	20.882
23	Sarcomphalus obtusifolius	99	16	10.323	5.879	6.843	7.681
24	Sphaeralcea angustifolia	81	6	3.871	4.810	2.300	3.660
25	Viguiera stenoloba	17	1	0.645	1.010	0.144	0.600
		1684		100	100	100	100

Estrato cactáceo

Del análisis del estrato suculento, se muestra una clara codominancia en la estructura ecológica del estrato, liderada de manera muy estrecha por dos especies del género Cylindropuntia. Cylindropuntia imbricata se posiciona como la especie con mayor peso ecológico con un IVI de 26.217%, impulsada de forma contundente por registrar la mayor

dominancia relativa (49.562%), lo que denota que sus ejemplares poseen la mayor biomasa o cobertura del muestreo.
Seguido de Cylindropuntia leptocaulis con un IVI de 24.430%, la cual compensa su menor tamaño físico siendo la especie numéricamente más exitosa y distribuida, al registrar el mayor número de individuos (162) que se traduce en las más altas tasas de frecuencia relativa (17.355%) y densidad relativa (27.740%). Juntas, estas dos especies concentran más del 50% del valor de importancia total del estrato suculento.

Del mismo modo, y seguido de estas dos especies antes mencionadas, Mammillaria heyderi destaca en una tercera posición con un IVI de 9.814%, sustentado principalmente por su notable densidad (107 individuos, equivalente al 18.322%), aunque su aporte a la dominancia espacial es mínimo (0.377%). Especies como Opuntia robusta (IVI 6.313%), Echinocereus enneacanthus (IVI 6.007%) y Echinocereus stramineus (IVI 5.219%) fungen como elementos secundarios estables.
Por el contrario, la gran mayoría de las 20 especies evaluadas presentan un IVI inferior al 3%, encontrando su punto más bajo en Opuntia stenopetala con apenas un 0.342%. Este comportamiento refleja una comunidad con alta riqueza de especies suculentas y cactáceas, pero con una marcada concentración del espacio y los recursos a favor de los arbustos cilíndricos del género Cylindropuntia.

Tabla III.31. Valor de importancia para el estrato suculento de VSa/MDM.

SUCULENTO							
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	*Agave lechuguilla*	7	2	1.653	1.199	0.367	1.073
2	*Coryphantha delicata*	3	1	0.826	0.514	0.006	0.449
3	*Coryphantha macromeris*	4	4	3.306	0.685	0.027	1.339
4	*Cylindropuntia imbricata*	83	18	14.876	14.212	49.562	26.217
5	*Cylindropuntia leptocaulis*	162	21	17.355	27.740	28.194	24.430
6	*Cylindropuntia tunicata*	4	2	1.653	0.685	1.169	1.169
7	*Echinocereus enneacanthus*	41	11	9.091	7.021	1.910	6.007
8	*Echinocereus stramineus*	27	12	9.917	4.623	1.115	5.219
9	*Echinomastus horizonthalonius*	2	1	0.826	0.342	0.009	0.393
10	*Ferocactus hamatacanthus*	20	6	4.959	3.425	0.315	2.899
11	*Mammillaria grusonii*	2	2	1.653	0.342	0.009	0.668
12	*Mammillaria heyderi*	107	13	10.744	18.322	0.377	9.814
13	*Mammillaria winterae*	3	3	2.479	0.514	0.002	0.998
14	*Opuntia macrocentra*	13	4	3.306	2.226	4.086	3.206
15	*Opuntia mycrodasis*	67	2	1.653	11.473	1.942	5.022
16	*Opuntia robusta*	25	10	8.264	4.281	6.395	6.313
17	*Opuntia rufida*	3	3	2.479	0.514	0.472	1.155
18	*Opuntia stenopetala*	1	1	0.826	0.171	0.030	0.342
19	*Opuntia streptacantha*	4	4	3.306	0.685	4.003	2.665
20	*Thelocactus bicolor*	6	1	0.826	1.027	0.011	0.622
		584		100	100	100	

Estrato herbáceo

Del análisis del estrato herbáceo, demuestra que *Cenchrus ciliaris* es, por un amplio margen, la especie con mayor peso ecológico en este estrato, registrando un IVI dominante de 27.354%. El éxito de esta gramínea se consolida principalmente debido a su sobresaliente dominancia relativa (47.608%), lo que evidencia que sus coberturas acaparan casi la mitad del espacio físico del suelo ocupado por las hierbas, complementado además con la mayor frecuencia relativa (20%) del muestreo.

En segundo lugar, de importancia estructural se ubica *Salsola kali* con un IVI de 12.831%, mostrando un comportamiento bastante equilibrado en sus tres parámetros relativos, seguida muy de cerca por *Chloris virgata* con un IVI de 11.808%, especie que destaca significativamente por su aporte a la dominancia del dosel herbáceo (17.940%).

En un plano intermedio y con un rol secundario pero relevante se encuentran especies como *Atriplex semibaccata* (IVI 7.881%), la cual, a pesar de su baja dominancia, ostenta la mayor densidad relativa del estrato (17.188% con 44 individuos), y *Xanthisma spinulosum* (IVI 5.843%).

Por el contrario, la comunidad exhibe una larga lista de componentes subordinados, donde especies como *Eragrostis intermedia* (IVI 1.137%) y *Salvia regla* (IVI 1.149%) presentan las contribuciones más bajas debido a su escasa presencia y nula dominancia.

Tabla III.32. Valor de importancia para el estrato herbáceo de VSa/MDM.

HERBÁCEO							
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	*Artemisia ludoviciana*	6	1	2.222	2.344	0.321	1.629
2	*Atriplex semibaccata*	44	2	4.444	17.188	2.011	7.881
3	*Bouteloua gracilis*	2	2	4.444	0.781	0.298	1.841
4	*Cenchrus ciliaris*	37	9	20.000	14.453	47.608	27.354
5	*Chloris virgata*	22	4	8.889	8.594	17.940	11.808
6	*Eragrostis intermedia*	1	1	2.222	0.391	0.797	1.137
7	*Gutierrezia Microcephala*	10	2	4.444	3.906	3.903	4.085
8	*Hilaria mutica*	6	2	4.444	2.344	2.784	3.191
9	*Hoffmannseggia glauca*	10	1	2.222	3.906	0.273	2.134
10	*Jatropha dioica*	1	1	2.222	0.391	1.551	1.388
11	*Muhlenbergia porteri*	4	1	2.222	1.563	1.264	1.683
12	*Muhlenbergia repens*	8	1	2.222	3.125	0.281	1.876
13	*Muhlenbergia setifolia*	2	2	4.444	0.781	0.608	1.944
14	*Parthenium confertum*	3	1	2.222	1.172	4.019	2.471
15	*Salsola kali*	37	6	13.333	14.453	10.706	12.831
16	*Salvia regla*	3	1	2.222	1.172	0.052	1.149
17	*Solanum elaeagnifolium*	16	2	4.444	6.250	4.025	4.907
18	*Sphaeralcea ambigua*	3	3	6.667	1.172	0.674	2.838
19	*Thymophylla pentachaeta*	3	2	4.444	1.172	0.421	2.013
20	*Xanthisma spinulosum*	38	1	2.222	14.844	0.462	5.843
		256		100	100	100	100

VALOR DE IMPORTANCIA PARA MATORRAL DESÉRTICO MIRÓFILO (MDM)

Estrato arbóreo

Para el caso de la vegetación de Matorral Desértico Micrófilo (MDM) no se registraron especies arbóreas.

Tabla III.33. Valor de importancia para el estrato arbóreo de MDM.

ÁRBOREO								
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia absoluta**	**Dominancia relativa**	**IVI**
-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Estrato arbustivo

El análisis de la tabla correspondiente al estrato arbustivo del matorral desértico micrófilo revela una estructura vegetal fuertemente dominada por una especie en particular. *Parthenium incanum* se consolida como la planta ecológicamente más importante de esta comunidad con un IVI sobresaliente de 29.364%. Este dominio está sustentado por una alta densidad relativa (43.851%), al registrar ella sola 189 de los individuos muestreados, y una notable dominancia relativa (30.907%), lo que demuestra que además de ser la especie más abundante, ejerce la mayor cobertura e impacto físico sobre el suelo del ecosistema.

Por debajo de la especie se posicionan tres taxones bien distribuidos. En esta escala destacan *Larrea tridentata* (IVI de 11.250%), favorecida principalmente por poseer la mayor frecuencia relativa (15.556%), lo que indica que es la especie con la distribución espacial más homogénea en el área evaluada; *Centaurea melitensis* (IVI de 10.914%), impulsada por su densidad numérica de 61 individuos; y *Neltuma glandulosa* (IVI de 9.757%), cuyo valor de importancia se debe a un equilibrio dasonómico óptimo, logrando la segunda dominancia relativa más alta (13.385%).

El resto de las 11 especies registradas poseen valores inferiores al 8% IVI. Entre ellas, *Citharexylum brachyanthum* (7.660%) y *Dalea bicolor* (7.146%) fungen como acompañantes estables, mientras que especies como *Condalia ericoides* obtienen la menor representatividad con un IVI mínimo de 0.825%.

En conclusión, el matorral desértico micrófilo analizado exhibe una fisionomía arbustiva concentrada y dependiente, donde *Parthenium incanum* actúa como la especie clave del ecosistema, compartiendo de forma muy selectiva el control de los recursos con *Larrea*, *Centaurea* y *Neltuma glandulosa*.

Tabla III.34. Valor de importancia para el estrato arbustivo de MDM.

ARBUSTIVO								
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia absoluta**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	Acacia farnesiana	1	1	2.22222	0.23202	0.00026	1.28255	1.24560
2	Centaurea melitensis	61	4	8.88889	14.15313	0.00193	9.70063	10.91422
3	Citharexylum brachyanthum	29	4	8.88889	6.72854	0.00147	7.36272	7.66005
4	Condalia ericoides	1	1	2.22222	0.23202	0.00000	0.02031	0.82485
5	Condalia viridis	10	1	2.22222	2.32019	0.00108	5.40443	3.31561
6	Dalea bicolor	30	3	6.66667	6.96056	0.00156	7.81002	7.14575
7	Echtia glomerata	12	2	4.44444	2.78422	0.00003	0.16402	2.46423
8	Ephedra aspera	2	1	2.22222	0.46404	0.00034	1.70685	1.46437
9	Koeberlinia spinosa	2	1	2.22222	0.46404	0.00003	0.15131	0.94586
10	Larrea tridentata	30	7	15.55556	6.96056	0.00224	11.23479	11.25030
11	Lippia origanoides	11	2	4.44444	2.55220	0.00028	1.38065	2.79243
12	Mimosa biuncifera	7	4	8.88889	1.62413	0.00115	5.74846	5.42049
13	Neltuma glandulosa	11	6	13.33333	2.55220	0.00267	13.38461	9.75671
14	Parthenium incanum	189	6	13.33333	43.85151	0.00616	30.90713	29.36399
15	Viguiera stenoloba	35	2	4.44444	8.12065	0.00075	3.74152	5.43554
				100	100		100	100

Estrato cactáceo

Del estrato cactáceo, se puede interpretar que posee una estructura comunitaria donde una sola especie ejerce la mayor dominancia física, seguida por un grupo de cactáceas numéricamente abundantes que equilibran el ecosistema. *Dasylirion wheeleri* se posiciona como la especie ecológicamente más importante con un IVI sobresaliente de 20.50%. Este primer lugar está determinado casi en su totalidad por su masiva dominancia relativa (51.443%), lo que demuestra que, a pesar de no ser la especie con más individuos (15), sus rosetas abarcan más de la mitad del área basal o cobertura total de la muestra, otorgándole un rol arquitectónico clave en el estrato.

Por debajo de esta especie dominante se configura un segundo bloque de alto valor ecológico con una distribución más homogénea. En esta escala destacan *Agave lechuguilla* (IVI de 12.42%), impulsada por una sólida dominancia (14.973%) y densidad; *Echinocereus stramineus* (IVI de 11.41%), que registra la mayor frecuencia relativa (12.069%) y densidad relativa (15.309%) con 47 individuos; y *Cylindropuntia leptocaulis* (IVI de 10.08%), que muestra un excelente equilibrio biométrico en todos sus parámetros. Otras especies como *Lophophora williamsii* (IVI 8.33%) y *Opuntia microdasys* (IVI 7.15%) complementan de manera importante la riqueza biológica del sitio, mientras que un grupo de 7 especies (como *Mammillaria winterae* y *Coryphantha delicata*) quedan relegadas a un papel marginal con valores de IVI inferiores al 1%.

De manera resumida, este estrato presenta una estructura asimétrica bien definida, donde el control del espacio físico está dominado por *Dasylirion wheeleri*, pero la diversidad estructural y poblacional está sostenida por una rica variedad de cactáceas de los géneros *Agave*, *Echinocereus* y *Cylindropuntia*.

Tabla III.35. Valor de importancia para el estrato suculento de MDM.

SUCULENTO								
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia absoluta**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	Agave lechuguilla	42	5	8.6207	13.6808	0.0081	14.9734	12.42
2	Astrophytum capricorne	4	1	1.7241	1.3029	0.0001	0.1110	1.05
3	Corynopuntia schottii	20	1	1.7241	6.5147	0.0002	0.3344	2.86
4	Coryphantha delicata	1	1	1.7241	0.3257	0.0000	0.0167	0.69
5	Cylindropuntia imbricata	1	1	1.7241	0.3257	0.0001	0.1045	0.72
6	Cylindropuntia leptocaulis	25	6	10.3448	8.1433	0.0064	11.7637	10.08
7	Cylindropuntia tunicata	1	1	1.7241	0.3257	0.0001	0.1920	0.75
8	Dasylirion wheeleri	15	3	5.1724	4.8860	0.0280	51.4437	20.50
9	Echinocereus stramineus	47	7	12.0690	15.3094	0.0037	6.8559	11.41
10	Ferocactus hamatacanthus	16	5	8.6207	5.2117	0.0005	0.9124	4.91
11	Fouquieria splendens	2	2	3.4483	0.6515	0.0006	1.0741	1.72
12	Lophophora williamsii	44	6	10.3448	14.3322	0.0002	0.3131	8.33
13	Mammillaria heyderi	26	5	8.6207	8.4691	0.0003	0.4609	5.85
14	Mammillaria pottsii	6	3	5.1724	1.9544	0.0001	0.1592	2.43
15	Mammillaria winterae	1	1	1.7241	0.3257	0.0000	0.0042	0.68
16	Opuntia mycrodasis	13	4	6.8966	4.2345	0.0056	10.3297	7.15
17	Opuntia stenopetala	1	1	1.7241	0.3257	0.0001	0.2316	0.76
18	Opuntia streptacantha	1	1	1.7241	0.3257	0.0000	0.0273	0.69
19	Thelocactus bicolor	41	4	6.8966	13.3550	0.0004	0.6920	6.98
				100	100		100	100

Estrato herbáceo

El análisis del estrato herbáceo revela una estructura comunitaria con una homogeneidad absoluta en su distribución espacial, pero con una dominancia radical en términos de abundancia y biomasa por parte de una sola especie. Todas las 6 especies registradas

comparten exactamente la misma frecuencia relativa (16.67%), lo que indica que aparecen de manera idéntica en los sitios de muestreo. Sin embargo, *Jatropha dioica* (conocida comúnmente como sangre de grado) es la especie ecológicamente dominante del estrato con un IVI sobresaliente de 58.62%. Este dominio absoluto está sustentado por registrar la mayor cantidad de ejemplares (25 individuos), lo que se traduce en una densidad relativa de 65.79%, y de manera aún más drástica, por acaparar una impresionante dominancia relativa de 93.41%, demostrando que su cobertura física abarca casi la totalidad del suelo colonizado por este estrato.

Por otro lado, el resto de los componentes vegetales muestran una representatividad sumamente discreta. *Bouteloua curtipendula* ocupa la segunda posición con un IVI de 11.63%, impulsada levemente por su densidad relativa (13.16%) y una dominancia del 5.06%, seguida por la especie *Centaurea solstitialis* con un IVI de 10.13%. En el extremo inferior, gramíneas nativas como *Eragrostis intermedia* (IVI 6.64%), *Muhlenbergia setifolia* (IVI 6.51%) y *Bouteloua gracilis* (IVI 6.47%) quedan relegadas a una presencia baja, condicionadas por registrar un único individuo en el muestreo y coberturas espaciales inferiores al 1%.
En conclusión, el estrato herbáceo presenta una bajísima equidad biológica, comportándose como un ecosistema dominado por *Jatropha dioica* en lo que a biomasa y ocupación del espacio se refiere.

Tabla III.36. Valor de importancia para el estrato herbáceo de MDM.

HERBÁCEO								
ID	**Nombre científico**	**Individuos**	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**	**Densidad relativa**	**Dominancia absoluta**	**Dominancia relativa**	**IVI**
1	Bouteloua curtipendula	5	1	16.67	13.16	0.1520	5.06	11.63
2	Bouteloua gracilis	1	1	16.67	2.63	0.0034	0.11	6.47
3	Centaurea solstitialis	5	1	16.67	13.16	0.0172	0.57	10.13
4	Eragrostis intermedia	1	1	16.67	2.63	0.0184	0.61	6.64
5	Jatropha dioica	25	1	16.67	65.79	2.8050	93.41	58.62
6	Muhlenbergia setifolia	1	1	16.67	2.63	0.0070	0.23	6.51
				100	100		100	100

III.3.1.3.3. Índice de Shannon-Wiener (h)

La diversidad de especies, un concepto fundamental en ecología se cuantifica a través de diversos índices. Una medida inicial y sencilla consiste en contar el número de especies presentes en un área determinada; sin embargo, este enfoque presenta limitaciones significativas. En primer lugar, no considera la abundancia relativa de cada especie, lo que significa que una comunidad con una especie muy abundante y muchas otras raras podrían tener la misma riqueza específica que otra con especies más equitativamente distribuidas. En segundo lugar, el número de especies detectadas depende en gran medida del esfuerzo de muestreo, es decir, del tamaño de la muestra y del tiempo dedicado a la búsqueda. (Moreno, 2001)

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} (Pi)(Log_2 Pi)$$

Donde pi representa la proporción (o abundancia relativa) de cada especie en la población y "log" es la abreviatura del logaritmo (la base del logaritmo no importa, puede ser base 10 (decimal), base 2 (binaria) o base "e" = 2.7182..., la base de los logaritmos naturales, la más utilizada actualmente). La sumatoria (å) es sobre las "S" especies (i = 1, 2…S) de la población. Si llamamos ni al número de individuos de la especie "i" y N a la población total de la colección, entonces pi = ni/N. El tamaño de la población (N) se calcula sumando los individuos de todas las especies, es decir, N = å ni. Del signo negativo vamos a hablar luego.

Con la información de muestreo considerada como confiable se procedió a calcular la diversidad florística para lo cual se utilizó el índice de Shannon, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

La relación entre $H´ y H_{max}$ puede ser tomada como una medida de equitatividad (J'), a continuación, se presenta la información obtenida en cuanto a la estimación de la biodiversidad en la zona de la microcuenca tanto para la flora como la fauna silvestre del lugar.

ÍNDICE DE SHANNON PARA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO (VSA/MDM)

Estrato arbóreo

El análisis de la biodiversidad para el estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VSa/MDM) muestra un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 1.174. Este valor refleja una diversidad que, en la escala general de este índice ecológico (donde valores menores a 2 se consideran bajos), denota una diversidad florística baja. Dicho comportamiento está condicionado por una riqueza específica reducida, registrando únicamente 4 especies (S = 4) representadas en un total de 26 individuos. A nivel individual, el mezquite (*Neltuma glandulosa*) y el pirul (*Schinus molle*) son los que aportan el mayor peso al índice de manera casi equitativa (0.357 y 0.353 respectivamente), mientras que el palo verde (*Parkinsonia aculeata*) tiene la contribución más pobre (0.125) debido a su baja presencia en el muestreo.

A pesar de la baja riqueza de especies, el ecosistema destaca por poseer un Índice de Equidad de Pielou (J') alto de 0.847, situándose muy cerca del valor máximo teórico de diversidad (H_{max} = 1.38). Esta elevada equidad nos indica que, exceptuando la escasez del palo verde, los individuos de la comunidad vegetal se encuentran distribuidos de manera bastante homogénea entre las especies dominantes.

Es decir, en el estrato arbóreo existe un equilibrio poblacional notable entre el mezquite (46.2%), el pirul (26.9%) y el sauce negro (23.1%), lo que sugiere una estructura comunitaria estable frente a posibles perturbaciones.

Tabla III.37. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbóreo de VSa/MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Mezquite	*Neltuma glandulosa*	12	0.462	-0.773	0.357
2	Palo verde	*Parkinsonia aculeata*	1	0.038	-3.258	0.125

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
3	Sauce negro	*Salix nigra*	6	0.231	-1.466	0.338
4	Pirul	*Schinus molle*	7	0.269	-1.312	0.353
			26	**H Calculada**		1.174
				Riqueza S		4
				H max =		1.386
				Equidad (J) =		0.847

Estrato arbustivo

El análisis de la biodiversidad para el estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VSa/MDM) arroja un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 1.924. En el contexto general de los ecosistemas terrestres, un valor que roza las 2 unidades se interpreta como una diversidad florística baja. Aunque el sitio presenta una riqueza de especies considerablemente alta para este tipo de ambientes secos, registrando 25 especies (S = 25) en un total de 1,684 individuos, el índice de diversidad se ve significativamente mermado debido a la fuerte asimetría en las abundancias de sus componentes biológicos. Las especies que más aportan al valor final de diversidad son la mariola (*Parthenium incanum*) con un peso parcial de 0.365 y el mezquite (*Neltuma glandulosa*) con 0.339.

La marcada reducción en el potencial de diversidad se explica analíticamente a través del Índice de Equidad de Pielou (J'), el cual registra un valor moderadamente bajo de 0.598, quedando muy distante de la diversidad máxima teórica esperada (H_{max} = 3.219). Este resultado refleja una baja equitatividad o uniformidad poblacional, provocada por la marcada dominancia numérica de unos pocos taxones: la mariola (*Parthenium incanum*) y el mezquite (*Neltuma glandulosa*) concentran juntos el 64.4% de todos los individuos muestreados.

En conclusión, el estrato arbustivo de esta comunidad se caracteriza por una estructura concentrada por especies dominantes, lo que relega a las otras 23 especies (muchas de ellas con apenas 2 o 3 individuos) a un papel ecológico periférico o marginal dentro de la dinámica del ecosistema.

Tabla III.38. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbustivo de VSa/MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Acacia	Acacia farnesiana	10	0.006	-5.126	0.030
2	Tepame	Acacia pennatula	2	0.001	-6.736	0.008
3	Vara dulce	Aloysia gratissima	40	0.024	-3.740	0.089
4	Carrizo asiático gigante	Arundo donax	26	0.015	-4.171	0.064
5	Cenizo	Atriplex canescens	4	0.002	-6.043	0.014
6	Batamonte	Baccharis salicifolia	7	0.004	-5.483	0.023
7	Acahual	Bidens pilosa	2	0.001	-6.736	0.008
8	Acebuche	Celtis pallida	16	0.010	-4.656	0.044
9	Tocalote	Centaurea melitensis	10	0.006	-5.126	0.030
10	Agrito	Citharexylum brachyanthum	2	0.001	-6.736	0.008
11	Abrojo	Condalia ericoides	3	0.002	-6.330	0.011
12	Green Condalia	Condalia viridis	21	0.012	-4.384	0.055
13	Chaparro Prieto	Cordia parvifolia	40	0.024	-3.740	0.089
14	Guapilla	Echtia glomerata	7	0.004	-5.483	0.023
15	Hojasén	Flourencia cernua	2	0.001	-6.736	0.008
16	Abrojo	Koeberlinia spinosa	39	0.023	-3.765	0.087
17	Gobernadora	Larrea tridentata	159	0.094	-2.360	0.223
18	Garabatillo	Mimosa biuncifera	3	0.002	-6.330	0.011
19	Mezquite	Neltuma glandulosa	390	0.232	-1.463	0.339
20	Tabaquillo Sudamericano	Nicotiana glauca	6	0.004	-5.637	0.020

21	Retama	Parkinsonia aculeata	4	0.002	-6.043	0.014
22	Mariola	Parthenium incanum	694	0.412	-0.886	0.365
23	Garrapatilla	Sarcomphalus obtusifolius	99	0.059	-2.834	0.167
24	Hierba del negro	Sphaeralcea angustifolia	81	0.048	-3.034	0.146
25	Skeletonleaf Goldeneye	Viguiera stenoloba	17	0.010	-4.596	0.046
				H Calculada		1.924
				Riqueza S		25
				H max =		3.219
				Equidad (J) =		0.598

Estrato cactáceo

El análisis de la biodiversidad para el estrato suculento de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VSa/MDM) arroja un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 2.190. En el marco de la ecología de comunidades, un valor que supera el umbral de las 2.00 unidades se interpreta como una diversidad florística media. Este resultado es biológicamente positivo y refleja una comunidad madura y diversa para ambientes áridos, sustentada por una riqueza de 20 especies (S = 20) distribuidas en un total de 584 individuos. A nivel específico, el tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*), la biznaga china (*Mammillaria heyderi*) y el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) son los taxones que realizan los aportes individuales más significativos al ecosistema (con valores parciales de 0.356, 0.311 y 0.277, respectivamente).

Este nivel de diversidad media se consolida gracias a un Índice de Equidad de Pielou (J') alto de 0.731, el cual se aproxima de manera óptima al valor máximo teórico de diversidad (H_{max}= 2.996). Esta cifra demuestra una distribución poblacional relativamente homogénea y equilibrada entre las cactáceas del sitio.

Si bien el tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*) es la especie numéricamente más abundante con 162 individuos (27.7% del total), su presencia no llega a constituir una dominancia absoluta sobre el resto de la comunidad. Especies acompañantes con poblaciones saludables como *Mammillaria heyderi* (107 individuos), *Cylindropuntia imbricata* (83 individuos) y *Opuntia microdasys* (67 individuos) actúan como un contrapeso ecológico eficiente, permitiendo la coexistencia armónica y reduciendo la vulnerabilidad del estrato ante perturbaciones ambientales.

Tabla III.39. Índice de Shannon Wiener para el estrato suculento de VSa/MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Maguey lechuguilla	*Agave lechuguilla*	7	0.012	-4.424	0.053
2	Biznaga partida de Jaumave	*Coryphantha delicata*	3	0.005	-5.271	0.027
3	Biznaga partida	*Coryphantha macromeris*	4	0.007	-4.984	0.034
4	Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	83	0.142	-1.951	0.277
5	Tasajillo	*Cylindropuntia leptocaulis*	162	0.277	-1.282	0.356
6	Abrojo	*Cylindropuntia tunicata*	4	0.007	-4.984	0.034
7	Alicoche real	*Echinocereus enneacanthus*	41	0.070	-2.656	0.186
8	Alicoche sanjuanero	*Echinocereus stramineus*	27	0.046	-3.074	0.142
9	Biznaga meloncillo	*Echinomastus horizonthalonius*	2	0.003	-5.677	0.019
10	Biznaga barril costillona	*Ferocactus hamatacanthus*	20	0.034	-3.374	0.116
11	Biznaga de la Sierra Bola	*Mammillaria grusonii*	2	0.003	-5.677	0.019
12	Biznaga china	*Mammillaria heyderi*	107	0.183	-1.697	0.311
13	Biznaga de Saltillo	*Mammillaria winterae*	3	0.005	-5.271	0.027
14	Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	13	0.022	-3.805	0.085
15	Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	67	0.115	-2.165	0.248
16	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	25	0.043	-3.151	0.135

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
17	Nopal cegador	*Opuntia rufida*	3	0.005	-5.271	0.027
18	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	1	0.002	-6.370	0.011
19	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	4	0.007	-4.984	0.034
20	Biznaga pezón bicolor	*Thelocactus bicolor*	6	0.010	-4.578	0.047
			584	**H Calculada**		2.190
				Riqueza S		20
				H max =		2.996
				Equidad (J) =		0.731

Estrato herbáceo

El análisis de la biodiversidad para el **estrato herbáceo** de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VSa/MDM) muestra un **Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 2.459**. En el ámbito de la ecología vegetal, este valor se consolida firmemente dentro de una **diversidad florística media**. Dicho resultado refleja una comunidad herbácea estructuralmente sana y diversa, respaldada por una riqueza biológica de **20 especies** distribuidas en un total de 256 individuos, donde especies como el arbusto salado australiano (*Atriplex semibaccata*), el árnica espinosa (*Xanthisma spinulosum*), el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y la rodadora (*Salsola kali*) ejercen las mayores contribuciones individuales al índice de diversidad.

Este estado óptimo de diversidad media se ve directamente sustentado por un **Índice de Equidad de Pielou (J') alto de 0.821**, situándose notablemente cerca de la diversidad máxima teórica permisible para este escenario (H_{max} = 2.996). Esta cifra evidencia una **elevada homogeneidad y un reparto equitativo de los recursos espaciales**, indicando que los individuos se encuentran distribuidos de manera sumamente uniforme entre los diferentes taxones.

Aunque *Atriplex semibaccata* es numéricamente la especie más abundante con 44 individuos (17.2% del total), no llega a generar una dominancia sobe el ecosistema. Al contrario, la fuerte presencia de poblaciones paralelas y balanceadas como las de *Xanthisma spinulosum* (38 individuos), *Cenchrus ciliaris* (37 individuos) y *Salsola kali* (37 individuos) actúa como un mecanismo estabilizador, dotando al estrato herbáceo de una notable resiliencia y equilibrio ecológico.

Tabla III.40. Índice de Shannon Wiener para el estrato herbáceo de VSa/MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Estafiate	*Artemisia ludoviciana*	6	0.023	-3.753	0.088
2	Arbusto salado australiano	*Atriplex semibaccata*	44	0.172	-1.761	0.303
3	Navajita	*Bouteloua gracilis*	2	0.008	-4.852	0.038
4	Zacate buffel	*Cenchrus ciliaris*	37	0.145	-1.934	0.280
5	Barbas de Indio	*Chloris virgata*	22	0.086	-2.454	0.211
6	Zacate llanero	*Eragrostis intermedia*	1	0.004	-5.545	0.022
7	Hierba de serpiente	*Gutierrezia Microcephala*	10	0.039	-3.243	0.127
8	Toboso	*Hilaria mutica*	6	0.023	-3.753	0.088
9	Porotillo	*Hoffmannseggia glauca*	10	0.039	-3.243	0.127
10	Sangre de drago	*Jatropha dioica*	1	0.004	-5.545	0.022
11	Liendrilla amacollada	*Muhlenbergia porteri*	4	0.016	-4.159	0.065
12	Liendrilla aparejo	*Muhlenbergia repens*	8	0.031	-3.466	0.108
13	Muhlenbergia setifolia	*Muhlenbergia setifolia*	2	0.008	-4.852	0.038
14	Matricaria de Gray	*Parthenium confertum*	3	0.012	-4.447	0.052
15	Rodadora	*Salsola kali*	37	0.145	-1.934	0.280

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
16	Aretillo	*Salvia regla*	3	0.012	-4.447	0.052
17	Pera	*Solanum elaeagnifolium*	16	0.063	-2.773	0.173
18	Malva del desierto	*Sphaeralcea ambigua*	3	0.012	-4.447	0.052
19	Manzanilla	*Thymophylla pentachaeta*	3	0.012	-4.447	0.052
20	Árnica espinosa	*Xanthisma spinulosum*	38	0.148	-1.908	0.283
				H Calculada		2.459
				Riqueza S		20
				H max =		2.996
				Equidad (J) =		0.821

ÍNDICE DE SHANNON PARA MATORRAL DESÉRTICO MIRÓFILO (MDM)

Estrato arbóreo

Para el caso de la vegetación de Matorral Desértico Micrófilo (MDM) no se registraron especies arbóreas.

Estrato arbustivo

El estrato arbustivo del matorral desértico micrófilo (MDM) registra un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 1.914. De acuerdo con los criterios ecológicos estandarizados, este valor sitúa a la comunidad vegetal dentro de una categoría de diversidad florística baja. A pesar de contar con una riqueza de especies bastante saludable para ecosistemas áridos, con un total de 15 especies distribuidas en 431 individuos, la acumulación diferencial de la abundancia restringe el potencial del índice. La mariola (*Parthenium incanum*) sobresale como el taxón que realiza el mayor aporte a la estructura de la diversidad con un índice parcial de 0.361, seguida de manera secundaria por el tocalote (*Centaurea melitensis*) con 0.277 y la hierba del negro (*Viguiera stenoloba*) con 0.204.

Esta restricción en la diversidad encuentra su explicación analítica en el Índice de Equidad de Pielou (J'), el cual arroja un valor moderado de 0.707 en comparación con su nivel máximo teórico (H_{max} = 2.708). Dicho resultado refleja que la distribución de individuos entre las especies no es totalmente uniforme, existiendo una marcada tendencia hacia la dominancia numérica de la mariola (*Parthenium incanum*), la cual concentra ella sola el 43.9% de toda la población del estrato (189 individuos). No obstante, el sistema no llega a un estado de dominancia por el contrapeso demográfico que ejercen especies acompañantes bien consolidadas como *Centaurea melitensis* (61 individuos) y *Viguiera stenoloba* (35 individuos), confiriéndole al matorral una estabilidad estructural intermedia ante variaciones climáticas o perturbaciones externas.

Tabla III.41. Índice de Shannon Wiener para el estrato arbustivo de MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Acacia	*Acacia farnesiana*	1	0.002	-6.066	0.014
2	Tocalote	*Centaurea melitensis*	61	0.142	-1.955	0.277
3	Agrito	*Citharexylum brachyanthum*	29	0.067	-2.699	0.182
4	Abrojo	*Condalia ericoides*	1	0.002	-6.066	0.014
5	Green Condalia	*Condalia viridis*	10	0.023	-3.764	0.087
6	Engordacabra	*Dalea bicolor*	30	0.070	-2.665	0.185
7	Guapilla	*Echtia glomerata*	12	0.028	-3.581	0.100
8	Canutillo	*Ephedra aspera*	2	0.005	-5.373	0.025
9	Abrojo	*Koeberlinia spinosa*	2	0.005	-5.373	0.025

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
10	Gobernadora	*Larrea tridentata*	30	0.070	-2.665	0.185
11	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	11	0.026	-3.668	0.094
12	Garabatillo	*Mimosa biuncifera*	7	0.016	-4.120	0.067
13	Mezquite	*Neltuma glandulosa*	11	0.026	-3.668	0.094
14	Mariola	*Parthenium incanum*	189	0.439	-0.824	0.361
15	Skeletonleaf Goldeneye	*Viguiera stenoloba*	35	0.081	-2.511	0.204
				H Calculada		1.914
				Riqueza S		15
				H max =		2.708
				Equidad (J) =		0.707

Estrato cactáceo

El análisis de la biodiversidad para el estrato suculento de la vegetación de matorral desértico micrófilo (MDM) registra un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 2.412. Dentro de los parámetros de la ecología de comunidades, este resultado se clasifica sólidamente como una diversidad florística media. Este valor refleja un estado ecológico muy favorable y maduro para las zonas áridas de la región, sustentado por una riqueza biológica de 19 especies distribuidas de forma balanceada en un total de 308 individuos. Las especies con las contribuciones parciales más significativas al desarrollo del índice son el alicoche sanjuanero (*Echinocereus stramineus*), el peyote (*Lophophora williamsii*) y el maguey lechuguilla (*Agave lechuguilla*), aportando valores de 0.287, 0.278 y 0.272 respectivamente.

Este nivel de diversidad media se consolida observando el Índice de Equidad de Pielou (J') el cual arroja un valor de 0.819, el cual se aproxima de manera sobresaliente al valor máximo teórico de diversidad esperado (H_{max} = 2.944). Este indicador evidencia una elevada homogeneidad y un reparto proporcional óptimo en la estructura demográfica de la comunidad, confirmando que los individuos se distribuyen de manera muy uniforme entre los diferentes taxones. Aunque *Echinocereus stramineus* es la especie numéricamente más abundante con 47 ejemplares, seguida muy de cerca por *Lophophora williamsii* con 44 y *Agave lechuguilla* con 42, ninguna de ellas ejerce una dominancia sobre el ecosistema. Esta coexistencia equilibrada estabiliza la estructura del matorral, dotando al estrato suculento de una gran estabilidad biológica ante perturbaciones.

Tabla III.42. Índice de Shannon Wiener para el estrato suculento de MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Maguey lechuguilla	Agave lechuguilla	42	0.137	-1.989	0.272
2	Biznaga algodoncillo de estropajo	Astrophytum capricorne	4	0.013	-4.341	0.057
3	Choya abrojo de Texas	Corynopuntia schottii	20	0.065	-2.731	0.178
4	Biznaga partida de Jaumave	Coryphantha delicata	1	0.003	-5.727	0.019
5	Cardenche	Cylindropuntia imbricata	1	0.003	-5.727	0.019
6	Tasajillo	Cylindropuntia leptocaulis	25	0.081	-2.508	0.204
7	Abrojo	Cylindropuntia tunicata	1	0.003	-5.727	0.019
8	Sotol de desierto	Dasylirion wheeleri	15	0.049	-3.019	0.147
9	Alicoche sanjuanero	Echinocereus stramineus	47	0.153	-1.877	0.287
10	Biznaga barril costillona	Ferocactus hamatacanthus	16	0.052	-2.954	0.154
11	Ocotillo	Fouquieria splendens	2	0.007	-5.034	0.033
12	Peyote	Lophophora williamsii	44	0.143	-1.943	0.278
13	Biznaga china	Mammillaria heyderi	26	0.085	-2.469	0.209
14	Biznaga de chilitos	Mammillaria pottsii	6	0.020	-3.935	0.077
15	Biznaga de Saltillo	Mammillaria winterae	1	0.003	-5.727	0.019
16	Nopal real	Opuntia mycrodasis	13	0.042	-3.162	0.134
17	Arrastradillo	Opuntia stenopetala	1	0.003	-5.727	0.019

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
18	Nopal cardón	Opuntia streptacantha	1	0.003	-5.727	0.019
19	Biznaga pezón bicolor	Thelocactus bicolor	41	0.134	-2.013	0.269
				H Calculada		2.412
				Riqueza S		19
				H max =		2.944
				Equidad (J) =		0.819

Estrato herbáceo

El análisis de la biodiversidad para el estrato herbáceo del matorral desértico micrófilo (MDM) registra un Índice de Shannon-Wiener calculado (H') de 1.096. En el ámbito de la ecología de comunidades, un valor cercano a 1 se interpreta de forma contundente como una diversidad florística baja. Este pobre desempeño del índice está determinado de manera directa por una riqueza de especies sumamente reducida, reportando apenas 6 especies en un total de 38 individuos muestreados. A nivel específico, la sangre de drago (*Jatropha dioica*) aporta el valor parcial más alto con 0.275, seguida de manera idéntica por la banderilla (*Bouteloua curtipendula*) y el cardo abrepoño (*Centaurea solstitialis*), ambos con 0.267, reflejando una estructura simplificada donde la mayoría de los componentes aportan muy poco a la complejidad general.

Esta baja diversidad se encuentra fuertemente ligada al Índice de Equidad de Pielou (J'), el cual arroja un valor de 0.612 en relación con su potencial máximo teórico (H_{max} = 1.792). Esta cifra revela una baja equitatividad o uniformidad en la distribución de las abundancias, provocada por una marcada dominancia de sangre de grado (*Jatropha dioica*), especie que concentra ella sola el 65.8% de todos los individuos del estrato (25 ejemplares).

La presencia minoritaria de especies con un solo individuo, como *Bouteloua gracilis*, *Eragrostis intermedia* y *Muhlenbergia setifolia*, acentúa este desequilibrio poblacional.

Tabla III.43. Índice de Shannon Wiener para el estrato herbáceo de MDM.

ID	Nombre común	Nombre científico	Individuos	Pi	Ln (Pi)	H´
1	Banderilla	Bouteloua curtipendula	5	0.132	-2.028	0.267
2	Navajita	Bouteloua gracilis	1	0.026	-3.638	0.096
3	Cardo abrepuño	Centaurea solstitialis	5	0.132	-2.028	0.267
4	Zacate llanero	Eragrostis intermedia	1	0.026	-3.638	0.096
5	Sangre de drago	Jatropha dioica	25	0.658	-0.419	0.275
6	Muhlenbergia setifolia	Muhlenbergia setifolia	1	0.026	-3.638	0.096
			38	**H Calculada**		1.096
				Riqueza S		6
				H max =		1.792
				Equidad (J) =		0.612

III.3.2. Fauna

El siguiente análisis se centra en la caracterización de la biodiversidad presente en el área de influencia del proyecto, con especial énfasis en la fauna. Se busca determinar la riqueza, estructura y diversidad de las comunidades terrestres y/o acuáticas, identificando las especies presentes y su distribución espacial. Además, se evaluará el estado de conservación de estas comunidades, considerando factores como la fragmentación de hábitats, la contaminación y otras presiones antrópicas.

Particularmente, se prestará atención a las áreas de importancia biológica, como zonas de anidación, crianza y alimentación, así como a posibles rutas migratorias que puedan verse afectadas por el desarrollo del proyecto.

Con el objetivo de generar una línea base sólida para el inventario de fauna silvestre se adaptó una serie de metodologías específicas. Estas técnicas garantizan la obtención de datos precisos y confiables permitiendo la caracterización de la diversidad de especies presentes en el área; la evaluación del estado de conservación de las poblaciones; la identificación de los posibles impactos del proyecto sobre la fauna local; y proponer medidas de mitigación y conservación adecuadas.

Las metodologías empleadas incluyen cuatro fases que posteriormente serán descritas, cabe destacar que cada una de estas fases han sido adaptadas a las características particulares del sitio e interrelacionadas entre sí.

El proceso de caracterización de la fauna se estructuró en las siguientes etapas:

1. Planificación:
   - Delimitación del área de estudio: Se definió geográficamente el área considerando los límites del proyecto y las características ecológicas.
   - Diseño del muestreo: Se configuró el muestreo y se seleccionaron los grupos taxonómicos de interés, tales como aves, mamíferos, reptiles y anfibios.
   - Conformación del equipo: Se conformó un equipo multidisciplinario con experiencia en ecología y técnicas de muestreo de fauna, garantizando así la calidad y rigor científico del estudio.

2. Recopilación de información base:
   - Caracterización del ambiente: Se realizó una revisión exhaustiva de la información bibliográfica y cartográfica disponible, complementada con visitas de campo preliminares, para conocer en detalle las características del medio físico y biológico del área de estudio, incluyendo aspectos como geología, hidrología, clima, vegetación y uso del suelo.

3. Trabajo en campo:
   - Ejecución del muestreo: Se llevó a cabo el muestreo de fauna en campo, siguiendo los protocolos establecidos en la fase de planificación. Se emplearon diversas técnicas de muestreo (e. g., transectos, puntos de conteo, cámaras trampa), adaptadas a las características de cada grupo taxonómico y hábitat.
   - Recolección de datos: Se registraron de manera sistemática los datos obtenidos en campo, incluyendo información sobre la identificación de especies, abundancias, comportamiento y condiciones ambientales.

4. Análisis y presentación de resultados:
   - Procesamiento de datos: Se procesaron los datos recopilados en campo, utilizando software especializado “EstimateS Statistical Estimation of Species

Richness and Shared Species from Samples" para el análisis estadístico y la generación de índices de diversidad, riqueza específica y abundancia relativa.

- Elaboración de productos: Se elaboraron curvas de acumulación de especies y otros gráficos que permitieron visualizar los patrones de distribución de la fauna y evaluar el éxito del muestreo.
- Interpretación de resultados: Se interpretaron los resultados obtenidos sobre la ecología de las especies y las características del área de estudio, identificando las especies más relevantes y los factores que influyen en su distribución y abundancia.
- Generación de recomendaciones: Se elaboraron recomendaciones específicas para la conservación de la fauna en el área del proyecto, considerando los resultados del inventario y las mejores prácticas en manejo de fauna silvestre.

La primera etapa consistió en delimitar el SA y caracterizar su vegetación, identificando como tipo de vegetación. Con base a esta información, se seleccionaron los sitios de muestreo, considerando criterios de accesibilidad, seguridad y representatividad de los diferentes tipos de vegetación, se realizó el muestreo en Vegetaciones de tipo: Matorral Desértico Micrófilo (MDM) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM).
Estos sitios fueron elegidos de manera aleatoria para permitir la comparación entre las áreas de estudio y obtener una visión integral de la fauna presente en el SA.

AVES

La identificación de las aves se efectuó con ayuda de binoculares y guías de elaboradas mediante la plataforma de consulta creada por la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) EncicloVida, de igual manera, se utilizó la aplicación móvil Merlin Bird ID; durante el desarrollo de los censos se tomaron los siguientes datos: especie, número de individuos, hora, actividad y otras observaciones de utilidad.

Método de muestreo de aves

Se llevó a cabo un muestreo de aves utilizando la técnica de punto fijo. Es decir, el personal encargado de avistamientos se posicionó en el centro de la unidad de muestreo y durante 10 minutos se registró de forma individual todas las aves observadas y escuchadas dentro de esta radio, utilizando binoculares y una guía de campo (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018).

Se escribió el nombre común y científico de cada especie, así como el número de individuos.

Para asegurar la precisión del recuento, se tomaron las siguientes precauciones:

- Evitar el conteo doble: Cada ave solo se registró una vez.
- Considerar aves en movimiento: Se incluirán las aves que ingresaron al área de conteo durante el período de observación.
- Documentar especies desconocidas: Se anotaron las características de las aves no identificadas para su posterior clasificación.

MAMIFEROS

Se utilizaron métodos indirectos que consistieron en la identificación e interpretación de los rastros que dejan los mamíferos durante sus actividades, como son las huellas, excretas y regurgitaciones, se utilizó la bibliografía Peterson “Field Guide to Animal Tracks” (Murie, 2005).

Así mismo, se obtuvieron fotografías de huellas y colecta de excretas, además de consultar y entrevistar a los habitantes de la zona, mostrando fotografías de la fauna típica del sitio, para su reconocimiento en el área del proyecto.

Algunas consideraciones adicionales para la identificación de las especies incluyen (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018):

Corredores biológicos (cañadas, cauces de corrientes superficiales, entre otras).
En algunos puntos del SA existen áreas donde la vegetación es más densa con cobertura amplia, por lo que estos sirven como corredores biológicos de algunas especies.

El proyecto se encuentra totalmente fuera de áreas con decreto federal. Sin embargo, otros criterios importantes a tomar en cuenta para caracterizar a las comunidades de fauna presentes es la estacionalidad de las especies. Periodo en que se encuentran presentes las especies en una determinada área (residentes, visitantes invernales, migratorias o transitorias).

En este caso no se observa que las especies encontradas muestren un comportamiento por estacionalidad, ya que son las más comunes de muchas áreas, por lo que esto no afecta a su presencia o ausencia en el lugar.

Método de muestreo de huellas, excrementos y rastros:

Se realizó un muestreo de rastros de mamíferos a lo largo de transectos establecidos en un sendero cercano a la Unidad de Muestreo. Para ello se siguió el siguiente procedimiento (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018):

- Ubicación de transectos: Se identificó el sendero más próximo al centro de la unidad de muestreo y se prepararon transectos de 200-400 metros de largo por 2 metros de ancho a lo largo de este, cabe destacar que la longitud fue dependiendo de accesibilidad, seguridad y representatividad.
- Registro de coordenadas: Se registraron las coordenadas geográficas del inicio de cada transecto utilizando un GPS.
- Búsqueda de rastros: Los brigadistas caminan por cada transecto buscando huellas y excrementos de mamíferos.
- Medición y registro: Se midieron las dimensiones de las huellas y excrementos y se identificó la especie a la que correspondían utilizando guías de campo.

Los mamíferos silvestres pueden crear diversos rastros, como huellas, excretas, madrigueras y refugios, marcas en las plantas, señales de alimentación, restos orgánicos, voces y sonidos, olores y otros más. (Sánchez J. M., 2012)

Las consideraciones por tomar en cuenta fueron (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018):

- Minimizar el impacto: Se caminó siempre por el sendero para evitar dañar el hábitat.
- Foco en la zona de muestreo: Se mantuvo la atención en una franja de 2 metros de ancho a lo largo del sendero.
- Registro de todas las especies: Se registraron rastros tanto de animales silvestres como domésticos.
- Medición precisa: Se utilizaron herramientas de medición para obtener datos precisos de las huellas y excrementos.
- Evitar conteos repetidos: Solo se registró la primera huella y el primer excremento de cada especie encontrada en cada transecto.

En el **Anexo III.03** se muestra el plano de los transectos que se recorrieron para el registro de huellas y excrementos.
Método de muestreo por fototrampeo

Se realizó la instalación de cámaras trampa dentro de las áreas cercanas de muestreo. Para ello se siguió el siguiente procedimiento (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018):

- Identificación de señales: Se buscarán indicios de actividad animal como huellas, excrementos, zonas de alimentación o madrigueras para determinar los puntos estratégicos de instalación.
- Selección del árbol: Se eligieron árboles robustos a una distancia de 3-5 metros de las señales de fauna, preferentemente en dirección norte.
- Instalación de la cámara: La cámara se colocó a 40 cm del suelo, apuntando hacia el área de paso de los animales, evitando la dirección oeste y este para prevenir activaciones falsas por la luz solar.
- Medición de la distancia: Se midió la distancia entre la cámara y el centro del área de muestreo con ayuda del GPS.
- Limpieza del área: Se eliminó la vegetación entre la cámara y el punto de paso de los animales para evitar activaciones accidentales.
- Camuflaje: Se utilizaron elementos naturales para camuflar la cámara y reducir el riesgo de robo.
- Registro fotográfico: Se tomarán fotografías de la ubicación de la cámara y del dispositivo junto a las coordenadas GPS.
- Verificación final: Se confirma que la cámara estaba encendida y funcionando correctamente.

En el **Anexo III.04** se muestra el plano de los sitios seleccionados para la colocación de trampas y fototrampas.

HERPETOFAUNA

La estructura horizontal de la vegetación ejerce una importante influencia sobre la composición de los reptiles y anfibios, especialmente en lagartijos en los ecosistemas con vegetación menos compleja como es el caso del Matorral Desértico Micrófilo y su vegetación

Secundaria Arbustiva, esto explica porque la termorregulación y el forrajeo principalmente son llevados a cabo sobre la superficie del suelo.

Método de muestreo de herpetofauna

Muchos de los registros de anfibios y reptiles resultan de observaciones causales realizadas durante un trabajo de campo, esas observaciones, en forma acumulativa, han contribuido más al conocimiento sobre la ocurrencia de reptiles y anfibios de cualquier otro método.

Aunque estas observaciones frecuentemente producen valiosos registros por localidad, generalmente requieren de la inversión de una gran cantidad de tiempo. A través de ellas solamente se verifica a especies fácilmente visibles y a aquellas que permanecen una gran parte del tiempo sobre la superficie del suelo, rocas o restos vegetales. Generalmente solo un pequeño porcentaje de las especies que ocupan un área son detectadas durante la búsqueda.

El método seleccionado para el levantamiento de este trabajo fue la de captura u observación directa: la cual fue realizada a través de recorridos diurnos, caminando y en vehículo, de forma sistemática al igual que el inventario de flora, con la ayuda de instrumentos y dispositivos que aumentaron la capacidad de observación.

Una de las formas más sencillas de verificar la ocurrencia de especies en un área dada es desplazarse a través del área, registrando todos los anfibios y reptiles observados.

Debido a que las especies están separadas tanto en tiempo como en el espacio, los muestreos realizados a diferentes momentos del día condujeron a determinar las variaciones en el número de especies registradas.

RESULTADOS

Para definir la distribución potencial de la fauna silvestre en la región, de consultó la guía de especies incluidas en la plataforma de consulta EncicloVida creada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como estudios previos realizados en la región.

A continuación, se presenta la información con respecto a los grupos herpetofauna, aves y mamíferos capturados, observados y aquellos que por comunicación con los habitantes del lugar fue posible su registro.

La diversidad faunística, se estimó a partir de la información de individuos que se detectaron en el SA y se utilizó la metodología antes descrita. Destacando que la detección de especies se hizo por observación directa o avistamientos y medios directos, como detección de rastros (huellas, excretas, madrigueras, cantos, rascaderos, echaderos, nidos, plumas, productos roídos o mordidos, pieles, cuernos, huesos).

Después de realizado el levantamiento en campo y el análisis ambiental se definió la diversidad faunística que es de **14** especies diferentes, **6** de ellas son aves, **6** mamíferos y **2** pertenecientes al grupo de herpetofauna. De estas especies encontradas para el caso de las aves se obtuvieron 6 órdenes diferentes; para el caso de los mamíferos se obtuvieron 3

órdenes y 4 familias; y finalmente para el caso de la herpetofauna se obtuvo 1 orden y 2 familias.

Es importante destacar la poca presencia del grupo de herpetofauna podría atribuirse a una compleja interacción de factores tanto naturales como antropogénicos. Además, la sincronización del muestreo ya que muchos anfibios y reptiles son nocturnos, por lo que un muestreo diurno podría subestimar significativamente sus poblaciones.

Por otro lado, las actividades humanas ejercen una influencia considerable. La expansión urbana y la construcción de asentamientos humanos destruyen y fragmentan los hábitats, esenciales para la reproducción y desarrollo de la herpetofauna.

En la Tabla siguiente se muestran los órdenes y familias de las especies localizadas dentro del área del SA, así mismo se incluye la categoría y su distribución de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III.

Tabla III.44. Especies localizadas dentro del SA.

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Clase	Estatus NOM-059	Distribución
Accipitriformes	Accipitridae	Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	Aves	-	-
Cathartiformes	Cathartidae	Zopilote común	*Coragyps atratus*	Aves	-	-
Cuculiformes	Cuculidae	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	Aves	-	-
Columbiformes	Columbidae	Paloma Alas Blancas	*Zenaida asiatica*	Aves	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	Cardenal desértico	*Cardinalis sinuatus*	Aves	-	-
Piciformes	Picidae	Carpintero mexicano	*Dryobates scalaris*	Aves	-	-
Carnivora	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	Mamífero	-	-
		Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	Mamífero	-	-
	Mephitidae	Zorrillo lisado norteño	*Mephitis mephitis*	Mamífero	-	-
Lagomorpha	Leporidae	Liebre	*Lepus californicus*	Mamífero	-	-
		Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	Mamífero	-	-
Rodentia	Cricetidae	Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	Mamífero	-	-
Squamata	Teiidae	Huico liso del altiplano	*Aspidoscelis inornatus*	Reptil	-	-
	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa norteña de grieta	*Sceloporus poinsettii*	Reptil	-	-

Es importante destacar que, al revisar la lista de especies de la tabla, no se detectaron especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III**.

Abundancia

Se clasifica en cinco categorías: abundante (especie fácilmente detectable en grandes números), común (especie observadas en números bajos y en grupos pequeños), poco

común (especie en la que se observaron unos pocos individuos), rara (especie observada en números muy bajos) y ocasional (especie muy escasa que si llega a observarse es un dato importante).

La abundancia de las especies en base a la información recabada se considera de la siguiente manera.

Tabla III.45. Abundancia de las especies de fauna silvestre dentro del SA.

Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia
AVES			
Paloma Alas Blancas	*Zenaida asiatica*	4	Común
Carpintero mexicano	*Dryobates scalaris*	3	Común
Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	3	Común
Zopilote común	*Coragyps atratus*	4	Común
Cardenal desértico	*Cardinalis sinuatus*	2	Poco común
Correcaminos	*Geococcyx californianus*	1	Rara
MAMÍFEROS			
Coyote	*Canis latrans*	17	Abundante
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	20	Abundante
Zorrillo lisado norteño	*Mephitis mephitis*	4	Común
Liebre	*Lepus californicus*	6	Común
Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	1	Rara
Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	2	Poco común
HERPETOFAUNA			
Huico liso del altiplano	*Aspidoscelis inornatus*	4	Común
Lagartija espinosa norteña de grieta	*Sceloporus poinsettii*	4	Común

Como se puede notar en la Tabla, los resultados del inventario faunístico revelan ciertas especies clasificadas como “raras”. Estos patrones podrían estar influenciados por diversos factores, entre ellos la presencia de actividades humanas en los alrededores, que podrían generar perturbaciones en el hábitat y afectar el comportamiento de la fauna.

Sociabilidad

En cuanto al comportamiento social, las especies observadas presentaron patrones variados. La mayoría de los individuos fueron registrados en solitario, un comportamiento común en muchas especies. Sin embargo, se observaron también casos de parejas, donde los individuos se desplazaban juntos tanto dentro como fuera de la época reproductiva, y de agrupaciones gregarias, con la formación de grupos de tres o más individuos, especialmente en el caso de las aves, las cuales suelen formar parvadas.

Tipos de sociabilidad:

1. Solitaria. Algunas especies tienden a vivir en solitario, excepto durante la temporada de apareamiento o cuando la hembra está cuidando a sus crías. Estos animales

suelen tener territorios bien definidos que defienden de otros individuos de su misma especie.

2. Parejas monógamas. Algunas especies forman parejas monógamas que se mantienen juntas durante una temporada de apareamiento o incluso de por vida.
3. Grupos familiares. En algunas especies, los individuos viven en grupos familiares que incluyen a los padres y sus crías.
4. Colonia. Algunas especies forman colonias donde grandes grupos de individuos viven juntos en proximidad.
5. Manada. Las manadas son grupos de individuos que viven juntos y se desplazan en conjunto.
6. Sociedades jerárquicas. Algunas especies, como los primares y los lobos, tienen estructuras sociales complejas con jerarquías definidas. En estas sociedades, los individuos, los individuos ocupan diferentes rangos de dominancia, que pueden influir en su acceso a recursos y oportunidades de reproducción.

Tipo de alimentación

La dieta de las especies estudiadas varía según el grupo taxonómico. Las aves, principalmente insectívoras, complementan su alimentación con granos y semillas disponibles en la vegetación local. Los mamíferos presentan una dieta más diversa, incluyendo herbívoros que se alimentan de hojas, frutos y raíces, y carnívoros que consumen a otros animales. Los reptiles, por su parte, exhiben una amplia gama de dietas, desde insectívora y herbívora hasta carnívora, alimentándose de otros reptiles, pequeños mamíferos e incluso aves.

Hábitat

El hábitat general utilizado por las especies es el terrestre, sobre todo utilizando la cobertura vegetal como refugio y fuente de alimento. Las aves que pueden volar hacen una combinación del comportamiento terrestre y el aéreo para trasladarse en busca de alimento y de hábitats más adecuados para ellos.

Distribución vertical

La distribución vertical de las especies se refiere a los estratos de la vegetación que utilizan los organismos (Saúl Ugalde-Lezama, 2008).

Los reptiles, aunque predominantemente terrestres, muestran cierta capacidad de trepar en algunos casos, como las lagartijas que se desplazan por los troncos y ramas. Los mamíferos, por su parte, aprovechan una amplia gama de estratos, desde el suelo hasta el dosel arbóreo, dependiendo de sus adaptaciones y requerimientos ecológicos. Las aves, con su capacidad de vuelo, son las más versátiles en términos de distribución vertical, ocupando desde el suelo hasta las copas de los árboles, suelen utilizar los estratos intermedios de la vegetación, como los arbustos, para anidar y alimentarse, mientras que las copas de los árboles les proporcionan perchas y sitios de descanso.

La distribución, el uso actual y el estado del hábitat de la fauna encontrada en el SA se muestra a continuación.

Valor cinegético

El valor cinegético de una especie radica en el interés que suscita entre los cazadores, quienes la buscan por diversos motivos como el deporte, la alimentación o la obtención de trofeos (SECTUR, 2015).

Esta valoración se basa en características como su abundancia en la naturaleza, su distribución en zonas accesibles, su tamaño, que suele ser mediano o grande para ofrecer un desafío deportivo, la posibilidad de obtener trofeos de valor ornamentales y, en algunos casos, el atractivo. culinario de su carne. Estas cualidades hacen que ciertas especies sean especialmente buscadas por los cazadores, influyendo en su gestión y conservación.

Tabla III.46. Caracterización de las especies de fauna silvestre dentro del SA.

Nombre común	Nombre científico	CITES	UICN	Sociabilidad	Hábitat	Alimentación	Distribución vertical
AVES							
Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	Apéndice II	LC	Gregaria	Aéreo-Terrestre	Omnívoro	Media
Zopilote común	*Coragyps atratus*	-	LC	Solitaria	Aéreo - Terrestre	Insectívoro	Media
Correcaminos	*Geococcyx californianus*	-	LC	Solitaria	Aéreo - Terrestre	Carnívora	Media
Paloma Alas Blancas	*Zenaida asiatica*	-	LC	Gregaria	Aéreo - Terrestre	Carroñero	Media
Cardenal desértico	*Cardinalis sinuatus*	-	LC	Solitaria	Aéreo - Terrestre	Omnívoro	Media
Carpintero mexicano	*Dryobates scalaris*	-	LC	Solitaria	Aéreo - Terrestre	Omnívoro	Baja
MAMÍFEROS							
Coyote	*Canis latrans*	-	LC	Gregaria	Terrestre	Omnívoro	Media
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Omnívoro	Media
Zorrillo lisado norteño	*Mephitis mephitis*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Omnívoro	Media
Liebre	*Lepus californicus*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Herbívoro	Baja
Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Herbívoro	Baja
Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Herbívoro	Baja
HERPETOFAUNA							
Huico liso del altiplano	*Aspidoscelis inornatus*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Insectivora	Media
Lagartija espinosa norteña de grieta	*Sceloporus poinsettii*	-	LC	Solitaria	Terrestre	Insectivora	Media

ESFUERZO DEL MUESTREO

Para determinar el esfuerzo de muestreo para la fauna silvestre se utilizaron las curvas de acumulación de especies por medio de los métodos no paramétricos.

Las curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, son una potente metodología para estandarizar las estimas de riqueza obtenidas en distintos trabajos de inventariado. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo. Son también una herramienta muy útil para planificar el esfuerzo de muestreo que se debe invertir en el trabajo de inventariado.

Las curvas de acumulación de especies se han utilizado para determinar cuan eficaz fue el muestreo realizado.

La información de los estimadores se utilizará para conocer qué porcentaje de las especies esperadas se han colectado en el muestreo y así definir si la información generada es suficiente para ser utilizada en el análisis de similitud o complementariedad.

Si las curvas indican que se obtuvo más de un 85% de las especies esperadas en el muestreo es posible aplicarlo para realizar el análisis (VILLARREAL H., 2006).

La demostración estadística se realizará con los tres grupos de fauna, para lo cual fue necesario construir matrices con los sitios, número de individuos y especies (Datos de abundancia de especies).

Después de realizar las matrices necesarias, se realizaron las corridas estadísticas por medio del programa EstimasteS, donde fue necesario realizar las 100 aleatorizaciones y se utilizó la información arrojada por el sistema la cual se muestra a continuación.

AVES

Para demostrar la suficiencia de muestreo de aves, se utilizaron cuatro métodos no paramétricos, el ICE, ACE, Chao de primer orden y Chao de segundo orden, obteniendo así valores de **100%** para Chao de primer y de segundo orden. De acuerdo con la bibliografía especializada; estimadores por arriba del 85% son válidos para medir biodiversidad, por lo tanto, se le otorga certeza al esfuerzo de muestreo efectuado (VILLARREAL H., 2006).

Los otros índices utilizados fueron el de ACE y el de ICE que estimadores que utilizan datos de abundancia, basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, se refieren a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas, dando un resultado del **94%** y **92%** demostrando que se le otorga certeza al esfuerzo de muestreo efectuado.

Tabla III.47. Valores no paramétricos para aves.

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
1	0.29	0	0.29	0.29	0.29
2	0.57	0	0.65	0.68	0.68
3	0.84	0	0.9	1	1.01
4	1.1	0	1.15	1.38	1.42
5	1.35	0	1.51	1.79	1.98
6	1.6	0	1.82	2.33	2.64
7	1.84	0	2.09	2.81	3.21
8	2.06	0	2.42	3.43	3.98
9	2.28	0	2.67	3.67	4.38
10	2.5	0	2.96	3.94	4.9

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
11	2.7	0	3.31	4.52	5.89
12	2.9	0	3.6	4.89	6.62
13	3.09	0	3.84	5.38	7.19
14	3.27	5.4	3.83	5.34	7.46
15	3.44	5.68	3.96	5.55	7.86
16	3.61	5.78	4.17	5.61	8.28
17	3.77	6.15	4.41	5.57	8.28
18	3.92	6.3	4.55	5.79	8.64
19	4.07	6.33	4.68	5.68	8.46
20	4.21	6.52	4.87	5.73	8.59
21	4.34	6.31	4.94	5.7	8.6
22	4.47	6.15	4.97	5.77	8.45
23	4.59	6.32	5.13	5.9	8.6
24	4.71	6.28	5.27	5.97	8.73
25	4.82	6.32	5.39	5.95	8.46
26	4.92	6.42	5.54	6.01	8.37
27	5.02	6.34	5.51	6.04	8.22
28	5.11	6.36	5.56	6.1	8.14
29	5.2	6.47	5.71	6.16	8.1
30	5.28	6.39	5.7	6.27	7.98
31	5.36	6.39	5.74	6.27	7.87
32	5.44	6.43	5.8	6.3	7.83
33	5.5	6.38	5.82	6.22	7.61
34	5.57	6.38	5.87	6.16	7.4
35	5.62	6.38	5.89	6.14	7.25
36	5.68	6.38	5.9	6.12	7.22
37	5.73	6.37	5.93	6	6.94
38	5.78	6.4	5.99	5.99	6.83
39	5.82	6.39	6.01	5.98	6.75
40	5.86	6.4	6.04	5.99	6.7
41	5.89	6.38	6.05	5.99	6.62
42	5.92	6.38	6.05	6	6.59
43	5.95	6.36	6.03	6	6.56
44	5.98	6.37	6.01	6	6.53
45	6	6.38	6	6	6.5
		94%	**100%**	**100%**	**92%**

En la siguiente curva de acumulación de especies se puede observar el comportamiento de las especies registradas en el área de estudio para el grupo faunístico de las aves, lo cual indica que las especies registradas en este grupo se encuentran representada por una curva de acumulación asintótica que se estabiliza al final de la curva. Esto indica que, aunque aumente el número de unidades de muestreo o de individuos, es decir, aumente el esfuerzo, no incrementara el número de especies, aunque los valores para los cuatro métodos, de acuerdo con la bibliografía especializada, estimadores por arriba del 85% son válidos para medir biodiversidad, por lo tanto, se le otorga certeza al esfuerzo de muestreo efectuado.

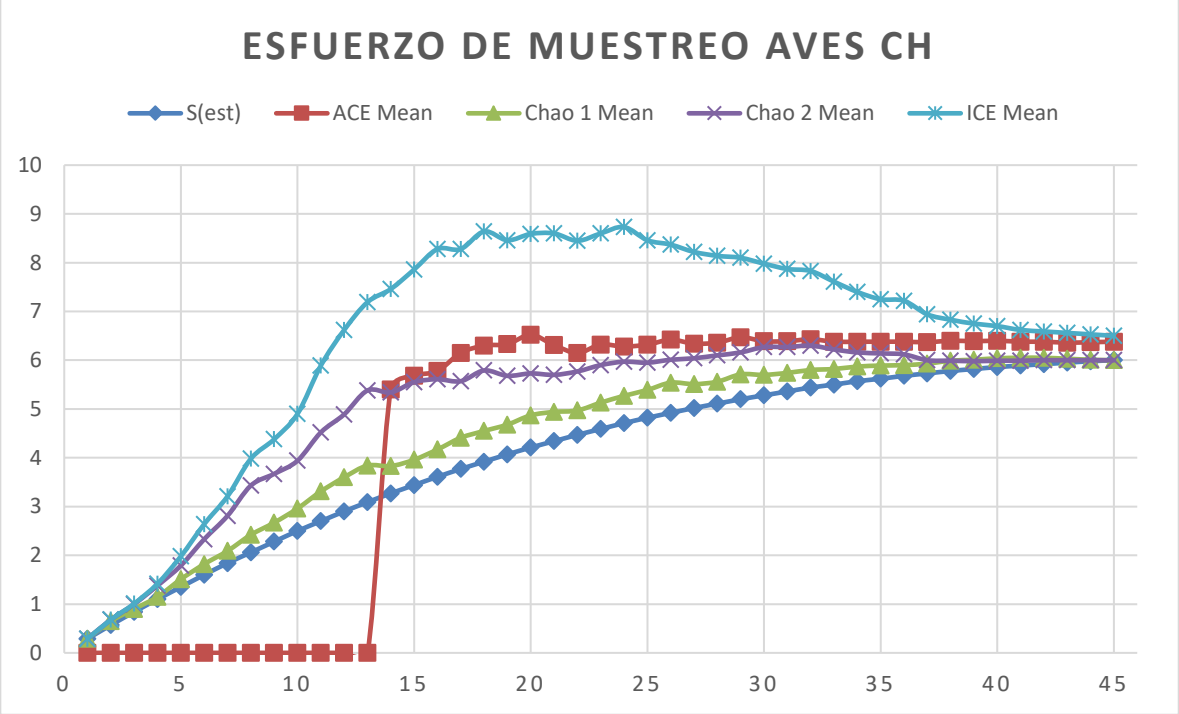


Figura III.51. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para aves en el SA.

En síntesis, para el muestreo de aves registró una riqueza de 6 especies observadas, logrando niveles de completitud sobresalientes que oscilan entre el 92% y el 100%. Los estimadores de abundancia e incidencia, Chao 1 y Chao 2, alcanzaron una eficacia del 100% al coincidir exactamente con las 6 especies registradas, lo que indica que bajo el esquema de muestreo actual no se detectó la omisión de especies raras o de presencia única.
Por su parte, el estimador ACE muestra una eficiencia del 94% con una media de 6.38, sugiriendo que teóricamente podrían existir fracciones de especies adicionales no capturadas calculadas en la abundancia de individuos raros. Finalmente, el índice ICE, que es el más conservador para este conjunto de datos, proyecta una riqueza potencial de 6.5 especies, situando la completitud en un 92%.

MAMÍFEROS

En la clase de los mamíferos se utilizaron cuatro estimadores del método no paramétrico, ICE, ACE, Chao 1 y Chao 2. Para Chao de primer y segundo orden, se cuenta con un 100% para ambos indicadores, lo que significa que el muestreo de mamíferos es demostrativo y confiable, de acuerdo con la bibliografía (VILLARREAL H., 2006).

Por otro lado, los otros métodos utilizados (ICE y ACE) que utilizan datos de abundancia, basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, y que refieren a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas, arrojaron 91 y 94% respectivamente.

Tabla III.48. Valores no paramétricos para mamíferos.

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
1	0.96	0	1.05	0.86	0.86
2	1.65	0	1.88	1.93	2.33

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
3	2.17	0	2.39	2.58	3.9
4	2.57	0	2.79	2.94	4.79
5	2.89	0	3.29	3.43	5.67
6	3.15	4.86	3.65	3.86	5.96
7	3.38	4.91	3.77	3.88	5.7
8	3.57	5.15	4.04	4.18	5.98
9	3.74	5.25	4.21	4.33	5.95
10	3.9	5.58	4.51	4.56	6.09
11	4.05	5.76	4.76	4.83	6.3
12	4.18	6.08	5.02	5.13	6.57
13	4.3	6	5.05	5.17	6.48
14	4.42	5.94	5.07	5.18	6.4
15	4.52	5.86	5.03	5.17	6.3
16	4.63	5.93	5.11	5.26	6.39
17	4.72	6.21	5.31	5.41	6.56
18	4.81	6.31	5.39	5.51	6.62
19	4.89	6.36	5.44	5.51	6.59
20	4.97	6.47	5.49	5.57	6.65
21	5.05	6.61	5.57	5.62	6.74
22	5.11	6.76	5.72	5.69	6.81
23	5.18	6.88	5.79	5.78	6.98
24	5.24	6.86	5.77	5.75	6.95
25	5.3	6.82	5.81	5.82	6.86
26	5.35	6.93	5.86	5.91	6.92
27	5.4	6.96	5.84	5.85	6.86
28	5.45	7.13	5.96	5.96	7.07
29	5.5	6.92	5.91	5.92	6.98
30	5.54	6.69	5.79	5.79	6.78
31	5.58	6.67	5.81	5.81	6.74
32	5.63	6.65	5.8	5.81	6.75
33	5.66	6.68	5.83	5.84	6.67
34	5.7	6.71	5.88	5.89	6.68
35	5.73	6.62	5.88	5.89	6.57
36	5.76	6.56	5.89	5.89	6.5
37	5.79	6.59	5.92	5.93	6.49
38	5.82	6.51	5.91	5.91	6.45
39	5.85	6.6	5.98	5.99	6.53
40	5.88	6.61	5.99	6.01	6.52
41	5.91	6.69	6.06	6.06	6.52
42	5.93	6.66	6.06	6.06	6.49
43	5.95	6.67	6.07	6.07	6.49
44	5.98	6.63	6.04	6.04	6.46
45	6	6.57	6	6	6.4
		91%	**100%**	**100%**	**94%**

En la siguiente curva de acumulación de especies se puede observar el comportamiento de las especies registradas en el área de estudio para el grupo faunístico de los mamíferos, lo cual indica que las especies registradas en este grupo se encuentran representada por una curva de acumulación asintótica que se estabiliza al final de la curva al mismo valor, por lo tanto, se le otorga certeza al esfuerzo de muestreo efectuado.

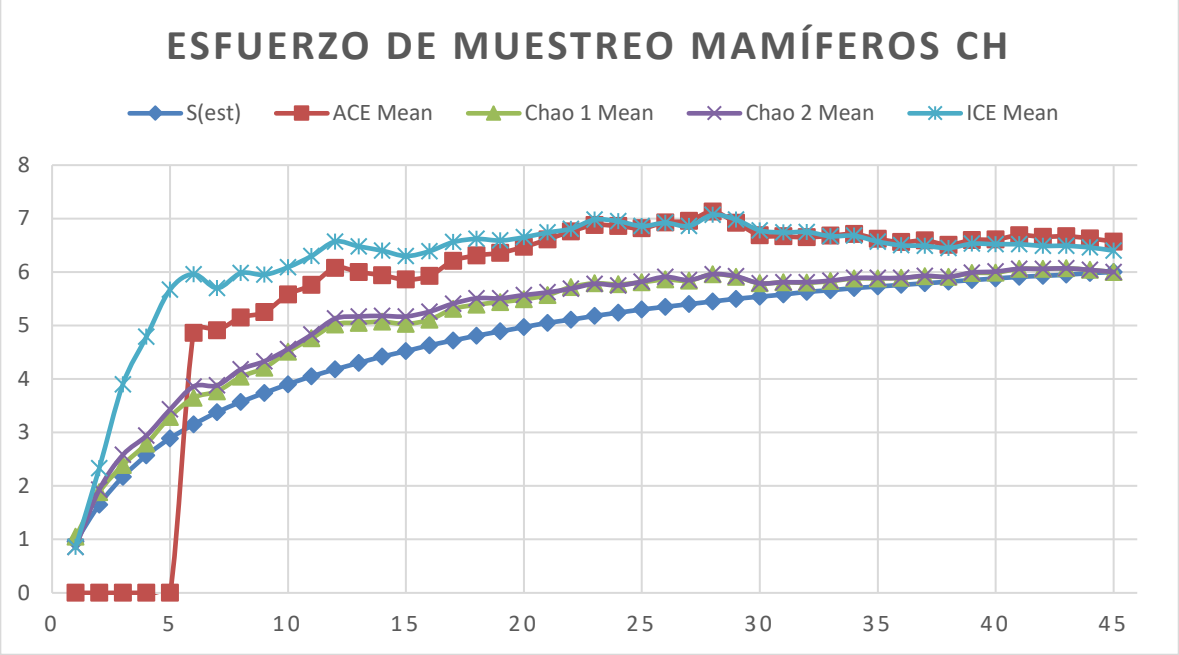


Figura III.52. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para mamíferos en el SA.

Para el muestreo de mamíferos en el SA, se registró una riqueza de 6 especies observadas. Los índices de incidencia y abundancia, Chao 1 y Chao 2, muestran una eficacia del 100% al coincidir exactamente con las 6 especies registradas, lo que sugiere que el esfuerzo realizado fue suficiente para capturar la totalidad de las especies detectables bajo estos modelos en el área de estudio.

Por otro lado, el estimador ICE proyecta una riqueza potencial de 6.4 especies, lo que sitúa la representatividad en un 94% y deja un margen teórico de apenas 0.4 especies por registrar. Finalmente, el índice ACE resulta ser el más exigente para este grupo, estimando una riqueza de 6.57 especies con una eficiencia del 91%. En conclusión, el muestreo de mamíferos es altamente confiable y estadísticamente sólido, habiendo capturado la gran mayoría de la riqueza esperada para este grupo taxonómico.

HERPETOFAUNA

En la clase del grupo de herpetofauna se utilizaron cuatro estimadores del método no paramétrico, ICE, ACE, Chao 1 y Chao 2. Para Chao de primer y segundo orden, se cuenta con valores de 100% para ambos, lo que significa que el muestreo de mamíferos es demostrativo y confiable, de acuerdo con la bibliografía (VILLARREAL H., 2006).

Por otro lado, los otros métodos utilizados (ICE y ACE) que utilizan datos de abundancia, basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, y que refieren a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas, arrojaron 100% para ambos.

Tabla III.49. Valores no paramétricos para herpetofauna.

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
1	0.16	0	0.13	0.13	0.13
2	0.3	0	0.27	0.28	0.28

Samples	S(est)	ACE Mean	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	ICE Mean
3	0.44	0	0.41	0.42	0.42
4	0.57	0	0.54	0.58	0.6
5	0.69	0	0.71	0.77	0.79
6	0.8	0	0.86	0.95	0.97
7	0.91	0	1.02	1.11	1.17
8	1.01	0	1.09	1.17	1.26
9	1.1	0	1.18	1.27	1.38
10	1.19	0	1.25	1.34	1.51
11	1.27	0	1.3	1.38	1.59
12	1.34	0	1.34	1.4	1.63
13	1.41	0	1.42	1.49	1.75
14	1.47	0	1.49	1.57	1.83
15	1.53	0	1.53	1.62	1.88
16	1.58	0	1.66	1.76	2.06
17	1.63	0	1.71	1.81	2.15
18	1.68	0	1.77	1.87	2.24
19	1.72	0	1.83	1.92	2.35
20	1.75	0	1.84	1.9	2.35
21	1.79	0	1.85	1.92	2.33
22	1.82	2.29	1.85	1.9	2.35
23	1.84	2.3	1.86	1.9	2.35
24	1.87	2.27	1.87	1.91	2.31
25	1.89	2.29	1.9	1.92	2.32
26	1.91	2.3	1.93	1.94	2.32
27	1.92	2.26	1.96	1.99	2.3
28	1.94	2.24	1.96	1.97	2.27
29	1.95	2.2	1.96	1.97	2.22
30	1.96	2.2	1.97	1.97	2.21
31	1.97	2.17	1.98	1.98	2.18
32	1.98	2.21	2	2	2.23
33	1.98	2.18	2	2	2.18
34	1.99	2.14	2	2	2.15
35	1.99	2.1	2	2	2.11
36	1.99	2.09	2	2	2.1
37	2	2.06	2	2	2.07
38	2	2.02	2	2	2.03
39	2	2.01	2	2	2.02
40	2	2	2	2	2
41	2	2	2	2	2
42	2	2	2	2	2
43	2	2	2	2	2
44	2	2	2	2	2
45	2	2	2	2	2
		100%	**100%**	**100%**	**100%**

En la siguiente curva de acumulación de especies se puede observar el comportamiento de las especies registradas en el área de estudio para el grupo de herpetofauna, lo cual indica que las especies registradas en este grupo se encuentran representada por una curva de acumulación asintótica que se estabiliza al final de la curva.

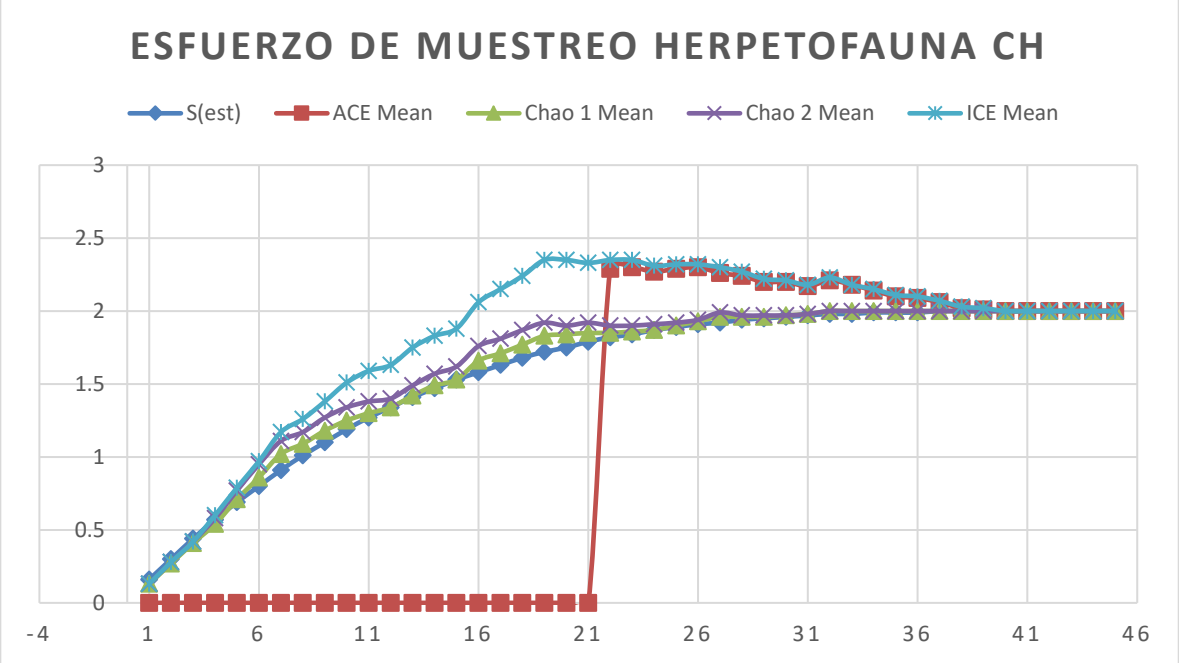


Figura III.53. Curva de acumulación de especies y estimadores no paramétricos para herpetofauna en el SA.

Del análisis del grupo de herpetofauna, se interpreta que el muestro posee una representatividad absoluta, alcanzando una eficacia del 100% en todos los índices evaluados al finalizar las 45 unidades de muestreo. Con una riqueza de 2 especies observadas, los estimadores de abundancia e incidencia (ACE, Chao 1 y Chao 2) coinciden plenamente con el valor registrado en campo, lo que indica que no se detectó la omisión de especies raras o de presencia única bajo el esfuerzo realizado. Asimismo, el estimador ICE confirma esta saturación total del área, proyectando una riqueza potencial de exactamente 2 especies.

En conclusión, la curva de acumulación para la herpetofauna ha llegado a su asíntota definitiva, demostrando que el diseño experimental fue exhaustivo y que los datos obtenidos reflejan con total precisión la diversidad de este grupo taxonómico en el sitio de estudio.

ANÁLISIS DE DIVERSIDAD DE FAUNA

Como ya se mencionó en la metodología la detección de especies se hizo por observación directa, avistamientos y por medios indirectos, como detección de rastros (huellas, excretas, madrigueras, cantos, rascaderos, echaderos, nidos, plumas, ramas y troncos roídos o mordidos, pieles, cuernos, huesos, etc.) (Sánchez J. M., 2012).

Una población silvestre se define como un conjunto de individuos de una especie que habita un área determinada. Los métodos disponibles para caracterizar la abundancia de las poblaciones varían en función de las características de la especie a estudiar. Por ejemplo, los animales se mueven; las plantas son sésiles, pero por ser organismos modulares (ej. una misma raíz da lugar a muchos tallos aéreos) no podemos delimitar la extensión de un individuo con certeza.

Para estimar la densidad poblacional de numerosas especies de fauna se han utilizado métodos de conteo directo y métodos de conteo indirecto. Los métodos directos se pueden

separar en tres categorías: conteo de transectos, captura-marcaje y reconstrucción de la posible estructura de población con base en datos de la propia cacería. En el caso de los métodos indirectos se han empleado varios entre los que destacan: conteo de huellas, excrementos, madrigueras y cantos (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018).

Existen varios criterios que pueden permitir seleccionar un método, entre los que destacan: las facilidades del trabajo de campo, el tiempo disponible, la experiencia del personal, el presupuesto asignado, el acceso al equipo y programas de cómputo y la habilidad del personal para el manejo de éste, entre otros. Sin embargo, no existe ningún método que brinde los mejores resultados para cualquier especie y condiciones de hábitat. La selección de determinado método depende de los objetivos para lo cual se quiere conocer la densidad y de las limitaciones de tiempo y costo.

En base al texto anterior se analizaron las diferentes metodologías que se pudieran aplicar en el muestreo de fauna silvestre, para conocer las especies y el número de individuos que se encuentran en el área de estudio donde se pretende conocer la diversidad faunística, por lo tanto se definió que las aplicadas son las más adecuadas en cuanto a los recursos con los que se cuenta, el personal, el tiempo y la finalidad del estudio, ya que el aplicar los métodos de censo o el método de captura recaptura implica una inversión grande de tiempo, dinero y personal además de que su utilización es mayormente manejada en estudios donde se realizará monitoreos de especies en peligro, raras y amenazadas.

Entonces se define que la metodología utilizada es la ideal ya que para aves se recorrieron los 45 sitios de muestreo donde las especies se identificaron por medio de binoculares y guías de campo, de igual manera, se utilizó la aplicación móvil Merlin Bird ID. Así mismo se tomó información como lo es la estacionalidad, número de individuos, especies y actividad. Aunado a que también se utilizaron métodos indirectos como la incidencia de nidos, cantos y plumas en el área de los sitios de dimensiones fijas.

Para el caso de los mamíferos se realizó el muestreo en base a diferentes métodos ya sea directos e indirectos, teniendo resultados en ambos, como método directo se utilizó la observación directa de la especie y como indirectos se buscaron evidencia de su existencia como lo es la identificación de heces, pelaje y sobre todo las huellas, las cuales son particularmente importantes, ya que son los rastros más fáciles de observar y los que permiten la identificación en muchos casos de la especie que se trata.

Después de realizado el análisis ambiental se definió la diversidad faunística que es de **14** especies diferentes, **6** de ellas son aves, **6** mamíferos y **2** pertenecientes al grupo de herpetofauna. De estas especies encontradas para el caso de las aves se obtuvieron 6 órdenes diferentes; para el caso de los mamíferos se obtuvieron 3 órdenes y 4 familias; y finalmente para el caso de la herpetofauna se obtuvo 1 orden y 2 familias.

De las 14 especies de fauna identificadas en el SA ninguna especie se encuentra en categoría de protección ante la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el **Anexo III.05** se presentan los índices ICE, ACE, Chao 1 y Chao 2 para determinar el esfuerzo de muestreo para la fauna en el SA.

ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON

La diversidad de especies, un concepto fundamental en ecología se cuantifica a través de diversos índices. Una medida inicial y sencilla consiste en contar el número de especies presentes en un área determinada; sin embargo, este enfoque presenta limitaciones significativas. En primer lugar, no considera la abundancia relativa de cada especie, lo que significa que una comunidad con una especie muy abundante y muchas otras raras podrían tener la misma riqueza específica que otra con especies más equitativamente distribuidas. En segundo lugar, el número de especies detectadas. depende en gran medida del esfuerzo de muestreo, es decir, del tamaño de la muestra y del tiempo dedicado a la búsqueda (Moreno, 2001).

Para superar estas limitaciones, se han desarrollado índices de diversidad más atractivos, como el índice de Shannon. Este índice no solo considera el número de especies, sino también su abundancia relativa, proporcionando una medida más completa de la diversidad. Al incorporar información sobre la equidad en la distribución de las especies, el índice de Shannon permite comparar de manera más precisa la diversidad entre diferentes comunidades (Moreno, 2001).

En el contexto de este estudio, el índice de Shannon se ha seleccionado para evaluar la diversidad de fauna silvestre en el SA. Esta elección se basa en su capacidad para captar tanto la riqueza como la equidad de las especies, lo cual es fundamental para comprender la complejidad ecológica de la comunidad y su estado de conservación.

AVES

En el grupo de las aves, se registró una riqueza de **6** especies. El índice de Shannon, que mide tanto la riqueza como la equidad de las especies, obtuvo un valor de **1.71**. Este resultado indica que la diversidad de aves en el área de estudio se considera baja.

Para comprender este valor, es importante señalar que el índice de Shannon varía significativamente entre 1 y 5. Los valores inferiores a 2 sugieren una baja diversidad, mientras que aquellos entre 2 y 3.5 indican una diversidad media. Valores superiores a 3. 5 se asocian a una alta diversidad. (Pla, 2006)

Tabla III.50. Resultados del Valor H' para aves.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Pi	Ln (Pi)	Índice de Shannon - Wiener (Pi)(Log)
1	Paloma Alas Blancas	*Zenaida asiatica*	4	0.24	-1.45	0.34
2	Carpintero mexicano	*Dryobates scalaris*	3	0.18	-1.73	0.31
3	Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	3	0.18	-1.73	0.31
4	Zopilote común	*Coragyps atratus*	4	0.24	-1.45	0.34
5	Cardenal desértico	*Cardinalis sinuatus*	2	0.12	-2.14	0.25
6	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	1	0.06	-2.83	0.17
				Riqueza S		6
				H Calculada		1.71
				H max = Ln S		1.79
				Equidad (J) = H/H max		0.96
				H max - H Calculada		0.08

Del análisis de la diversidad para el grupo de las aves, basado en el Índice de Shannon-Wiener (H'), arrojó un valor de 1.71. Este resultado indica una diversidad baja, considerando

que se encuentra muy cercano al valor máximo teórico de 1.79 (H_{max}) para las 6 especies registradas.

El índice de Equidad de Pielou (J') presenta un valor sobresaliente de 0.96, lo que confirma que la comunidad es altamente equilibrada; es decir, los individuos se distribuyen de manera casi uniforme entre las especies presentes sin que exista una dominancia marcada.

Esta estructura está sustentada principalmente por la Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*) y el Zopilote común (*Coragyps atratus*), que presentan las mayores abundancias relativas con un 0.24 cada una, seguidas muy de cerca por el Carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*) y la Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) con 0.18.

Se sugiere que el ecosistema presenta una comunidad de aves estable y bien repartida, donde se ha alcanzado el 96% de la uniformidad máxima posible, reflejando una coexistencia armónica de nichos para las especies detectadas en el sitio de estudio.

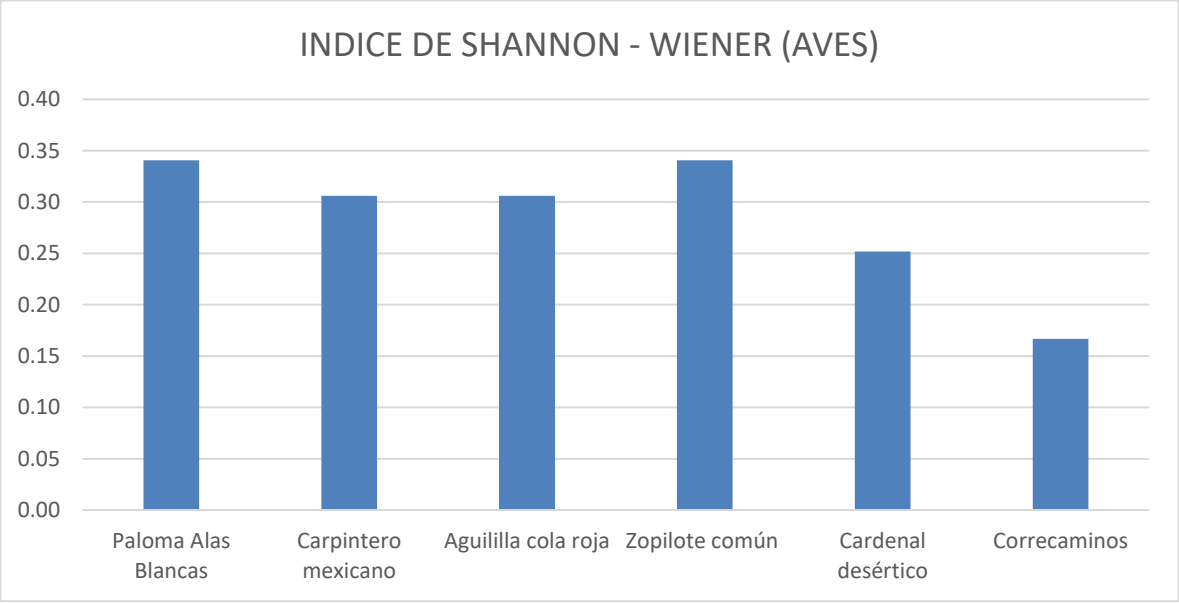


Figura III.54. Índice de Shannon – Wiener Aves.

MAMÍFEROS

En el grupo de los mamíferos, se registró una riqueza específica de tan solo 6 especies. Debido a esta baja riqueza, el índice de Shannon arrojó un valor de 1.40, lo que indica una diversidad baja. Este valor se encuentra muy cercano al máximo teórico posible para este conjunto de especies, que es de 1.79.

Tabla III.51. Resultados del Valor H' para mamíferos.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Pi	Ln (Pi)	Índice de Shannon - Wiener (Pi)(Log)
1	Coyote	*Canis latrans*	17	0.34	-1.08	0.37
2	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	20	0.40	-0.92	0.37
3	Zorrillo lisado norteño	*Mephitis mephitis*	4	0.08	-2.53	0.20
4	Liebre	*Lepus californicus*	6	0.12	-2.12	0.25

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Pi	Ln (Pi)	Índice de Shannon - Wiener (Pi)(Log)
5	Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	1	0.02	-3.91	0.08
6	Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	2	0.04	-3.22	0.13
				Riqueza S		6
				H Calculada		1.40
				H max = Ln S		1.79
				Equidad (J) = H/H max		0.78
				H max - H Calculada		0.39

El análisis de la diversidad para el grupo de los mamíferos, fundamentado en el Índice de Shannon-Wiener (H'), arrojó un valor de 1.40. Este resultado refleja una diversidad baja, situándose por debajo del valor máximo teórico de 1.79 (H_{max}) para las 6 especies registradas.

El índice de Equidad de Pielou (J') obtuvo un valor de 0.78, lo que indica que la comunidad tiene un nivel de equilibrio aceptable (representando el 78% de la uniformidad máxima posible), aunque manifiesta una tendencia hacia la dominancia de ciertos taxones.

Esta estructura está influenciada principalmente por la Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el Coyote (*Canis latrans*), que juntos concentran el 74% de la abundancia relativa de la muestra con valores de 0.40 y 0.34 respectivamente. En contraste, especies como la Rata cambalachera mexicana (*Neotoma mexicana*) y el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) presentan una representación mínima en el área con valores de 0.02 y 0.04.

En conclusión, la comunidad de mamíferos en el sitio de estudio es estable pero simplificada, caracterizada por una clara hegemonía de cánidos medianos que condicionan la distribución de la abundancia del resto de las especies registradas.

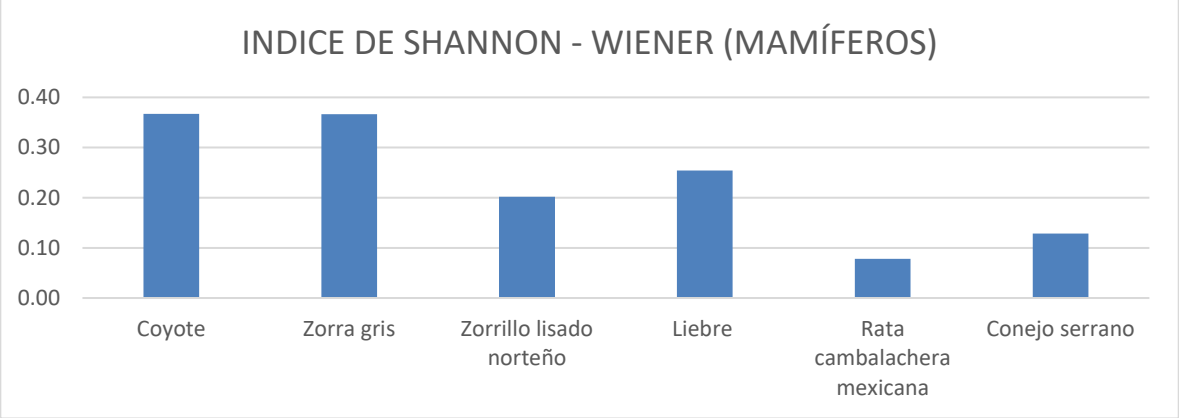


Figura III.55. Índice de Shannon – Wiener Mamíferos.

HERPETOFAUNA

En el grupo de la herpetofauna, se registró una riqueza específica de tan solo 6 especies. Esta baja riqueza se refleja en un valor del índice de Shannon de 0.69, lo que indica una diversidad baja. El valor máximo teórico para este conjunto de especies, que se alcanzaría si las seis especies estuvieran presentes en igual abundancia, es de 0.69. Sin embargo, incluso este valor máximo correspondería a una categoría de diversidad baja.

Tabla III.52. Resultados del Valor H' para herpetofauna.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Pi	Ln (Pi)	Índice de Shannon - Wiener (Pi)(Log)
1	Huico liso del altiplano	*Aspidoscelis inornatus*	4	0.50	-0.69	0.35
2	Lagartija espinosa norteña de grieta	*Sceloporus poinsettii*	4	0.50	-0.69	0.35
				Riqueza S		2
				H Calculada		0.69
				H max = Ln S		0.69
				Equidad (J) = H/H max		1.00
				H max - H Calculada		0.00

El análisis de la diversidad para el grupo de herpetofauna, basado en el Índice de Shannon-Wiener (H'), arrojó un valor de 0.69. Este resultado representa una diversidad baja, lo cual es consecuencia directa de la baja riqueza específica registrada, contando únicamente con 2 especies en el área de estudio.

Sin embargo, el valor obtenido coincide exactamente con el valor teórico máximo de 0.69 (H_{max}), lo que resulta en un índice de Equidad de Pielou (J') perfecto de 1.00. Esta cifra indica una distribución ideal de la abundancia, donde ambas especies, el Huico liso del altiplano (*Aspidoscelis inornatus*) y la Lagartija espinosa norteña de grieta (*Sceloporus poinsetti*), presentan exactamente el mismo número de individuos (4 cada una) y, por ende, la misma abundancia relativa de 0.50.

Se menciona también que, aunque la comunidad de herpetofauna es taxonómicamente limitada, exhibe una estructura perfectamente equilibrada sin ningún tipo de dominancia, lo que sugiere que los recursos disponibles en el sitio son aprovechados de manera equitativa por las poblaciones presentes.

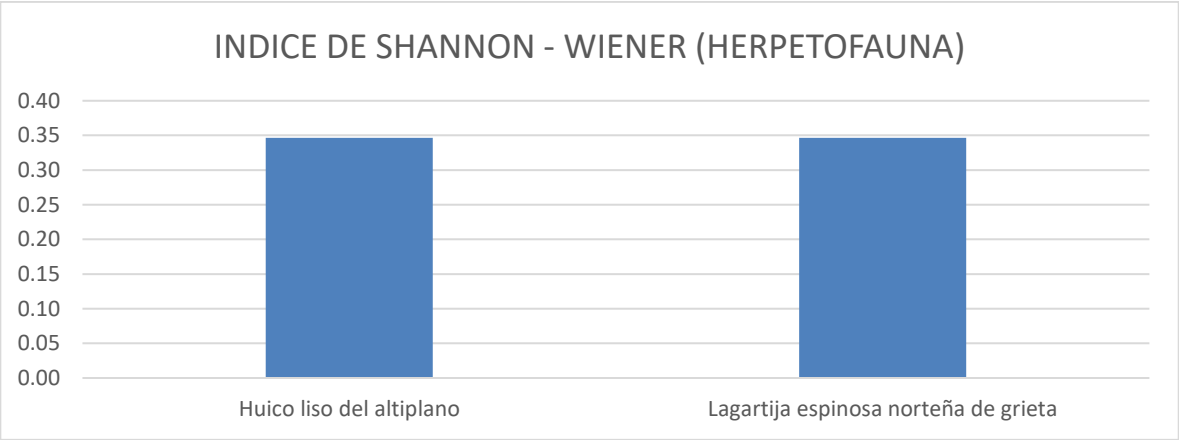


Figura III.56. Índice de Shannon – Wiener herpetofauna.

ABUNDANCIA RELATIVA DE FAUNA

La abundancia puede ser medida de tres maneras, como el número total de animales de toda una población, como el número de animales por unidad área (densidad absoluta), y como la

densidad de una población en relación con otra o consigo misma en otro momento (densidad relativa) (Caughley, 1997).

Para el presente estudio, se estimó la abundancia relativa de cada especie encontrada en el SA.

AVES

El análisis de la abundancia relativa para el grupo de las aves, basado en el registro de 17 individuos totales, revela una comunidad dominada por la Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*) y el Zopilote común (*Coragyps atratus*), las cuales presentan la mayor representatividad con un 23.53% cada una. A estos les siguen el Carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*) y la Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), ambos con una abundancia del 17.65%. En contraste, especies como el Cardenal desértico (*Cardinalis sinuatus*) y los Correcaminos (*Geococcyx californianus*) muestran una presencia menor en el área de estudio, con valores de 11.76% y 5.88% respectivamente.

Tabla III.53. Abundancia relativa para aves.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia relativa
1	Paloma Alas Blancas	*Zenaida asiatica*	4	23.53
2	Carpintero mexicano	*Dryobates scalaris*	3	17.65
3	Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	3	17.65
4	Zopilote común	*Coragyps atratus*	4	23.53
5	Cardenal desértico	*Cardinalis sinuatus*	2	11.76
6	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	1	5.88
			17	100

Estos datos indican una estructura de comunidad equitativa, donde el 82.36% de la población está repartida de forma casi homogénea entre cuatro especies dominantes. La baja presencia de correcaminos sugiere que es una especie con menor densidad poblacional o mayor evasión al muestreo, mientras que la paridad entre aves de distintos nichos (como el carroñero *Coragyps atratus* y la granívora *Zenaida asiática*) refleja un ecosistema equilibrado con disponibilidad de recursos para diversos grupos funcionales.

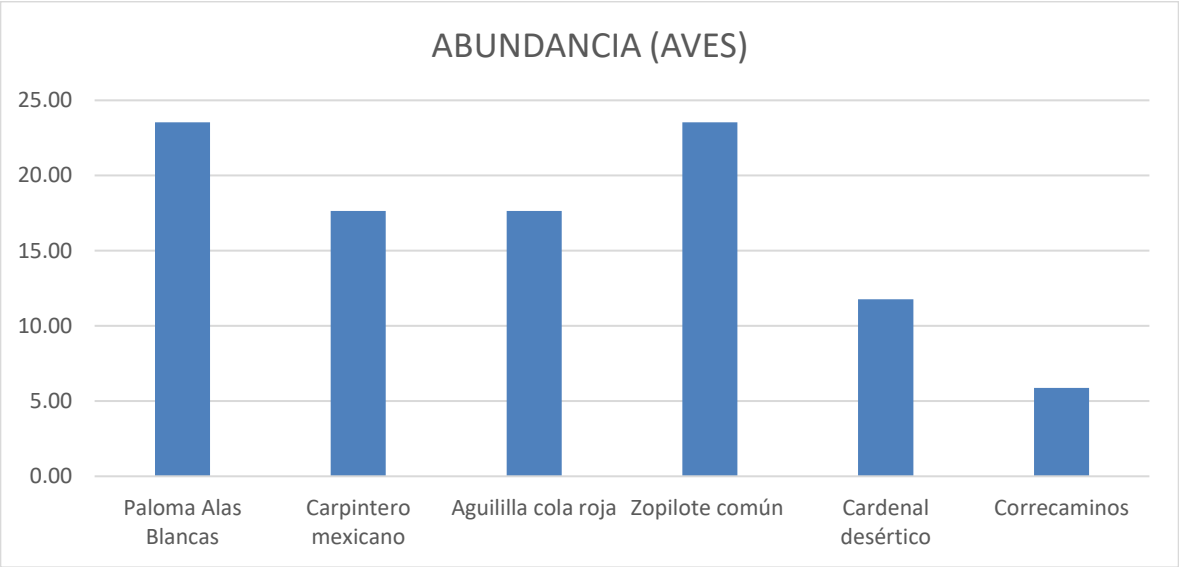


Figura III.57. Gráfico de abundancia relativa de aves en el SA.

MAMIÍFEROS

El análisis de la abundancia relativa para el grupo de los mamíferos, basado en un registro total de 50 individuos, revela una comunidad con una marcada concentración de individuos en solo dos especies dominantes.

La Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) se posiciona como la especie más abundante con un 40% de la representatividad, seguida de cerca por el Coyote (*Canis latrans*) con un 34%. Juntos, estos dos cánidos representan el 74% de la población total detectada. En un nivel intermedio de abundancia se encuentran la Liebre (*Lepus californicus*) con un 12% y el Zorrillo lisado norteño (*Mephitis mephitis*) con un 8%.

Por último, las especies con menor presencia son el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y la Rata cambalachera mexicana (*Neotoma mexicana*), con apenas un 4% y 2% respectivamente.

Tabla III.54. Abundancia relativa para mamíferos.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia relativa
1	Coyote	*Canis latrans*	17	34.0
2	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	20	40.0
3	Zorrillo lisado norteño	*Mephitis mephitis*	4	8.0
4	Liebre	*Lepus californicus*	6	12.0
5	Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	1	2.0
6	Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	2	4.0
			50	100

Estos resultados indican una estructura de comunidad asimétrica, donde la alta abundancia de depredadores medianos (zorra y coyote) sugiere un ecosistema donde estos taxones tienen un éxito reproductivo y de supervivencia superior al de las presas pequeñas registradas. La baja representatividad de micromamíferos como *Neotoma mexicana* (solo 1 individuo) podría ser un indicador de una presión de depredación alta o de una sensibilidad mayor de estas especies a las condiciones actuales del hábitat, consolidando una comunidad donde la biomasa está mayoritariamente concentrada en los niveles tróficos superiores.

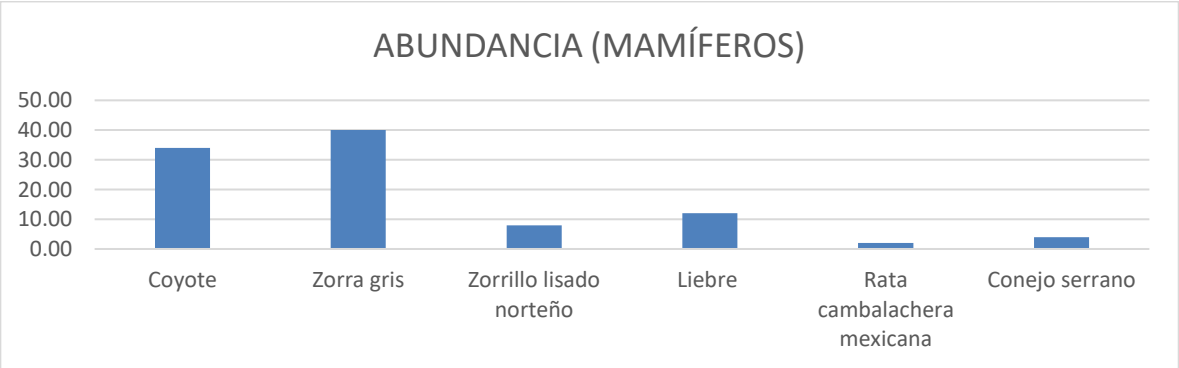


Figura III.58. Gráfico de abundancia relativa de mamíferos en el SA.

HERPETOFAUNA

La abundancia relativa para el grupo de la herpetofauna, basado en un registro total de 8 individuos, revela una comunidad con una estructura de paridad absoluta entre sus integrantes. Las dos únicas especies detectadas, el Huico liso del altiplano (*Aspidoscelis*

inornatus) y la Lagartija espinosa norteña de grieta (*Sceloporus poinsetti*), presentan una representatividad idéntica del 50% cada una, al contar ambas con exactamente 4 individuos registrados.

Tabla III.55. Abundancia relativa para herpetofauna.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Abundancia relativa
1	Huico liso del altiplano	*Aspidoscelis inornatus*	4	50.0
2	Lagartija espinosa norteña de grieta	*Sceloporus poinsettii*	4	50.0
			8	100

Esta distribución porcentual indica una comunidad perfectamente equitativa en términos de abundancia, donde no existe una dominancia de una especie sobre otra. Biológicamente, esto sugiere que el hábitat ofrece condiciones y recursos aprovechables de manera equilibrada para ambos taxones, permitiendo una coexistencia estable.

Sin embargo, la baja densidad total (solo 8 individuos) y la presencia de únicamente dos especies en 45 unidades de muestreo señalan que la herpetofauna es el grupo taxonómico con menor peso poblacional y diversidad en el sitio de estudio, mostrando una comunidad sumamente simplificada en comparación con las aves o los mamíferos.

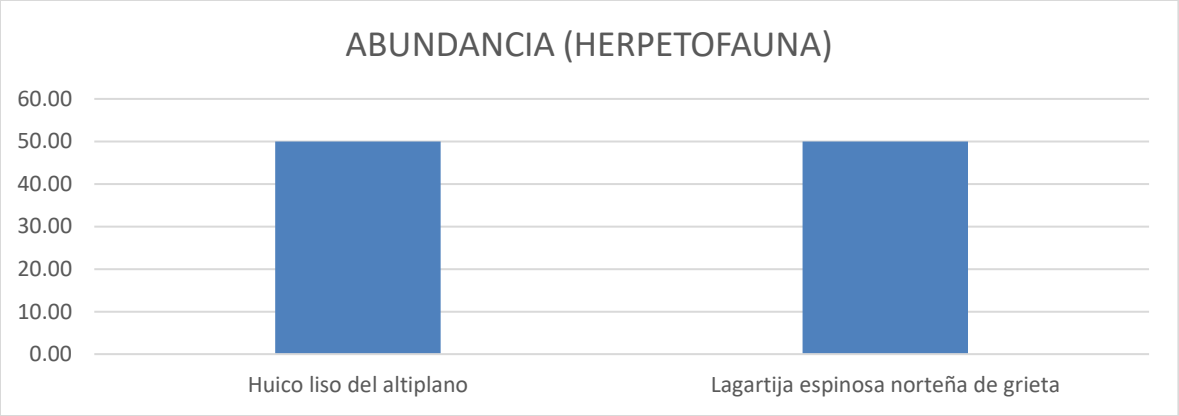


Figura III.59. Gráfico de abundancia relativa de herpetofauna en el SA.

ÍNDICE DE SIMPSON

La biodiversidad, pilar fundamental para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar humano, es un concepto complejo que requiere herramientas precisas para su medición y gestión. El índice de diversidad de Simpson es una de las más utilizadas, permitiendo cuantificar la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies diferentes (Altamirano Álvarez, 2017).

Esta herramienta resulta invaluable para tomar decisiones informadas sobre el manejo de recursos naturales, la planificación del uso del suelo y la conservación de la biodiversidad (Moreno, 2001).

Al comparar la diversidad de diferentes áreas, por ejemplo, se pueden identificar zonas prioritarias para la creación de áreas protegidas o la restauración ecológica.

El índice de Simpson en otras palabras nos brinda una idea de cuán diversa es una comunidad y si existe una o pocas especies que dominan el ecosistema.

La interpretación de los valores arrojados por este índice, pueden ser:

- Dominancia de especies: Un valor bajo del índice indica que hay una o pocas especies muy dominantes en la comunidad. Esto sugiere que la diversidad es baja y que la comunidad es vulnerable a cambios ambientales o perturbaciones, ya que depende en gran medida de unas pocas especies.

- Equitatividad: Un valor alto del índice, por otro lado, sugiere una mayor diversidad de especies y una distribución más equitativa de la abundancia entre ellas. Esto implica que la comunidad es más resiliente y capaz de resistir cambios ambientales, ya que no depende de una sola especie.

La fórmula para calcular el índice de diversidad de Simpson se menciona a continuación:

$$\text{Índice de Simpson} = 1 - \Sigma\ (pi^2)$$

Dónde:
- D: Dominancia: $\Sigma\ (pi^2)$
- pi: Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos.
- Σ: Sumatoria de todos los valores de pi^2.

Interpretación de los resultados de diversidad:
- Valores cercanos a 0: Indican una baja diversidad, es decir, pocas especies dominan la comunidad.
- Valores cercanos a 1: Sugieren una alta diversidad, con muchas especies presentes y ninguna dominante.

Interpretación de los resultados de dominancia:
- Valores cercanos a 0: Indican una baja dominancia, significaría que ninguna especie domina sobre las demás, lo que indicaría una alta diversidad y una distribución más equitativa de los individuos entre las especies.
- Valores cercanos a 1: Sugieren una alta dominancia, indicaría que una o pocas especies dominan completamente la comunidad, lo que sugiere una baja diversidad y una mayor vulnerabilidad a cambios ambientales.

AVES

A manera de resultados e interpretación para el grupo faunístico de las aves, se tiene lo siguiente:

El análisis del Índice de Simpson para el grupo de las aves, basado en un registro total de 17 individuos distribuidos en 45 unidades de muestreo, revela una comunidad con una diversidad alta y una dominancia muy baja. La sumatoria de las proporciones al cuadrado, que representa el índice de dominancia, resultó en un valor de 0.087, indicando que ninguna

especie ejerce un control absoluto sobre el ecosistema. En consecuencia, el Índice de Diversidad de Simpson (1 - D) alcanzó un valor de 0.913.

Tabla III.56. Índice de Simpson para aves.

SP AVES			
UNIDAD DE MUESTREO	**NUMERO DE INDIVIDUOS**	**ABUNDANCIA RELATIVA (pi)**	**pi^2**
SA-01	0	0.00	0.000
SA-02	0	0.00	0.000
SA-03	0	0.00	0.000
SA-04	0	0.00	0.000
SA-05	0	0.00	0.000
SA-06	0	0.00	0.000
SA-07	2	0.12	0.014
SA-08	2	0.12	0.014
SA-09	1	0.06	0.003
SA-10	0	0.00	0.000
SA-11	0	0.00	0.000
SA-12	0	0.00	0.000
SA-13	0	0.00	0.000
SA-14	1	0.06	0.003
SA-15	0	0.00	0.000
SA-16	0	0.00	0.000
SA-17	1	0.06	0.003
SA-18	0	0.00	0.000
SA-19	1	0.06	0.003
SA-20	0	0.00	0.000
SA-21	2	0.12	0.014
SA-22	0	0.00	0.000
SA-23	0	0.00	0.000
SA-24	0	0.00	0.000
SA-25	0	0.00	0.000
SA-26	0	0.00	0.000
SA-27	0	0.00	0.000
SA-28	0	0.00	0.000
SA-29	0	0.00	0.000
SA-30	0	0.00	0.000
SA-31	0	0.00	0.000
SA-32	0	0.00	0.000
SA-33	0	0.00	0.000
SA-34	0	0.00	0.000
SA-35	1	0.06	0.003
SA-36	1	0.06	0.003
SA-37	1	0.06	0.003
SA-38	1	0.06	0.003
SA-39	0	0.00	0.000
SA-40	0	0.00	0.000
SA-41	0	0.00	0.000
SA-42	0	0.00	0.000
SA-43	0	0.00	0.000
SA-44	1	0.06	0.003
SA-45	2	0.12	0.014
SUMATORIA	17	**Σ (pi^2)**	**0.087**
		1-Σ (pi^2)	**0.913**

De acuerdo con los criterios de evaluación, valores de diversidad cercanos a 1 sugieren una comunidad sana y resiliente, con una distribución equitativa de los individuos entre las especies presentes. En este caso, el valor de 0.913 confirma que existe una probabilidad superior al 91% de que dos individuos seleccionados al azar pertenecen a especies distintas. Esta baja dominancia implica que la comunidad de aves no depende de una sola especie para mantener su equilibrio, lo que la hace menos vulnerable ante posibles perturbaciones ambientales o cambios en el hábitat.

MAMÍFEROS

A manera de resultados e interpretación para el grupo faunístico de los mamíferos, se tiene lo siguiente:

El análisis del Índice de Simpson para el grupo de los mamíferos, basado en un registro de 50 individuos capturados en 45 unidades de muestreo, revela una comunidad con una diversidad sobresaliente y una dominancia mínima. Según los datos procesados, el valor de dominancia (D), calculado como la sumatoria de las proporciones al cuadrado es de 0.05. Como resultado, el Índice de Diversidad de Simpson (1 - D) alcanza un valor de 0.95.

Tabla III.57. Índice de Simpson para mamíferos.

SP MAMÍFEROS			
UNIDAD DE MUESTREO	**NUMERO DE INDIVIDUOS**	**ABUNDANCIA RELATIVA (pi)**	**pi^2**
SA-01	0	0.00	0.000
SA-02	1	0.02	0.000
SA-03	1	0.02	0.000
SA-04	3	0.06	0.004
SA-05	2	0.04	0.002
SA-06	1	0.02	0.000
SA-07	1	0.02	0.000
SA-08	2	0.04	0.002
SA-09	1	0.02	0.000
SA-10	0	0.00	0.000
SA-11	2	0.04	0.002
SA-12	2	0.04	0.002
SA-13	1	0.02	0.000
SA-14	0	0.00	0.000
SA-15	1	0.02	0.000
SA-16	1	0.02	0.000
SA-17	1	0.02	0.000
SA-18	1	0.02	0.000
SA-19	1	0.02	0.000
SA-20	1	0.02	0.000
SA-21	0	0.00	0.000
SA-22	1	0.02	0.000
SA-23	0	0.00	0.000
SA-24	4	0.08	0.006
SA-25	0	0.00	0.000
SA-26	0	0.00	0.000
SA-27	2	0.04	0.002
SA-28	0	0.00	0.000
SA-29	0	0.00	0.000
SA-30	0	0.00	0.000
SA-31	0	0.00	0.000
SA-32	0	0.00	0.000
SA-33	3	0.06	0.004
SA-34	3	0.06	0.004
SA-35	2	0.04	0.002
SA-36	4	0.08	0.006
SA-37	5	0.10	0.010
SA-38	1	0.02	0.000
SA-39	0	0.00	0.000
SA-40	0	0.00	0.000
SA-41	0	0.00	0.000
SA-42	0	0.00	0.000
SA-43	0	0.00	0.000
SA-44	2	0.04	0.002
SA-45	0	0.00	0.000
SUMATORIA	50	**Σ (pi^2)**	**0.05**
		1-Σ (pi^2)	**0.95**

Este resultado indica una probabilidad del 95% de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies distintas, lo que se traduce en una alta diversidad biológica para el estrato. A pesar de que especies como la Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el Coyote (*Canis latrans*) presentan las abundancias relativas más altas (40% y 34% respectivamente), el índice de Simpson demuestra que la estructura general de la comunidad no está monopolizada por ellas. Un valor de diversidad tan cercano a 1 sugiere que la comunidad de mamíferos posee una alta resiliencia y estabilidad ecológica, ya que la distribución de la abundancia entre las 6 especies registradas es lo suficientemente equilibrada para que el ecosistema no sea vulnerable a la dependencia de un solo taxón dominante.

HERPETOFAUNA

A manera de resultados e interpretación para el grupo faunístico de herpetofauna, se tiene lo siguiente:

El análisis actualizado del Índice de Simpson para el grupo de herpetofauna, basado en los registros de las 45 unidades de muestreo, muestra un ajuste en los valores de diversidad y dominancia. La sumatoria de las proporciones al cuadrado se sitúa en 0.16, lo que representa el índice de dominancia del grupo. Al restablecer este valor de la unidad, el Índice de Diversidad de Simpson (1 - D) resulta en 0.84.

Tabla III.58. Índice de Simpson para herpetofauna.

UNIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (pi)	pi^2
SA-01	1	0.13	0.016
SA-02	0	0.00	0.000
SA-03	0	0.00	0.000
SA-04	1	0.13	0.016
SA-05	0	0.00	0.000
SA-06	0	0.00	0.000
SA-07	0	0.00	0.000
SA-08	0	0.00	0.000
SA-09	1	0.13	0.016
SA-10	0	0.00	0.000
SA-11	0	0.00	0.000
SA-12	0	0.00	0.000
SA-13	0	0.00	0.000
SA-14	0	0.00	0.000
SA-15	0	0.00	0.000
SA-16	0	0.00	0.000
SA-17	0	0.00	0.000
SA-18	1	0.13	0.016
SA-19	0	0.00	0.000
SA-20	0	0.00	0.000
SA-21	0	0.00	0.000
SA-22	0	0.00	0.000
SA-23	0	0.00	0.000
SA-24	0	0.00	0.000
SA-25	0	0.00	0.000
SA-26	0	0.00	0.000
SA-27	0	0.00	0.000
SA-28	0	0.00	0.000
SA-29	0	0.00	0.000
SA-30	0	0.00	0.000
SA-31	0	0.00	0.000
SA-32	0	0.00	0.000
SA-33	1	0.13	0.016
SA-34	0	0.00	0.000
SA-35	0	0.00	0.000
SA-36	0	0.00	0.000

UNIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA RELATIVA (pi)	pi^2
SA-37	2	0.25	0.063
SA-38	0	0.00	0.000
SA-39	0	0.00	0.000
SA-40	0	0.00	0.000
SA-41	0	0.00	0.000
SA-42	0	0.00	0.000
SA-43	0	0.00	0.000
SA-44	1	0.13	0.016
SA-45	0	0.00	0.000
SUMATORIA	8	**Σ (pi^2)**	**0.16**
		1-Σ (pi^2)	**0.84**

Con un valor de 0.84, la diversidad de la herpetofauna se mantiene en un nivel alto, indicando una probabilidad del 84% de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies distintas. No obstante, este resultado es menor al 0.95 reportado anteriormente, lo que refleja una dominancia ligeramente superior en la estructura de la comunidad actual. A pesar de este incremento en la dominancia, el ecosistema aún presenta una distribución saludable y equilibrada de sus individuos, manteniendo una resiliencia considerable frente a perturbaciones ambientales.

ÍNDICE DE MARGALEF

El índice de Margalef es una herramienta fundamental en los estudios de fauna, ya que proporciona una medida sencilla pero efectiva de la riqueza de especies en una comunidad.

Al relacionar el número de especies con el número total de individuos, este índice permite la comparación de diferentes comunidades a través de la diversidad relativa y la identificación de patrones. En términos simples, nos indica cuántas especies diferentes hay en un lugar determinado (Moreno, 2001).

La fórmula para calcular el índice de Margalef se menciona a continuación:

Índice de Margalef = $D = (S - 1) / \ln N$

Dónde:

- D: Diversidad.
- S: Número total de especies presentes diferentes.
- N: Número total de individuos.

Interpretación de los resultados:

El índice de Margalef es una medida simple pero efectiva de la riqueza de especies en una comunidad. Aunque no hay un rango de valores universalmente establecido como "bajo", "medio" o "alto", podemos establecer algunas generalidades basadas en la interpretación de este índice:

- Valores bajos (por debajo de 2): Se consideran regiones de baja biodiversidad. Esto sugiere que hay un número limitado de especies presentes y que la comunidad es relativamente simple.
- Valores intermedios (entre 2 y 5): Representan una diversidad moderada. Es un valor común en muchos ecosistemas y sugiere una comunidad con una variedad razonable de especies.
- Valores altos (por encima de 5): Indican una alta diversidad de especies. Esto sugiere un ecosistema rico y complejo, con muchas especies diferentes coexistiendo.

AVES

El análisis del Índice de Margalef para el muestreo de aves arrojó un valor de 1.8, resultado de la relación entre las 6 especies distintas identificadas y el total de 17 individuos registrados en el área.

Tabla III.59. Índice de Margalef para aves.

INDICE DE MARGALEF PARA AVES - SA			
Número de especies	**Número de individuos**	**Índice de Margalef**	**Interpretación**
6	17	1.8	Diversidad baja

De acuerdo con los criterios de interpretación establecidos, este puntaje se sitúa al sitio dentro de la categoría de diversidad baja, al encontrarse por debajo del umbral de 2.0. Esta calificación sugiere que, a pesar de la presencia de especies emblemáticas, la comunidad actual es relativamente simple en términos de riqueza taxonómica proporcional al tamaño de la muestra.

Indicando un ecosistema con un número limitado de nichos ocupados o una etapa de sucesión biológica donde la variedad de especies aún no alcanza niveles de complejidad moderada o alta.

MAMÍFEROS

El análisis del Índice de Margalef para el muestreo de mamíferos resultó en un valor de 1.3, derivado de la presencia de 6 especies diferentes en un total de 50 individuos registrados. Según los criterios de interpretación establecidos, este valor clasifica a la comunidad en una categoría de **diversidad baja**, al situarse notablemente por debajo del umbral de 2.0.

Tabla III.60. Índice de Margalef para mamíferos.

INDICE DE MARGALEF PARA MAMÍFEROS – SA			
Número de especies	**Número de individuos**	**Índice de Margalef**	**Interpretación**
6	50	1.3	Diversidad baja

Los valores sugieren que, a pesar de contar con la misma riqueza específica que el grupo de las aves (6 especies), la alta densidad de individuos (50) diluye la riqueza relativa, sugiriendo una estructura biológica simple donde la variedad de especies es limitada en comparación con el volumen poblacional. Ecológicamente, esto refleja un ecosistema donde pocas especies han logrado establecer poblaciones numerosas, manteniendo una baja complejidad taxonómica.

HERPETOFAUNA

El análisis del Índice de Margalef para el grupo de la herpetofauna arroja un valor de 0.5, resultado de la relación entre las 2 especies registradas y el total de 8 individuos contabilizados durante el muestreo. De acuerdo con los parámetros de interpretación, este puntaje se clasifica como una diversidad baja, al situarse significativamente por debajo del umbral de 2.0.

Tabla III.61. Índice de Margalef para herpetofauna.

INDICE DE MARGALEF PARA HERPETOFAUNA- SA			
Número de especies	**Número de individuos**	**Índice de Margalef**	**Interpretación**
2	8	0.5	Diversidad baja

Este resultado identifica a la herpetofauna como el grupo con la riqueza taxonómica más simplificada del estudio. La baja puntuación indica que el número de especies presentes es muy limitado en proporción al tamaño de la muestra, lo que sugiere un ecosistema con escasa variedad de nichos ecológicos para reptiles y anfibios o condiciones ambientales que restringen la coexistencia de una mayor diversidad de taxones.

En términos de gestión, este valor resalta una comunidad biológica elemental que, aunque equilibrada en sus abundancias internas, carece de la complejidad estructural observada en otros grupos de fauna analizados.

En el **Anexo III. 05.** se presentan los cálculos del índice de Margalef para la fauna silvestre en el SA.

III.4. Socioeconómico

El proyecto **"Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa"** se localiza dentro del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, en un entorno caracterizado por un predominio de actividades industriales y de servicios asociadas al corredor industrial Saltillo–Ramos Arizpe. El sitio del proyecto se ubica aproximadamente a 3 km al suroeste de la cabecera municipal, colindando principalmente con infraestructura industrial, vialidades y áreas con uso compatible para el desarrollo del proyecto.

Como parte de la caracterización socioeconómica se revisó la distribución de los asentamientos humanos, la presencia de grupos indígenas y la posible existencia de comunidades o localidades que pudieran resultar susceptibles de afectación por la ejecución del proyecto.

El análisis de información oficial y la inspección de campo permitieron determinar que el área de influencia del proyecto corresponde a una zona industrial consolidada, sin presencia de comunidades indígenas asentadas dentro del predio ni en su entorno inmediato. De igual forma, durante la selección del sitio se verificó que el terreno no se encuentra cercano a comunidades indígenas, criterio que fue considerado dentro del análisis ambiental y de selección del sitio.

En consecuencia, el desarrollo del proyecto no implica afectaciones directas o indirectas sobre derechos colectivos, patrimonio cultural, formas tradicionales de organización o territorios ocupados por pueblos y comunidades indígenas.

III.4.1. Comunidades indígenas presentes

Derivado de la revisión de la información cartográfica oficial, de las bases de datos demográficas disponibles y del reconocimiento realizado en campo para la caracterización del sitio, **no se identificó la presencia de comunidades indígenas dentro del área del proyecto ni en su zona de influencia inmediata**.

Asimismo, durante el proceso de selección del predio se consideró expresamente como criterio ambiental que el sitio **no se encuentra cercano a ninguna comunidad indígena**, situación que quedó documentada en la caracterización del proyecto.

El predio se encuentra inmerso en una zona con vocación industrial y de expansión urbana, por lo que las actividades previstas no interfieren con territorios de uso tradicional, centros ceremoniales, áreas de aprovechamiento comunitario o cualquier otro elemento asociado a pueblos indígenas.

Por lo anterior, se concluye que **no existen comunidades indígenas que puedan resultar afectadas por las actividades de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento o cierre del proyecto**.

III.4.1.1. Nombre de la comunidad o comunidades indígenas

De acuerdo con la revisión de la información oficial y el reconocimiento efectuado en el área de estudio, **no se identificaron comunidades indígenas establecidas dentro del predio del proyecto ni en su área de influencia directa**. Por lo que este numeral no aplica, sin embargo, se hace la aclaración.

III.4.1.2. Nombre de la población o poblaciones indígenas

Con base en el análisis demográfico, territorial y de campo realizado para la elaboración del presente estudio, **no se localizaron poblaciones indígenas asentadas dentro del área de influencia directa del proyecto**. Por lo que este numeral no aplica, sin embargo, se hace la aclaración.

Por lo anterior, **no se prevé la generación de impactos sociales, culturales o territoriales sobre pueblos o poblaciones indígenas**, ni resulta necesaria la implementación de medidas específicas de consulta derivadas de la ubicación del proyecto, al no existir comunidades o poblaciones indígenas potencialmente afectadas en su área de influencia directa.

III.5. Paisaje

El paisaje del área donde se pretende desarrollar el proyecto corresponde a un paisaje antropizado, resultado de la interacción entre elementos naturales propios del matorral desértico micrófilo y la intensa transformación ocasionada por el crecimiento industrial y urbano del municipio de Ramos Arizpe.

El sitio del proyecto se localiza aproximadamente a 3 km al suroeste de la cabecera municipal, dentro de una zona con vocación industrial donde predominan instalaciones fabriles,

vialidades de comunicación, infraestructura eléctrica y predios destinados al desarrollo industrial. Las colindancias del predio reflejan esta condición, observándose al este, sureste y sur infraestructura industrial y urbana, mientras que hacia el norte y oeste persisten remanentes de vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo y algunos terrenos sin uso aparente.

Desde el punto de vista visual, el paisaje presenta una calidad escénica media a baja, debido a la presencia de elementos artificiales dominantes como naves industriales, caminos de acceso, líneas de transmisión eléctrica y superficies previamente modificadas por actividades antrópicas. En este contexto, los componentes naturales conservan un papel secundario dentro de la percepción visual del sitio.

El relieve corresponde a una superficie prácticamente plana con pendientes suaves, condición que favorece el establecimiento de infraestructura industrial y limita la existencia de miradores naturales o paisajes escénicos de alto valor visual. Asimismo, la vegetación presente corresponde principalmente a vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, la cual ha sido modificada por actividades previas de desarrollo urbano e industrial.

No se identifican dentro del área del proyecto elementos paisajísticos singulares tales como cuerpos de agua permanentes, cañadas, formaciones geológicas sobresalientes, monumentos naturales, sitios arqueológicos o áreas con valor escénico reconocido que pudieran verse afectados por la ejecución del proyecto. Asimismo, durante la selección del sitio se verificó que el predio no se encuentra dentro de Áreas Naturales Protegidas, áreas de importancia arqueológica ni cercano a comunidades indígenas, reduciendo significativamente la susceptibilidad de afectación al paisaje regional.

En consecuencia, la construcción y operación de las lagunas de evaporación generará únicamente modificaciones visuales de carácter local, integrándose a un entorno cuya imagen actual ya está dominada por infraestructura industrial de características similares. Por ello, se considera que el impacto paisajístico será de magnitud baja, permanente y compatible con el uso actual del suelo y con la vocación industrial del área.

Evaluación del paisaje dentro de la zona

La evaluación del paisaje de la zona de estudio del proyecto, se utilizó el método que utiliza la subjetividad del tema, así como la aplicación de diversas técnicas (tipificación o clasificación del paisaje en unidades homogéneas y la valoración de su calidad y fragilidad visual), con el fin de estimar las condiciones actuales del paisaje en la zona de estudio. A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la metodología seleccionada.

Los especialistas en la materia coinciden en establecer tres aspectos importantes para la evaluación del paisaje: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad del paisaje.

A. Visibilidad.

Debido a que la zona donde se realizara se encuentra en un solo nivel altitudinal no presenta ningún problema en cuanto a la visibilidad paisajística ya que no se realizara en ningún momento el derribo de la vegetación existen, es por ello que la visibilidad no se verá afecta al conservar la mayor cantidad de elementos que brindan un paisaje en su totalidad.

B. Calidad paisajística.

La calidad del paisaje está determinada por las características intrínsecas del sitio, la calidad visual del entorno inmediato y la calidad del fondo escénico, todo ello en función de la morfología, vegetación, cuerpos de agua, distancia y fondo visual, en este caso, están referidos y evaluados con relación al paisaje natural y a los bancos de aprovechamiento Para el caso del banco de aprovechamiento se tomó como referencia la escala de valores de la calidad del paisaje establecida por Pascual et al, 2003.

Tabla III.62. Calidad paisajística del sitio del proyecto

CALIDAD DEL PAISAJE	DESCRIPCIÓN
ALTA	Cuando existen elementos naturales ubicados en zonas abruptas, con cuerpos de agua y vegetación natural, alejados de los centros urbanos y zonas industriales
MODERADA	Cuando se presentan elementos de transición con cultivos tradicionales, pastizales, poblaciones rurales y topografía semiplana.
BAJA	Cuando existe una gran cantidad de infraestructura, actividades económicas, centros urbanos, zonas industriales, relieve plano y usos de suelo agrícolas intensivos.

El presente proyecto, se encuentra ubicado en un sitio donde a sus alrededores se presentan asentamientos humanos y zonas industriales, por lo que la calidad de paisaje es baja, debido a que existen áreas o espacios que presentan fragmentación en la vegetación, esto de acuerdo con los antecedentes que hay del uso que le dan a la tierra en esta zona, es por ello que gran parte de la vegetación es ha sido alterada a lo largo del tiempo, debido a que existen manchones de vegetación secundaria.

C. Fragilidad.

La fragilidad del paisaje consiste en la capacidad de este para absorber los cambios que se producen en el mismo. Los factores que integran la fragilidad paisajística son biofísicos, morfológicos y la frecuentación humana.

Tabla III.63. Fragilidad del paisaje en el sitio del proyecto.

FRAGILIDAD DEL PAISAJE	DESCRIPCIÓN	EVALUACIÓN DEL SITIO
Mayor fragilidad visual	Cuando es muy accesible a través de carreteras y caminos, su relieve es plano, la superficie de la cuenca visual es grande y por ende presenta un alto número de observadores potenciales, ya que existen grandes núcleos de población compacta, actividades productivas e infraestructura asociada	El proyecto que se pretende ejecutar se considera de mayor fragilidad visual dado que está ubicado en una zona con uso industrial, además existen vías de comunicación cercanas, así como accesos de terracería hacia el sitio del proyecto, el relieve no es tan pronunciado ya que la zona no presenta lomeríos y existen poblaciones cercanas.
Menor fragilidad visual	Cuando carece o tiene limitadas vías de acceso, relieves pronunciados o abruptos, la superficie de la cuenca visual es pequeña y el número de observadores potenciales es limitado o nulo.	

III.5.1. Descripción de la metodología a emplear

La caracterización del paisaje se realizó mediante una metodología de análisis cualitativo apoyada en información cartográfica, reconocimiento de campo e interpretación visual del entorno inmediato y regional del proyecto.

Inicialmente se efectuó la revisión de la cartografía oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ortofotografías e imágenes satelitales recientes, con el propósito de identificar los principales componentes del paisaje, los usos actuales del suelo, la cobertura vegetal y las características fisiográficas del área de estudio.
Posteriormente se realizó un reconocimiento en campo para verificar las condiciones reales del sitio, registrando mediante inspección visual los elementos naturales y antrópicos presentes, las condiciones de visibilidad, el grado de modificación del paisaje y la relación existente entre el predio y su entorno inmediato.

La evaluación del paisaje consideró los siguientes criterios:

- Características fisiográficas del terreno (relieve, pendiente y configuración topográfica).
- Cobertura vegetal y grado de conservación.
- Presencia de infraestructura industrial, urbana y de servicios.
- Calidad visual del paisaje.
- Fragilidad visual del entorno.
- Capacidad de absorción visual del proyecto.
- Existencia de elementos de valor escénico, histórico, arqueológico o cultural.
- Compatibilidad del proyecto con el uso actual del suelo y la imagen paisajística existente.

Con la información obtenida se determinó la sensibilidad del paisaje frente al desarrollo del proyecto, valorando la magnitud de los cambios visuales que podrían generarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre.

Los resultados del análisis indican que el proyecto se desarrollará dentro de un paisaje previamente transformado por actividades industriales y urbanas, con una elevada capacidad de absorción visual y una baja fragilidad paisajística, por lo que las modificaciones derivadas de la construcción de las lagunas de evaporación serán compatibles con el contexto territorial existente y no alterarán significativamente la percepción visual del paisaje regional.

III.6. Diagnóstico ambiental

III.6.1. Realizar el análisis del grado de conservación o deterioro de la región ecológica

El diagnóstico ambiental tiene como finalidad identificar y analizar las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y antropogénica de la zona, así como el grado de conservación de los aspectos bióticos y abióticos. Para llevar a cabo la evaluación del grado de conservación se consideraron los rubros agua, suelo, aire, flora, fauna y paisaje.

Por ello, es importante evaluar las condiciones actuales del sitio, debido a que la implementación de la obra implica la afectación de los componentes medioambientales del sistema. Para llevar a cabo los trabajos de evaluación del impacto ambiental de las obras propuestas, se tomó en cuenta el uso de suelo, la vegetación existente y la presencia de cuerpos de agua; además, se tomó en cuenta la calidad y conservación.

Los criterios que se aplicaron en los procesos de análisis de la conservación y calidad de los elementos ambientales son los siguientes:

- Óptima
- Media
- Baja

A continuación, se procedió a aplicar una metodología basada en las observaciones de campo y con base en los factores bióticos y abióticos.

Una vez que se identificaron los factores medioambientales, considerados potencialmente importantes, se aplicó un procedimiento descriptivo para expresar su estado de conservación actual (antes del proyecto), habiéndose tomado en cuenta los siguientes factores: agua, suelo, aíre, paisaje, vegetación, fauna y medio socioeconómico.

Si bien existen diversas metodologías para la realización de los diagnósticos ambientales, existen dos grandes vertientes: una basada en la valoración “cuantitativa” y otra “cualitativa”, el perfil de la presente toma como referencia la segunda vertiente, por lo que se continuó con los siguientes pasos:

- Se eligieron los factores identificables en campo los cuales funcionan como indicadores del estado ambiental en el que se encuentra el sitio donde se inserta el proyecto.
- Se elaboró una escala cualitativa para cada factor la cual se determinó como el “nivel de calidad ambiental”
- Se les asignó un valor entre 1 y 5, dependiendo de la apreciación subjetiva realizada in situ.

Finalmente, se obtuvo un promedio de los valores asignados a cada factor, así se obtuvo el resultado que se presenta como el diagnóstico ambiental del área en estudio, el cual se evalúa con la misma escala en donde 5 es igual a un estado óptimo positivo y 1 un estado totalmente alterado.

El diagnóstico ambiental para el presente proyecto se realizó de acuerdo con la presencia y calidad del agua, la vegetación y uso de suelo del área.

Tabla III.64. Diagnóstico ambiental de la región ecológica.

FACTOR AMBIENTAL/SOCIAL Y ANTRÓPICO	NIVEL DE CALIDAD	CALIFICACIÓN EN UNIDADES	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO
Geoformas	Original	5	3
	Escasamente modificado	4	
	Moderadamente modificado	3	
	Totalmente modificado	2	
Suelo	Sin erosión	5	2
	Escasa erosión	4	
	Moderadamente erosionado	2	
	Degradado	1	
Calidad del agua	Sin contaminación	5	5
	Moderada contaminación	3	
	Alta contaminación	1	
Estado sucesional	Vegetación original	5	2
	Vegetación secundaria reciente	4	
	Vegetación secundaria avanzada	2	
	Pérdida de cubierta vegetal	1	
Presencia de ganado	Nula	5	5

	Escasa	4	
	Moderada	2	
	Alta	1	
Presencia de cultivos	Nula	5	5
	Escasa	4	
	Moderada	2	
	Alta	1	
Habi tat	Potencial Alto	5	3
	Potencial Medio	3	
	Potencial Bajo	1	
Evidencia de penetración antrópica caminos, brechas y basura.	Nula	5	1
	Escasa	4	
	Moderada	2	
	Alta	1	
RESULTADOS			**26**

Tabla III.65. Escala de calificación.

ESCALA DE CALIFICACIÓN	
29.7-40	Calidad ambiental óptima
19.4-29.6	**Calidad ambiental media**
9-19.3	Calidad ambiental baja

De acuerdo con el análisis, se concluyó que la región ecológica, donde se ubicará el proyecto presenta Calidad Ambiental Media, teniendo en cuenta que las geoformas que conforman el proyecto ya han sido anteriormente modificadas, el suelo se encuentra moderadamente erosionado debido a las diferentes actividades antropogénicas. Concluyendo que la práctica de actividades antropogénicas ha provocado cambios al ecosistema natural. A continuación, se describe de manera integral la situación de la región ecológica por componente ambiental.

III.6.2. Elaborar un diagnóstico integral de la situación de la región ecológica, conforme a la información analizada en las secciones anteriores

Suelo

El suelo es un componente abiótico transversal que actúa como sustrato soporte para las comunidades vegetales, regulador de los flujos hidrológicos superficiales y base mecánica para el desplante de las obras civiles. Su evaluación dentro del Diagnóstico Ambiental permite comprender el grado de alteración actual del sitio y prever los riesgos de erosión o pérdida de servicios ecosistémicos ante las actividades de preparación del sitio y construcción.

El análisis cartográfico y la validación en la región ecológica revelan una matriz geológica heterogénea y altamente diversificada, cubriendo una superficie total mapeada de **60,494.31 hectáreas**. Espacialmente, el paisaje edáfico se organiza bajo un gradiente que define la aptitud del terreno y su comportamiento físico:

- **Unidad Dominante (Luvisoles):** El paisaje está dominado de forma contundente por la unidad **LVcr-hu+LPsk-rz+PHlep/2G** (Luvisol crómico y húmico, asociado a Leptosol esquelético/rendzina y Phaeozem leptico), la cual representa la mayor extensión contigua con un aporte masivo de **9,476.92 hectáreas**. Estos suelos se caracterizan por la acumulación de arcilla de alta capacidad de intercambio catiónico en el subsuelo y un horizonte superficial rico en materia orgánica.

- **Unidades Secundarias (Leptosoles y Complejos Estables):** En un segundo orden de importancia territorial se ubican los **Leptosoles** (unidades LPsk-lo+VRlep-cc/2P con 3,226.70 ha y LPsk-rz+PHlep-lo+LPli/2P con 2,529.20 ha). Se trata de suelos delgados, someros y esqueléticos que denotan zonas de topografía accidentada o lomeríos con roca madre cercana a la superficie. Estos se encuentran flanqueados por complejos estables de **Kastanozem** (que superan individualmente las 2,000 y 2,600 ha) y **Calcisoles**, típicos de regiones áridas o semiáridas con balances hídricos deficitarios y acumulación secundaria de carbonatos.

Limitantes Físicas y Vulnerabilidad Estructural

Desde la perspectiva de las limitantes físicas y de aptitud para el manejo, la región ecológica exhibe una marcada fragilidad estructural condicionada por los siguientes factores:

- **Pedregosidad y Gravas:** Una porción muy significativa del territorio, vinculada principalmente a los Leptosoles y Kastanozems, se encuentra bajo las fases "Pedregosa" y "Gravosa". Estas texturas combinadas con fragmentos de roca gruesa restringen severamente la mecanización del terreno e incrementan significativamente el riesgo de erosión hídrica acelerada en caso de perderse la cobertura de matorral secundario.

- **Zonas de Estabilidad y Filtración:** En contraposición, las llanuras donde se asientan los Calcisoles y ciertos Regosoles presentan la etiqueta de "Ninguna" limitante física activa y registran texturas medias (limosas/francas). Estas áreas poseen el mayor potencial de retención de humedad, estabilidad mecánica frente a cargas y consolidan los servicios ecosistémicos clave de filtración hídrica hacia las unidades acuíferas locales.

Grado de Conservación Actual en el Polígono del Proyecto

Al acotar el análisis cualitativo al área específica de implantación del proyecto, se concluye que el componente suelo presenta un grado de Conservación Medio a Bajo (Calidad Ambiental Media) debido a presiones de origen antropogénico previas:

- **Erosión y Perturbación:** Las geoformas del sitio ya han sido modificadas y niveladas por el crecimiento industrial e histórico del complejo automotriz. El suelo expuesto o con cobertura de matorral secundario denota procesos de erosión hídrica y eólica moderada, compactación mecánica por tránsito vehicular o maquinaria y pérdida parcial de los horizontes orgánicos superiores.

Agua

El agua es un componente abiótico crítico que actúa como el principal agente modelador del relieve, vector de transporte de nutrientes y sedimentos, y soporte esencial para el mantenimiento de los procesos ecológicos de la región ecológica. La evaluación de la hidrología superficial permite diagnosticar los patrones de drenaje natural en las inmediaciones del proyecto, garantizando que el diseño técnico de las obras civiles (como lagunas o sistemas de control) no altere la dinámica hídrica ni el balance de la cuenca local.

De acuerdo con el análisis espacial y cartográfico detallado de la región ecológica, la zona de estudio se caracteriza por poseer una red de escurrimientos superficiales densa y de respuesta torrencial, condicionada por el balance hídrico semiárido de la región de Ramos Arizpe:

- **Corrientes Intermitentes:** El SA es cruzado por un total de 1,861 corrientes de agua de tipo intermitente. Estas corrientes efímeras comprenden una longitud lineal acumulada de 1,312 kilómetros. Su comportamiento hidrológico está estrictamente supeditado al régimen de precipitación estacional; permanecen secas la mayor parte del año y conducen flujos de agua exclusivamente durante la temporada de lluvias o ante eventos extraordinarios de alta intensidad.

La corriente principal es el río La Encantada, conocido localmente como arroyo Del Pueblo; sus principales tributarios son el arroyo Ceballos, arroyo La Tórtola, arroyo Los Ojitos, arroyo El Charquillo, arroyo Boca de León o Los Ramones, arroyo Blanco, arroyo El Cuatro, arroyo Los Narro, arroyo San Lorenzo o El Mimbre, arroyo Santiago, arroyo De Flores y arroyo Ramirillos.

Diagnóstico de Conservación y Calidad Ambiental Hídrica

Al aplicar los criterios cualitativos basados en las observaciones in situ y las condiciones de contorno del Complejo Industrial, el componente Agua se evalúa con una **Calidad Ambiental Media**:

- **Modificación de Geoformas:** Los cauces que circundan y cruzan las inmediaciones del Polígono de Intervención han experimentado modificaciones históricas en sus microcuencas de captación debido al desarrollo de infraestructura, vialidades y asentamientos humanos.

Procesos de Deterioro: El carácter intermitente de la red propicia que, durante las épocas de estiaje, los cauces sean vulnerables a procesos de erosión eólica, compactación y azolvamiento por arrastre de sedimentos desde los lomeríos deforestados o moderadamente erosionados de la región ecológica.

Vegetación

Mediante prospecciones de campo y análisis cartográfico, se determinó que el Polígono de Intervención del proyecto se desplanta de manera exclusiva sobre la unidad de Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM). Esta comunidad representa un estadio de sucesión biológica derivado de perturbaciones antrópicas

Es importante destacar que, a nivel de paisaje regional y en la periferia de la región ecológica, coexiste un mosaico diversificado de comunidades vegetales que confieren estabilidad al entorno, entre las que se registran: Matorral Desértico Micrófilo clímax (MDM), Matorral Desértico Rosetófilo (MDR), Bosque de Encino (BQ), Bosque de Pino (BP), Bosque Inducido (BI), Pastizal Natural (PN), Pastizal Inducido (PI), así como estadios de Vegetación Secundaria Arbórea y Arbustiva de Bosque de Pino (VSA/BP y VSa/BP). La presencia de estas unidades perimetrales resulta altamente relevante, ya que actúan como bancos de germoplasma y zonas de amortiguamiento ecológico.

Diagnóstico de Conservación

Al integrar las vertientes cualitativas y cuantitativas del inventario florístico, se concluye que el componente de vegetación en el área específica del proyecto presenta una Calidad Ambiental Media. Se trata de un ecosistema estructuralmente simplificado en sus estratos superiores (arbóreo y arbustivo) debido a la presión antrópica histórica, pero con una respuesta de resiliencia favorable en sus estratos suculento y herbáceo.

Fauna

Dado que el sitio se encuentra cercano al centro de población y zona industrial, los grupos de fauna (aves, mamíferos menores y reptiles) se han acostumbrado a la presencia humana, sin embargo, los mamíferos y reptiles se desplazan hacia lugares más conservados, buscando sitios de refugio y anidamiento.

Durante los recorridos en campo en el sitio del proyecto, se observó la presencia algunas especies de mamíferos (*Canis latrans, Urocyon cinereoargenteus, Mephitis mephitis, Lepus californicus, Sylvilagus floridanus* y *Neotoma mexicana*), reptiles (*Aspidoscelis inornatus* y *Sceloporus poinsettii*) y aves (*Buteo jamaicensis, Coragyps atratus, Geococcyx californianus, Zenaida asiatica, Cardinalis sinuatus* y *Dryobates scalaris*) este último es el más avistado en el área.

La ejecución del proyecto representa un impacto significativo; sin embargo y de acuerdo a las dimensiones, se puede decir que se trata de un proyecto puntual en donde con una adecuada supervisión ambiental y una restricción para evitar la extracción de la fauna silvestre para que no se verá afectada. Cabe mencionar que antes, durante y después de la implementación del proyecto, se aplicarán las medidas de prevención necesarias.

Habitat

El hábitat dentro de la región ecológica se define como el complejo biofísico y funcional que amalgama las condiciones climáticas, edáficas, hidrológicas y bióticas indispensables para permitir el establecimiento, supervivencia, reproducción y dispersión de las comunidades silvestres. Su evaluación en este diagnóstico no se limita a una delimitación cartográfica superficial, sino que analiza la integridad de los recursos clave (sitios de refugio, anidación y forrajeo) y las variables fisicoquímicas que sustentan la persistencia poblacional frente a la dinámica antropogénica de la región.

Condición Actual y Grado de Conservación del Hábitat

El Polígono de Intervención del proyecto se sustenta sobre una matriz clasificada como Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM). Desde la perspectiva de integridad ecológica, este hábitat específico presenta un grado de conservación Medio a Bajo, derivado de las siguientes condicionantes sinérgicas:

- **Fragmentación Histórica:** El predio se encuentra inmerso en un entorno adyacente a zonas industriales consolidada y asentamientos humanos del municipio de Ramos Arizpe. Esto ha generado una fragmentación estructural en la cobertura vegetal nativa.

- **Simplificación Trófica y Demográfica:** Los análisis bióticos previos demuestran que, aunque existe una riqueza de especies saludable en el estrato arbustivo, el hábitat se encuentra bajo un régimen de dominancia numérica por parte de *Parthenium incanum* y *Neltuma glandulosa* (64.4% de la abundancia total). En el componente faunístico, el hábitat refleja una simplificación trófica estructural, manifestando una marcada hegemonía de depredadores medianos (cánidos como *Urocyon cinereoargenteus* y *Canis latrans*, que concentran el 74% de la muestra de mamíferos) que condicionan y presionan las poblaciones de mamíferos de menor tamaño.

- **Ausencia de Especies Críticas:** Al constatarse la ausencia total de especies en categorías de riesgo bajo la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, se determina que el sitio no funge como un hábitat crítico, endémico o restrictivo para la supervivencia de taxones de alta prioridad de conservación. Las poblaciones registradas (aves, reptiles y mamíferos menores) exhiben conductas adaptativas y de tolerancia a las perturbaciones y ruidos de la periferia industrial.

Capacidad de Absorción de Impactos y Conectividad Funcional

A pesar de las modificaciones antrópicas en las geoformas y la erosión moderada del suelo, el hábitat mantiene funciones ecosistémicas básicas de filtración hídrica (asociada a las llanuras de Calcisoles y Regosoles) y conectividad local para el tránsito de fauna menor.

Debido a que las obras civiles proyectadas implican una afectación de carácter puntual y delimitada, la pérdida de superficie de este matorral secundario perturbado no compromete de manera significativa la conectividad biológica regional ni los procesos evolutivos de

Sitios Receptores y Zonas de Amortiguamiento

Mediante los análisis de prospección ambiental realizados en la periferia de la zona de estudio, se identificaron áreas colindantes que presentan una notable homogeneidad ecológica y una alta similitud en su composición florística y estructural.

Estos sitios receptores poseen una equivalencia funcional en cuanto a la oferta de nichos ecológicos, disponibilidad de recursos y factores abióticos similares a los del sitio del proyecto. Por lo tanto, se consideran zonas de amortiguamiento idóneas para los programas de rescate, translocación y reubicación de ejemplares de flora y fauna silvestre, garantizando una baja resistencia ambiental y maximizando las probabilidades de adaptabilidad, enraizamiento y éxito biológico a mediano y largo plazo.

Socioeconómico

El Complejo Industrial Ramos Arizpe de General Motors es uno de los pilares importantes en la industria automotriz con un impacto socioeconómico que, de acuerdo con datos de INEGI, coloca a Saltillo – Ramos Arizpe en grandes aportadores de la manufactura del sector. Asimismo, históricamente ha sido un gran generador de empleos como también contribuye a la importación y exportación de motores, componentes y vehículos dentro y fuera del país.

La implementación del proyecto se traduce en un catalizador de bienestar y desarrollo regional:

- Derrama Económica: La ejecución genera una demanda inmediata de insumos para la construcción y servicios locales, fortaleciendo la economía del municipio de Ramos Arizpe y del estado de Coahuila.

- Sustentabilidad Industrial: Al permitir un manejo eficiente y normativo del agua de rechazo de ósmosis inversa, se asegura la continuidad operativa del Complejo Ramos Arizpe de General Motors. Esto protege las fuentes de empleo existentes y posiciona a la región como un referente en gestión hídrica industrial responsable.

- Mejora de Infraestructura: El proyecto transforma un terreno de matorral secundario con señales de perturbación previa en una instalación de vanguardia técnica, contribuyendo a la modernización del paisaje industrial sin comprometer servicios ambientales únicos.

Síntesis del inventario

Para llevar cabo el análisis de los componentes ambientales en el área de estudio se empleó un Sistema de Información Geográfico en el cual se manejó la información de los recorridos de campo y la información temática y vectorial digitales elaboradas por el INEGI y por CONABIO, complementándose con revisiones bibliográficas y datos de campo obtenidos en el sitio del proyecto y sistema ambiental, con esto se pudo realizar un diagnóstico de las condiciones actuales así como identificar las tendencias de deterioro o conservación que se presentan en la zona de estudio que se relacionen con el desarrollo del proyecto. A continuación, se describe el diagnostico por cada componente ambiental identificado.

Componente Abiótico (Suelo e Hidrología)

Edafología: El entorno de la región ecológica abarca 60,494.31 hectáreas, con un dominio contundente de Luvisoles crómicos y húmicos (9,476.92 ha), seguidos de Leptosoles en lomeríos y complejos de Kastanozem y Calcisoles. El sitio específico presenta fases pedregosas y gravosas que elevan la fragilidad a la erosión hídrica ante la pérdida de cobertura. Sin embargo, las zonas bajas de Calcisoles y Regosoles actúan como áreas clave para la filtración y estabilidad mecánica.

Hidrología Superficial: La región ecológica está integrado por una densa red de 1,861 corrientes intermitentes con una longitud lineal acumulada de 1,312 km. El eje colector principal es el Río La Encantada, alimentado por corrientes estacionales de relevancia local.

Componente Biótico (Flora, Fauna y Aptitud de Hábitat)

Flora y Vegetación: El polígono del proyecto se localiza exclusivamente sobre Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM). Los índices de diversidad calculados reflejan un estado de baja a media diversidad:

- Estrato arbustivo: Registra un índice de Shannon de H' = 1.924 con una marcada dominancia compartida de Mariola (*Parthenium incanum*) y Mezquite (*Neltuma glandulosa*), que concentran el 64.4% de la abundancia.

- Estrato cactáceo *H'=2.190, J'=0.731* y herbáceo H'=2.459, J'=0.821): Muestran comunidades en equilibrio demográfico y con resiliencia intermedia.

Fauna Silvestre: Se registró una riqueza biológica de 14 especies (6 aves, 6 mamíferos y 2 reptiles). Estadísticamente, las curvas de acumulación (*Chao 1, Chao 2, ICE y ACE*) confirmaron una suficiencia de muestreo superior al 91% y hasta el 100%, otorgando certidumbre al inventario.

Los índices de diversidad faunística son estructuralmente bajos (H' entre 0.69 y 1.71) con dominancia de cánidos medianos (*Urocyon cinereoargenteus* y *Canis latrans* con el 74% de la abundancia relativa de mamíferos), lo cual evidencia habituación a la periferia industrial.

Estatus de Conservación: Ninguna de las especies florísticas o faunísticas inventariadas dentro del predio del proyecto se encuentra enlistada bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Componente Paisajístico y Medio Socioeconómico

Paisaje: La calidad visual del sitio es Baja debido a la fragmentación histórica de la vegetación nativa y la dominancia visual de infraestructura industrial y urbana perimetral. La fragilidad visual es Baja-Moderada, favorecida por el relieve plano y el compromiso de no realizar derribos de vegetación fuera del polígono, manteniendo los elementos del entorno inmediato.

Socioeconomía: Ramos Arizpe posee una población joven (edad media de 25 años) y una Población Económicamente Activa (PEA) del 65%, fuertemente vinculada a la manufactura. El proyecto actúa como un dinamizador a través de la derrama económica local.

Con base en la integración cuantitativa y cualitativa del inventario ambiental, se dictamina que el proyecto es **AMBIENTALMENTE FACTIBLE**, sustentando dicha conclusión en los siguientes criterios técnicos y legales:

1. **Alineación Normativa:** La ausencia de especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el sitio elimina restricciones críticas de exclusión biológica y reduce el riesgo de pérdida de biodiversidad endémica o amenazada.
2. **Baja Resistencia del Entorno:** El polígono se asienta sobre un área de Calidad Ambiental Media y paisaje antropizado. La remoción vegetal se restringe a matorral secundario modificado (VSa/MDM), cuya pérdida estructural es mínima en la escala del SA.
3. **Conectividad Ecológica de Mitigación:** Se identificaron áreas periféricas colindantes con alta homogeneidad ecológica y equivalencia funcional. Estas zonas operarán como sitios receptores idóneos (zonas de amortiguamiento), garantizando el éxito biológico a mediano y largo plazo de los programas obligatorios de rescate, protección y reubicación de flora y fauna.
4. **Sustentabilidad Hídrica e Industrial:** Desde la perspectiva de la LGEEPA, el proyecto optimiza el balance hídrico industrial al dar un manejo técnico y normativo eficiente al agua de rechazo por ósmosis inversa. Esto mitiga presiones sobre los acuíferos locales, garantiza la continuidad operativa del Complejo Industrial y protege el empleo sin comprometer servicios ambientales únicos.

Los impactos ambientales potenciales asociados al desarrollo del proyecto se catalogan como de carácter puntual, mitigables y de baja magnitud. Por lo tanto, aplicando las medidas de prevención, el diseño de obras de control hidrológico superficial y los protocolos de manejo

de suelo aquí descritos, el proyecto no alterará la integridad funcional ni los procesos ecológicos esenciales del Sistema Ambiental, resultando plenamente viable.

III.6.3. Elaborar un escenario a futuro de la región ecológica

Se realiza un análisis para visualizar los posibles escenarios futuros de la región ecológica bajo estudio, considerando en primer término el escenario sin proyecto, seguido de otro escenario con proyecto y finalmente, uno que incluya al proyecto con sus medidas de mitigación.

III.6.3.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

De no realizar el proyecto “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA” y permanecer el sitio en su estado actual, se prevé un escenario de deterioro progresivo en los factores ambientales y una pérdida de oportunidad de desarrollo para la región. A continuación, se detallan las implicaciones técnicas de este escenario:

Medio biótico

La permanencia del sitio sin la intervención proyectada no garantiza la conservación de los recursos naturales. Por el contrario, se espera una degradación acelerada de la Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VSa/MDM). Al no implementarse las medidas de compensación y manejo de suelos contempladas, la zona continuará sujeta a procesos naturales de perturbación, exacerbados por la fragmentación del ecosistema debida a la actividad industrial circundante.
En este escenario, el servicio ambiental de protección de biodiversidad se vería comprometido, ya que no se ejecutaría el programa de rescate y reubicación de flora, dejando a ejemplares bajo estatus de protección especial (como Mammillaria grusonii) expuestos a los efectos de la erosión y la pérdida de hábitat sin una gestión técnica que garantice su supervivencia a largo plazo.

Medio físico

Sin el proyecto, el equilibrio hídrico y la estabilidad del sustrato presentarían una tendencia negativa crítica:

- **Degradación del Suelo:** Actualmente se registra una erosión de 2,704.67 ton/año. Sin las obras de conservación de suelos y reforestación vinculadas al proyecto, esta cifra no solo se mantendría, sino que tendería al alza debido a la pérdida de cohesión del suelo por factores climáticos y la ausencia de mantenimiento preventivo.
- **Gestión hídrica y atmosférica:** El sitio presenta una infiltración nula debido a una evapotranspiración que consume la totalidad de la precipitación. Sin el proyecto, esta ineficiencia hídrica persiste sin compensación alguna. Asimismo, la capacidad de captura de carbono (actualmente estimada en **4.318 ton/ha**) se estancaría o disminuiría ante la degradación de la biomasa aérea, sin la posibilidad de renovar el vigor del ecosistema mediante las acciones de mitigación propuestas.
- **Ruido:** El impacto sonoro proveniente de la carretera Saltillo-Monterrey mantendría su intensidad actual, sin que se generen las barreras físicas o la gestión de sitio que la infraestructura del proyecto podría proporcionar indirectamente

Medio socioeconómico

La no ejecución del proyecto representaría una contracción del bienestar económico regional.

Se perdería la oportunidad de inyectar recursos económicos directos e indirectos en el estado de Coahuila y, específicamente, en el municipio de Ramos Arizpe.

La falta de demanda de insumos locales para la construcción, así como la ausencia de creación de empleos especializados, limitaría el desarrollo de la cadena de valor industrial en la zona. Además, la falta de una infraestructura moderna para el manejo de agua de rechazo de ósmosis inversa restaría la competitividad al Complejo Ramos Arizpe de General Motors, al no contar con un sistema sustentable y eficiente para el tratamiento de aguas industriales, lo cual es fundamental para la seguridad operativa y ambiental a largo plazo en la región.

III.6.3.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto sin medidas de mitigación

De llevarse a cabo el proyecto se podría esperar que en el mediano plazo los principales efectos que el proyecto ejercerá sean los siguientes:

Medio biótico

Se afectarán los recursos naturales como flora y fauna debido a la pérdida de la vegetación que conlleva la pérdida del hábitat de la fauna silvestre.

Se presentaría, también, una afectación a la biodiversidad de la zona debido a la pérdida de especies de flora nativa.

Se afectaría a la vegetación que se encuentre en la superficie autorizada, y se afectaría el hábitat de las especies en estatus de flora y fauna existentes en el sitio del proyecto. Al igual que la fauna, esta podría sufrir daño especialmente la de lenta movilidad, ya que no sobreviviría durante la perturbación que ocasiona las actividades de construcción y operación. Aun cuando sólo sea afectada la superficie solicitada, se llegará a afectar los elementos naturales del paisaje, y en menor proporción se afectarían las poblaciones de fauna o flora más allá del sitio del proyecto.

Medio Físico

Habría afectaciones al medio físico de gran intensidad como son:

- Las afectaciones al agua serían medianamente significativas, ya que con la remoción de la vegetación se evita la infiltración de agua pluvial.
- Pérdida de suelo sería medianamente significativa, ya que con la remoción de la vegetación se genera la pérdida de suelo por erosión al estar el suelo desnudo.
- Sin el manejo adecuado de los residuos, se provoca la contaminación de suelo y agua.
- Se afecta el paisaje, ya que este sufre una fuerte modificación en el sitio del proyecto.
- En general, se modificará el desarrollo natural de los procesos naturales, puesto que no se toma en cuenta ninguna acción de mejora.

Ambiente contaminado

- El ruido se incrementaría significativamente al igual que la contaminación atmosférica en el sitio del proyecto y en el área de influencia, debido a la dispersión de partículas emitidas durante las actividades de construcción del proyecto.

Medio socioeconómico

- Se generarían condiciones tendientes al mejoramiento económico de las poblaciones cercanas, el municipio y estado. Se incentivaría la economía al ocupar mano de obra, servicios y suministros, además se apoyaría una importante actividad en la zona. Con lo anterior se aportaría apoyo para evitar problemas de seguridad, y problemas sociales como la migración y malestar social.

III.6.3.3. Descripción y análisis del escenario con proyecto considerando medidas de mitigación

La implementación del proyecto "LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS)" conlleva una gestión técnica integral que permite el desarrollo industrial en equilibrio con la conservación del entorno en Ramos Arizpe. A continuación, se detalla el comportamiento de los medios bajo un esquema de mitigación activa:

Medio biótico

Con la ejecución del proyecto y el cumplimiento del Programa de Rescate y Reubicación de Flora, se garantiza la supervivencia de la riqueza biológica identificada.

- **Gestión de Especies Protegidas:** La reubicación de ejemplares de *Mammillaria grusonii* (Protección Especial) y otras suculentas hacia sitios de destino con características ecológicas similares asegura que la representatividad de la flora no se pierda. Se hace la mención de la especie *Mammillaria grusonii* sujeta a protección especial, la cual será reubicada dentro del polígono de propiedad del proyecto.
- **Compensación de Biomasa:** Aunque se eliminarán 193.191 toneladas de biomasa en las 21.23 ha, la implementación de áreas de reforestación y conservación fuera del área de desplante permitirá recuperar la capacidad de captura de carbono (actualmente de 4.318 ton/ha) y la generación de oxígeno (11.51 ton/ha).
- **Conectividad de Fauna:** Dado que la riqueza faunística del sitio (9 especies) es un subconjunto de la Cuenca Hidrológico Forestal (14 especies), las medidas de ahuyentamiento y salvamento permitirán que los ejemplares se desplacen hacia zonas con alta homogeneidad biológica, manteniendo la estabilidad de los índices de diversidad de Shannon-Wiener en la región.

Medio Físico

El escenario con proyecto introduce controles técnicos que superan las condiciones de degradación natural previa:

- **Control de la Erosión:** Ante el incremento potencial de la erosión a **10,144.75 ton/año** por el suelo desnudo medidas, el proyecto establece de compensación para mitigar las **7,440.08 toneladas excedentes**. Estas obras de conservación de suelos y

control de escurrimientos superficiales no solo detendrán la pérdida de suelo, sino que favorecerán la estabilidad física del terreno a largo plazo.

- **Balance hídrico y microclima:** Si bien la infiltración se mantiene en una condición nula, con la operación de las lagunas de evaporación introducirá una modulación climática local. El incremento controlado de la humedad atmosférica por evaporación de salmueras compensará la pérdida de evapotranspiración vegetal, mitigando el estrés térmico en el área de influencia directa. Aunado a esto, la realización de terrazas podrá capturar agua que normalmente se escurre, aportando a la infiltración de agua.
- **Calidad de Aire:** El manejo adecuado de residuos y el control de polvos durante la construcción aseguran que la fijación de contaminantes no se vea rebasada, cumpliendo estrictamente con la normativa ambiental vigente.

Medio Socioeconómico

La implementación del proyecto se traduce en un catalizador de bienestar y desarrollo regional:

- **Derrama Económica:** La ejecución genera una demanda inmediata de insumos para la construcción y servicios locales, fortaleciendo la economía del municipio de Ramos Arizpe y del estado de Coahuila.
- **Sustentabilidad Industrial:** Al permitir un manejo eficiente y normativo del agua de rechazo de ósmosis inversa, se asegura la continuidad operativa del Complejo Ramos Arizpe de General Motors. Esto protege las fuentes de empleo existentes y posiciona a la región como un referente en gestión hídrica industrial responsable.

Mejora de Infraestructura: El proyecto transforma un terreno de matorral secundario con señales de perturbación previa en una instalación de vanguardia técnica, contribuyendo a la modernización del paisaje industrial sin comprometer servicios ambientales únicos.

III.6.3.4. Pronostico ambiental

Tras el análisis exhaustivo de las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas para el proyecto **"LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS)"**, se concluye que el balance ambiental del proyecto es **positivo** y técnicamente sustentable. La implementación de estas acciones garantiza que las afectaciones sobre los componentes bióticos y abióticos no solo se minimicen, sino que, en casos críticos como el suelo y la biodiversidad, se genere una mejora respecto al escenario sin proyecto.

La viabilidad del proyecto se fundamenta en los siguientes pilares de mitigación:

- **Compensación biótica:** A pesar de la remoción de 21.23 ha de VSa/MDM, el compromiso de plantar **41,250 individuos vegetales** (18.700 mediante rescate y 22.550 por reforestación) asegura una densidad de 1.100 plantas/ha. Con una meta de supervivencia del **80%**, se proyecta el establecimiento exitoso de al menos **33,000 ejemplares** en un período de 5 años, salvaguardando especies bajo estatus de protección como *Mammillaria grusonii* y otras cactáceas.

- **Reversión de la degradación del suelo:** Mediante la construcción de **41,250 terrazas individuales** y obras de conservación, el proyecto mitigará la pérdida de **7,412.29 ton/año** de suelo. Esto transforma un sitio con erosión activa en un área bajo gestión técnica que estabiliza el sustrato y favorece la captación hídrica.
- **Gestión de fauna y atmósfera:** Los protocolos de ahuyentamiento asistido y acompañamiento de maquinaria, junto con la meta de **90% de eficacia en rescates**, aseguran la continuidad de la fauna local. Asimismo, el control estricto de velocidad (**20 km/h**) y riegos periódicos limitan la dispersión de partículas suspendidas a niveles irrelevantes.
- **Sustentabilidad hídrica e industrial:** La operación de las lagunas permitirá un manejo normativo y eficiente del agua de rechazo del Complejo Ramos Arizpe, protegiendo los acuíferos locales de descargas inadecuadas y fomentando una cultura de aprovechamiento industrial responsable.

Los impactos adversos identificados (emisión de polvos, ruido temporal y remoción de vegetación) son de carácter **fugaz, mitigable y localizados**. En contraste, los beneficios derivados de la estabilización de suelos, el rescate dirigido de germoplasma y la derrama económica regional presentan una trascendencia permanente.

El proyecto no representa un factor de desequilibrio ecológico para la región ecológica, ya que las medidas propuestas superan los umbrales de compensación exigidos por la normativa ambiental vigente (LGEEPA y LGDFS). Por lo tanto, se dictamina que el proyecto es **ambientalmente factible y congruente** con el desarrollo sustentable de la región de Ramos Arizpe, Coahuila.

A partir de la autoevaluación integral del proyecto y el análisis comparativo de los escenarios futuros (sin proyecto, con proyecto y con medidas de mitigación), se presenta el balance impacto-desarrollo que fundamenta la viabilidad ambiental de las "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa" en Ramos Arizpe, Coahuila.

El balance neto del proyecto demuestra una sinergia positiva entre la continuidad del desarrollo industrial de la región y la conservación ambiental dirigida. La operación de las lagunas de evaporación solar resuelve de manera definitiva una necesidad logística y ambiental crítica para el Complejo Ramos Arizpe de General Motors, dotándolo de una infraestructura de vanguardia y baja huella de carbono para el manejo normativo de sus aguas de rechazo. Esto consolida la sustentabilidad de la cadena de valor automotriz en el estado, salvaguardando empleos y fomentando la certidumbre económica local.

Desde la perspectiva ambiental, la perturbación inicial generada por la remoción de 21.23 hectáreas de Vegetación Secundaria de Matorral Desértico Micrófilo se encuentra plenamente justificada y compensada cuantitativa y cualitativamente a través de los pilares de mitigación técnica propuestos:

- **Modificación de los procesos naturales del ecosistema:** El sitio en su estado actual (escenario sin proyecto) exhibe una tendencia de degradación progresiva, caracterizada por una tasa de erosión activa de 2,704.67 ton/año y el aislamiento biológico de sus poblaciones de flora por la presión industrial circundante. La

introducción de las obras de conservación de suelos y la construcción de 41,250 terrazas individuales intervienen positivamente en la dinámica del terreno, revirtiendo la pérdida física de sustrato y reteniendo escurrimientos superficiales que favorecen la estabilidad del relieve local.

- **Ajustes microclimáticos y balance hídrico:** Si bien la condición de infiltración natural en la zona es nula debido a las altas tasas de evapotranspiración, la operación de los vasos de evaporación solar introducirá de forma pasiva una modulación climática local a través del incremento controlado de la humedad atmosférica por la evaporación de salmueras. Este fenómeno compensará la pérdida de la cobertura vegetal original, mitigando el estrés térmico en el área de influencia directa del proyecto.

- **Salvaguarda y fortalecimiento de la biodiversidad:** Los procesos biológicos no se verán fragmentados irreversiblemente; por el contrario, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora asegurará la supervivencia y el monitoreo formal de especies con estatus de protección especial, como la *Mammillaria grusonii*, dentro del polígono de reubicación. La meta de plantar y mantener un inventario de 33,000 ejemplares exitosos a 5 años (combinando rescate y reforestación dirigida) elevará la densidad vegetal de la zona a 1,100 plantas/ha, superando las condiciones de vigor de la biomasa degradada del escenario actual.

Los impactos ambientales negativos derivados del proyecto (tales como la emisión de partículas suspendidas y la generación de ruido por maquinaria) están estrictamente confinados a la fase de construcción, siendo de carácter temporal y mitigable mediante las buenas prácticas. En contraposición, los impactos positivos asociados con la detención de la erosión del suelo, la preservación dirigida de germoplasma y la garantía de sustentabilidad hídrica industrial para la región poseen un carácter permanente y de largo plazo para el ecosistema y la comunidad.

A manera de autoevaluación, **el proyecto no representa un factor de desequilibrio ecológico ni rebasa la capacidad de carga de la región ecológica**. Al haber integrado criterios ambientales desde su planeación e ingeniería conceptual, se concluye de forma concluyente que el proyecto es ambientalmente factible, técnicamente sustentable y congruente con las políticas de desarrollo sustentable dictadas por la legislación ambiental mexicana (LGEEPA y LGDFS).

Referencias

Altamirano Álvarez, T. N. (2017). Diversidad alfa y recambio de mamíferos en San José Deguedo, municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. *Redalyc*, 28, 19-34.

Altrichter, M., Taber, R., & Altrichter, H. (1998). Tamaño del área de distribución y uso de hábitat de los pecaríes de collar en la península de Yucatán. *Journal of Mammalogy*, 1111-1123.

Ares, M., & Varni, M. (30 de 08 de 2016). *¿Qué es la erosión hídrica y cómo la estudiamos en el IHLLA?* Obtenido de Instituto de Hidrología en Llanuras: https://www.unicen.edu.ar/content/%C2%BFqu%C3%A9-es-la-erosi%C3%B3n-h%C3%ADdrica-y-c%C3%B3mo-la-estudiamos-en-el-ihlla

Augusto, G. G., Oswaldo, T. H., Augusto, L. P., & Rafael, V. P. (s.f.). *La Delimitación de Sistema Ambiental y su función en las evaluaciones de Impacto Ambiental en Proyectos de Desarrollo*. Obtenido de INECOL: https://www.inecol.mx/index.php/divulgacion/ciencia-hoy/la-delimitacion-de-sistema-ambiental-y-su-funcion-en-las-evaluaciones-de-impacto-ambiental-en-proyectos-de-desarrollo

Balderas-Valdivia, C. J.-O.-S. (2009). Contribución a la historia natural de Crotalus molossus. *Laboratorio de Biodiversidad, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México.*, 363-369.

Bautista Hernández, C. E., Monks, S., & Pulido Flores, G. (2013). Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. *University of Nebraska - Lincoln*, 14.

Becerra, M. (1997). Erosión de suelos en México. *Universidad Autónoma de Chapingo*.

BOLFOR, Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.* Santa Cruz, Bolivia.

Caballero. (2016). *El relieve en curvas de nivel.* Obtenido de UNAM: https://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/Relieve&Topog.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (31 de 10 de 2014). *Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.* Obtenido de Diputados: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (20 de 05 de 2021). *Ley General de Vida Silvestre.* Obtenido de Diputados: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf

Caughley, G. (1997). *Análisis de poblaciones de vertebrados.* Londres: John Wiley and Sons.

CENAPRED. (2020). *Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país.* Obtenido de Subdirección de Riesgos Sísmicos : https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/210420_Informe_RS_CaracteristicasCFE2015.pdf

CENAPRED. (2020). *Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas*. Obtenido de Atlas Nacional de Riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html

CENAPRED. (s.f.). *Susceptibilidad por inestabilidad de laderas .* Obtenido de CENAPRED: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html

CIGA - UNAM. (s.f.). *Mina San Martín - Sabinas, Zacatecas*. Obtenido de Observatorio de paisajes sociales mineros : http://mineria.ciga.unam.mx/www-paisajesmineros/pags/minas/sanmartinzac.html

Colwell, R. (2013). Statistical Estimation of Species Richness and shared Species from samples.

Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 101-118.

CONAGUA. (2011). *Reporte del clima en México 2011.* Obtenido de Servicio Meteorológico Nacional: https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2011.pdf

CONAGUA. (2015). *Disponibilidad por acuíferos Zacatecas*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/zacatecas-74771

CONAGUA. (27 de 03 de 2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.* Obtenido de Diario Oficial de la Federación : https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#gsc.tab=0

CONAGUA. (2024). *Actualización de la disponibilidad de agua en el Acuífero Barreras, estado de Jalisco.* Obtenido de SIGAGIS CONAGUA: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/jalisco/DR_1441.pdf

CONAGUA. (2024). *Disponibilidad de acuíferos .* Obtenido de Aguas subterráneas : https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Disponibilidad_Acuiferos.html

Díaz, J. (23 de 03 de 2014). *Análisis de erosión de suelo*. Obtenido de Josue Tech.

Domínguez-Godoy M.A., H. R.-M.-P. (2020). Living on the edge: Lower thermal quality but greater survival probability at a high altitude mountain for the mesquite lizard (Sceloporus grammicus). *Elsevier*.

EJ Atlas. (2021). *Minera San Martín de Grupo México, Sombrerete, Zacatecas, México*. Obtenido de Global Atlas of Environmental Justice: https://ejatlas.org/conflict/minera-san-martin-de-grupo-mexico-en-sombrerete-zacatecas-mexico

Escobar, C., & Duque, G. (2017). *Erosión y movientos de masa .* Obtenido de Universidad Nacional de Colombia : https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/erosionymovimientosenmasa.pdf

FAO. (s.f.). *¿Qué es la topografía?* Obtenido de FAO: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s01.htm

FAO. (2006). World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. *FAO*.

FAO. (s.f.). *El suelo, diferencias entre su aspecto físico y químico .* Obtenido de https://www.fao.org/4/ah645s/AH645S04.htm

Fischer, T. B. (2002). *Strategic Environmental Assessment in Transport and Land Use Planning.* EarthScan.

FMCN, CONAFOR, USAID y USFS. (2018). *Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas.* México: BIOCOMUNI.

Forman, R. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions.* Cambridge University Press.

Forman, R., & Godron, M. (1986). Landscape ecology . *John Wiley & Sons*, New York .

García Dimas, J. J. (2023). *Efecto de la contaminación sonora sobre el desarrollo y comportamiento de Dryophytes arenicolor.* Dryophytes arenicolor: FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Gobierno de España. (s.f.). *¿Qué es la sequía?* Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Deomográfico: https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia.html

Gobierno de México. (2021). *Volcanes.* Obtenido de CENAPRED: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/160-FOLLETOVOLCANES.PDF

Harris, C. (1991). *Handbook og Acoustical Measurements and Noise Control.* McGraw-Hill.

Hernández , D., López , F., & Bonilla, M. (2018). Análisis preliminar de la dinámica de uso del suelo asociada al cultivo palma de aceite (Elaeis guineensis) en México. *Agrociencia*, Vol. 52 no. 6. Obtenido de Scielo.

Hernández. (1996). El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas. *Papales de población*, 17-20.

IBAÑEZ, J. J., & MANRÍQUEZ COSIO, F. J. (24 de Septiembre de 2010). *Un universo invisible bajo nuestros pies*. Obtenido de Regosoles en Latinoamérica: https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/09/24/136882#:~:text=Como%20se%20puede%20observar%2C%20los,el%20hombre%20en%20los%20mismos.

IMPLAN. (2020). *Atlas de Riesgos Bahía de Banderas .* Obtenido de Instituto Munipal de Planeación de Bahía de Banderas : https://rmgir.proyectomesoamerica.org/AtlasMunPDF/2020/18020_BAH%C3%8DA_DE_BANDERAS_2020.PDF

INEGI. (2007). *Conjunto Nacional de Información Edafológica. Serie II.* Obtenido de Unidades principales de suelo en México: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/recuadros/recuadro3_1.h

tml#:~:text=Los%20Luvisoles%20(del%20lat%C3%ADn%20luere,%2C%20e%C3%B3licos%2C%20aluviales%20y%20coluviales.

INEGI. (2011). *Diccionario de datos de Erosión de suelo .* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/diccionario/dicc_erosion/dicc_erosion.pdf

INEGI. (2011). *Guía para la interpretación cartográfica Edafología .* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825231606.pdf

INEGI. (2020). *México en cifras: San Martín, Sombrerete, Zacatecas*. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=320420116#collapse-Resumen

INEGI. (2020). *Panorama sociodemográfico de Zacatecas 2020.* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198053.pdf

INEGI. (2020). *Principales resultados por localidad (ITER) 2020*. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9

INEGI. (2022). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI Landsat .* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463908272.pdf

INEGI. (s.f.). *Fisiografía* . Obtenido de Geografía y Medio Ambiente : https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/#:~:text=Sistema%20de%20Topoformas.,patrones%20estructurales%20y%2Fo%20degradativos.

INEGI. (s.f.). *Glorsario de términos* . Obtenido de INEGI: https://cuentame.inegi.org.mx/glosario/c.aspx?tema=G

Kalta B., G. A. (2024). Mocking Bird (Mimus polyglottos) calls potentially confound acoustic indices of bird diversity and provide a potential heuristic to distinguish them. *MicroPubl Biol*.

Kaufman, K. (2005). *Guia de campo a las aves de Norteamérica.* Houghton Mifflin Harcourt.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology.* Paises bajos: Benjamin/Cummings.

Lamas, G., Robbins, R. K., & Harvey, D. J. (1991). A Preliminary Survey of the Butterfly Fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru, with an Estimate of its Species Richness. *Publicaciones del Museo de Historia Natural Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*, 40:1-19.

Magurran, A. E. (2013). *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Publishing.

Martín, B. (2014). *Tesis doctoral: Estudio sobre métodos de evaluación del paisaje y su potencial en la integración de las autopistas en el paisaje, nueva propuesta metodológica basada en sistemas de información geográfica y aplicación a autopistas en operación .* Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid : https://oa.upm.es/23191/1/Belen_Martin_Ramos.pdf

Maruri Aguilar, B., García Valdés, A., & Pineda López, R. (2013). *LAS AVES DEL JARDÍN BOTÁNICO REGINOAL DE CADEREYTA: UNA PRESENCIA INTERPERTADA.* Queretaro: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.

Meeus, J. (1995). Pan - European landscapes. *Landscape and Urban Planning* , 57-59.

MITECO. (s.f.). *Zonificación ambiental para energías renovables: Eólica y Fotovoltaica*. Obtenido de MITECO: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/zonificacion_ambiental_energias_renovables.html

Montes León, M., & Uribe Alcántara , E. M. (2011). Mapa Nacional de Erosión Potencial. *Tecnologías y Ciencias del Agua - Agroasemex S.A.*, 17.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1.* Zaragoza: GORFI, S.A.

Murie, O. y. (2005). *Field Guide to Animal Tracks.* Houghton Mifflin Harcourt.

NOAA. (2013). *Ciclones tropicales .* Obtenido de NOAA: https://www.weather.gov/media/owlie/ciclones_tropicales11.pdf

Pérez, G. (Mayo de 2020). *Definición de la línea base de degradación de la tierra en México a escala sub-nacional.* Obtenido de Universidad Autónoma de Chapingo: https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/aa2fadd6-a866-4263-b1ee-279799766436/content

Pla, L. (2006). BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. *Scielo*.

Price, A. H. (31 de octubre de 1980). *Crotalus molossus*. Obtenido de Redtox: https://redtoxdev.nmn.mx/especies/crotalus-molossus

Ramírez-Bautista, A. C.-M.-Q. (2006). Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. *Sociedad Herpetológica Mexicana*.

Ramírez-Bautista, A., Canseco-Márquez, L., & Mendoza-Quijano, F. (2006). *INVENTARIOS HERPETOFAUNÍSTICOS DE MÉXICO: AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE SU BIODIVERSIDAD.* México: SOCIEDAD HERPETOLÓGICA MEXICANA, A.C.

Rodríguez, H. (23 de 10 de 2023). *Volcanes: que son y como se forman*. Obtenido de National Geographic: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/volcanes-que-son-como-se-forman_18140

Ropero, S. (12 de 02 de 2020). *Erosión eólica: definición, tipos y ejemplos*. Obtenido de Ecología verde : https://www.ecologiaverde.com/erosion-eolica-definicion-tipos-y-ejemplos-2566.html

Sada, A., & Phillips, R. y. (1984). *Nombres en castellano para las aves mexicanas. Publicación de Divulgación No. 17.* México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Salgado, I. (27 de Febrero de 2015). *Mapache – Procyon lotor*. Obtenido de Vertebrados Ibéricos: https://digital.csic.es/bitstream/10261/112115/1/prolot_v1.pdf

Sánchez. (s.f.). *¿Qué son las inundaciones?* Obtenido de Floodup: http://www.floodup.ub.edu/inundaciones/

Sánchez, J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México.* México: Impresora Apolo.

Sánchez, L. E. (2008). *Environmental Impact Assessment: A Methodological Guide.* Springer.

Saúl Ugalde-Lezama, J. I.-H.-V.-C.-M. (2008). Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Scielo*.

Saviola, A. J. (2017). enotipos de veneno de la serpiente de cascabel de roca (Crotalus lepidus) y la serpiente de cascabel de nariz acanalada (Crotalus willardi) de México y Estados Unidos. *Toxicon*, 138, 119-129.

SECTUR. (2015). *Estudio Estratégico de Viabilidad del Segmento de Turismo Cinegético en México.* México: Asociación Nacional de Ganaderos.

SEDESOL - INE. (1998). *Memoria Técnica y Metodológica.* Obtenido de SEDESOL.

SEMARNAT. (2007). SUELOS. En SEMARNAT, *SUELOS DE MÉXICO* (págs. 120-154). MÉXICO: SEMARNAT. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

SEMARNAT. (2010). *Línea base para el monitoreo de lince (Lynx rufus escuinapae) y coyote (Canis latrans cagottis) en el Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl Zoquiapan.* México: COMISION NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS Dirección de Evaluación y Seguimiento.

SEMARNAT. (2018). *Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (Crotalus spp.).* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Seto, K., & Hutyra, L. (2011). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083-16088.

SGM. (2015). *¿Qué es la geología?* Obtenido de Servicio Geológico Mexicano : https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf

SHCP, Gobierno de Yucatán, ZEE. (2016). *Estudio de Impacto Ambiental.* Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/372098/TAREA_3._ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL.pdf

SIAP. (10 de 01 de 2019). *Cómo y dónde disfrutar la nieve en México* . Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: https://www.gob.mx/siap/articulos/como-y-donde-disfrutar-la-nieve-en-mexico?idiom=es

SMN CONAGUA. (2025). *Estatus del Niño - Oscilación del Sur (ENOS)*. Obtenido de Sistema Meteorológico Nacional: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/estatus-del-nino

Sociedad de Biología de Concepción. (1998). *BOLETIN DE LA SOCIEDAD DE BIOLOGÍA DE CONCEPCIÓN.* Chile: Universidad de Concepción.

SSN. (s.f.). *¿Qué es un sismo?* Obtenido de Servicio Sismológico Nacional : http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/

Sunny, A. G.-F. (2017). Potential distribution of the endemic imbricate alligator lizard (Barisia imbricata imbricata) in highlands of central Mexico. *Amphibia-Reptilia*, 225-231.

Swanwick, C. (2002). *Landscape Character Assessment Guidance.* The Countryside Agency.

Tarango , A. (2005). Problemática y alternativas de desarrollo de las zonas áridas y semiáridas de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 17 - 21.

Toribio, G. (2019). *NDVI, ¿qué es y para qué sirve?* Obtenido de Cursos Teledetección : https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/

UNAM. (2017). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen.* Obtenido de Instituto de Geografía.

VILLARREAL H., M. Á. (2006). *MANUAL DE MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE INVENTARIOS DE BIODIVERSIDAD.* Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CAPÍTULO IV.

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

SIN TEXTO

ÍNDICE

CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 1

IV.1 Identificación, caracterización, ponderación y evaluación de los impactos ambientales 1

IV.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 1

IV.1.2 Identificación de factores ambientales 2

IV.1.3 Indicadores de impactos 4

IV.1.4 Caracterización de los impactos 6

IV.1.5 Evaluación y justificación de la metodología seleccionada 22

IV.1.6 Valoración cuantitativa de los impactos 23

IV. 2 Identificación y descripción de acciones, medidas correctivas o estrategias a realizar para mitigar, restaurar y/o compensar los impactos ambientales 46

IV.3 Programa de Vigilancia Ambiental 55

IV.3.1 Medidas de Ubicación y de Diseño 57

IV.3.2 Procedimientos de Construcción y Operaciones 57

IV.3.3 Programas de Monitoreo. 61

IV.3.4 Impactos residuales 87

IV.3.5 Impactos acumulativos 87

IV.3.6 Planes de Contingencia y Respuesta de Emergencia. 88

IV.3.7 Medidas Socioeconómicas. 92

IV.3.8 Compensación por Pérdidas o Daños 94

IV. 4 Estudio de riesgo 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV. 1. Componentes del entorno. 2
Tabla IV. 2. Factores ambientales considerados para el análisis ambiental. 4
Tabla IV. 3. Lista de indicadores de impacto. 5
Tabla IV. 4. Matriz de impacto ambiental. 23
Tabla IV. 5. Resumen de resultados de la matriz de impacto ambiental. 23
Tabla IV. 6. Criterios para la valorización de los impactos ambientales. 25
Tabla IV. 7. Evaluación de los impactos ambientales del proyecto. 26
Tabla IV. 8. Resultados globales de la valoración de los impactos del proyecto. 30
Tabla IV. 9. Valoración de la intensidad de los impactos ambientales. 30
Tabla IV. 10. Evaluación de los impactos ambientales en la etapa de preparación del sitio. 31
Tabla IV. 11. Evaluación de los impactos ambientales en la construcción Etapa I, Etapa II y Etapa III. 31
Tabla IV. 12. Evaluación de los impactos ambientales en la operación y mantenimiento. 35
Tabla IV. 13. Evaluación de los impactos ambientales en el cierre y abandono del proyecto. 36
Tabla IV. 14. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales en la calidad del aire – Material particulado (TST, PM-10). 36
Tabla IV. 15. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la erosión del suelo. 37
Tabla IV. 16. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales de la calidad del aire – Emisiones (NOx, SOx, COx). 38

Tabla IV. 17. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en los niveles sonoros. 39
Tabla IV. 18. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales en la infiltración del agua. 40
Tabla IV. 19. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la distribución de unidades y profundidad del suelo. 40
Tabla IV. 20. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la cobertura y el potencial de erosión. 41
Tabla IV. 21. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en distribución espacial temporal de las especies de flora. 42
Tabla IV. 22. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la calidad y estrato fitosanitario. 42
Tabla IV. 23. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la distribución espacial temporal de fauna y su hábitat. 43
Tabla IV. 24. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en las cualidades estéticas del paisaje. 43
Tabla IV. 25. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la seguridad de los trabajadores. 44
Tabla IV. 26. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en el desarrollo económico. 44
Tabla IV. 27. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en empleos. 45
Tabla IV. 28. Medidas de prevención y mitigación para cada impacto ambiental. 47
Tabla IV. 29. Individuos propuestos para ser rescatados y reubicados. 61
Tabla IV. 30. Individuos propuestos por ser reforestados. 62
Tabla IV. 31. Recuperación de suelo con las medidas de mitigación propuestas. 70
Tabla IV. 32. Suelo por recuperar. 71
Tabla IV. 33. Agua que se infiltra y recupera con las medidas de mitigación. 74
Tabla IV. 34. Medidas aplicables para el impacto a la atmósfera. 76
Tabla IV. 35. Número de especies a reubicar y reforestar. 80
Tabla IV. 36. Individuos por rescatar y reubicar. 80
Tabla IV. 37. Número de terrazas por construir. 81
Tabla IV. 38. Individuos propuestos para ser reforestados. 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV. 1. Formato de control de especies reubicadas. 63
Figura IV. 2. Formato de registro de recorridos de ahuyentamiento. 66
Figura IV. 3. Formato de registros directos e indirectos de fauna. 67
Figura IV. 4. Formato de registro de sitios de trampeo. 67
Figura IV. 5. Formato de registro de captura. 68
Figura IV. 6. Secuencia de las actividades de manejo de residuos. 72
Figura IV. 7. Formato de mantenimiento de vehículos. 78
Figura IV. 8. Formato de revisión del kit antiderrame. 78

CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1 Identificación, caracterización, ponderación y evaluación de los impactos ambientales

En el Capítulo anterior se realizó una descripción de la situación actual de los recursos ambientales y socioeconómicos existentes en la zona donde se pretende la construcción del proyecto. En el presente Capítulo se identifican los Factores ambientales que serán afectados y sus respectivos Indicadores de impacto; posteriormente se evalúa el impacto previsto por el desarrollo de las actividades y obras del Proyecto sobre dichos recursos, pudiéndose generar nuevas afectaciones al ambiente y/o contribuir en la consolidación de los procesos de cambio existentes.

IV.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

La selección de la metodología, así como el desarrollo del procedimiento para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se realizó con un enfoque interdisciplinario, mediante un grupo de especialistas que proporcionaron su juicio profesional para el análisis de las interacciones de las obras y actividades en el contexto de las condiciones actuales de la Región Ecológica y de los procesos existentes de modificación del entorno natural.

La metodología empleada requiere una secuencia de pasos que en esencia conducen progresivamente de una revisión general a un análisis particular y detallado, a través de la fragmentación y reagrupamiento en conjuntos cada vez más reducidos de los elementos que interactúan e influyen en la estimación o previsión de los impactos, como lo son las obras/actividades del proyecto, por etapas, y los factores representativos de cada uno de los componentes ambientales.

Así, el primer paso del procedimiento consiste en una estimación general de las alteraciones que ocasionará el desarrollo del Proyecto en su conjunto, dentro de la cuenca hidrográfica, cuyas características físicas (bióticas, abióticas, perceptuales) y socioeconómicas han sido analizadas anteriormente.

Cabe mencionar que, para el análisis estructurado del medio fue dividido en dos sistemas: físico y socioeconómico, y cinco subsistemas: inerte, biótico, perceptual, sociocultural y económico. A cada uno de estos Subsistema pertenecen una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, es decir, los elementos o cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por las acciones impactantes del Proyecto.

Tabla IV. 1. Componentes del entorno.

Sistema	Subsistema	Componente ambiental
Medio Físico	Medio Inerte	Atmósfera
		Geomorfología
		Hidrología
		Suelo
	Medio biótico	Flora
		Fauna
	Pedio perceptual	Paisaje
Medio socioeconómico	Medio sociocultural	Infraestructura
		Cultura
	Medio económico	Medio socioeconómico

Con una noción muy general de las alteraciones esperadas, el siguiente paso del procedimiento consiste en el acotamiento del universo de análisis, es decir, la delimitación espacial del entorno, definiendo Factores ambientales para el análisis de cada Componente, así como Indicadores de impacto para cada Factor. A partir de ello, y analizando ahora las obras y actividades del Proyecto clasificadas en la etapa de operación se identifican de manera cualitativa los impactos ambientales.

Seguido de esto, se determina la importancia de cada uno de los impactos identificados, utilizando las matrices de causa–efecto para cada etapa del proyecto (en este caso únicamente operación), mediante las cuales se efectúa una evaluación cuantitativa y más refinada de los impactos.

Posteriormente, se realiza una valoración de los impactos ponderando su valor de importancia y considerando el peso relativo de cada uno de los factores afectados en la cuenca hidrográfica, utilizando para ello una sola matriz para las etapas del proyecto (matriz de ponderados). Finalmente, se interpretan y se describen los principales impactos que generará el proyecto, presentándolos tanto por etapas como por componente ambiental.

A continuación, se desarrolla paso a paso la metodología seleccionada para identificar y evaluar los impactos ambientales.

IV.1.2 Identificación de factores ambientales

A fin de volver más específica y puntual la estimación general de impactos, se deben identificar aspectos característicos y representativos de los componentes ambientales, denominados como Factores Ambientales, de manera que el análisis de las interacciones entre proyecto y medio ambiente se haga a un nivel de mayor detalle. Para cada componente ambiental se identificaron y seleccionaron los principales Factores ambientales susceptibles de ser afectados a consecuencia del desarrollo del Proyecto, durante sus etapas de Preparación del sitio, Operación y mantenimiento y etapa de Cierre Operativo, se considera como un complemento a manera de plasmar la potencial integración de la obra al entorno natural.

Los factores ambientales fueron identificados de acuerdo con los siguientes criterios:

- Ser objetivos.
- Ser representativos del entorno.

- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- Ser de fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica (ubicables) o de trabajos de campo.
- Ser de fácil cuantificación (mesurables), dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles y habrá que recurrir a modelos de cuantificación específicos.
- Con capacidad para determinar el momento en el que se presenta.

De los Factores ambientales identificados se seleccionaron aquellos potencialmente afectados por las actividades del Proyecto “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA”, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Extensión: área de influencia en relación con el entorno.
- Complejidad: compuesto de elementos diversos.
- Rareza: no frecuente en el entorno.
- Representatividad: carácter simbólico, incluye el carácter endémico.
- Naturalidad: natural, no artificial.
- Abundancia: en gran cantidad en el entorno.
- Diversidad: abundancia de elementos distintos en el entorno.
- Estabilidad: permanencia en el entorno, firmeza.
- Singularidad: valor adicional por la condición de distinto o distinguido.
- Irreversibilidad: imposibilidad de que cualquier alteración sea asimilada por el medio debido a mecanismos de autodepuración.
- Fragilidad: endebles, vulnerabilidad y carácter perecedero de cualquier factor.
- Continuidad: necesidad de conservación.
- Insustituibilidad: imposibilidad de ser remplazado.
- Clímax: proximidad al punto de más alto valor ambiental de un proceso.
- Interés ecológico: por su peculiaridad ecológica.
- Interés histórico-cultural: por su peculiaridad histórico-monumental-cultural.
- Interés individual: por su peculiaridad a título individual.
- Dificultad de conservación: dificultad de subsistencia en buen estado.
- Significación: importancia para la zona del entorno.

Los Factores ambientales seleccionados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV. 2. Factores ambientales considerados para el análisis ambiental.

Componente ambiental	Factor ambiental
Atmósfera	Calidad del aire – Material particulado (PST, PM-10)
	Calidad del aire – Emisiones (NOx, SOx, COx)
	Niveles sonoros
	Niveles lumínicos
Geomorfología	Topografía
Hidrología	Cauces (ocupación y/ modificación)
	Calidad del agua superficial – Materia Orgánica
	Calidad del agua superficial – Sedimentos
	Infiltración
Suelo	Distribución de unidades y profundidad
	Potencial de Erosión
	Cobertura
Flora	Distribución espacial y temporal
	Calidad y estado fitosanitario
Fauna	Distribución espacial y temporal
	Hábitat
	Especies protegidas
Paisaje	Cualidades estéticas
	Continuidad paisajística y visibilidad
Infraestructura	Servicios e infraestructura
Cultural	Capacitación, educación y programas
Medio Económico	Desarrollo económico
	Uso del territorio para actividades productivas
	Vocación del suelo

IV.1.3 Indicadores de impactos

Una vez identificados los factores del medio susceptibles de ser impactados por las obras y actividades del Proyecto, se procedió al reconocimiento de sus indicadores ambientales.

En el presente estudio, se entiende por Indicador de Impacto Ambiental, los elementos cuantificables que en su conjunto son el mecanismo que permite medir el impacto comparando el valor del indicador “con” y “sin” Proyecto; lo que arroja un valor numérico para cada uno de los impactos sobre los Factores ambientales.

La identificación de los indicadores de impacto ambiental del Proyecto se hizo con base en los siguientes criterios de identificación:

- Tener representatividad y relevancia respecto al impacto de la obra
- Ser medibles en términos cuantitativos
- Ser cuantificables
- De fácil identificación

Los Indicadores ambientales identificados se muestran en Tabla IV.3, conforme el factor al cual se les atribuyen, y fueron utilizados de forma variable y en la medida en la que fue posible cuantificarlos y/o llevar a cabo estimaciones que permitieran dimensionar la actividad o potencial afectación, para la valoración de cada uno de los impactos ambientales.

Tabla IV. 3. Lista de indicadores de impacto.

Componente ambiental	Factor	Indicador Ambiental
Atmósfera	Calidad del aire Material particulado (PST, PM_{10})	Número de unidades móviles
		Tamaño de unidades móviles
		Cantidad y/o intensidad de movimientos de tierras
	Calidad del aire Emisiones (NO_X, SO_X, CO_X)	Número de unidades móviles
		Tamaño de unidades móviles
		Número de fuentes fijas
		Turnos laborados
	Niveles sonoros	Cantidad y tipo de equipos utilizados
		Tipo de maniobra (mecánica, explosivos, etc.)
		Presencia humana
	Niveles lumínicos	Cantidad de fuentes emisoras de luz
Geomorfología	Topografía	Pendientes
		Curvas de nivel (corte, excavación, relleno, apilamiento)
Hidrología	Cauces (ocupación y modificación)	Geomorfología de cauce
		Escorrentía (relleno, desviación, cortes)
		Zona Federal
	Calidad del agua superficial – Materia Orgánica	Cantidad de MO de desmonte (superficie desmontada)
		Contenidos de materia orgánica en suelos
		Arrastres de materiales
	Calidad del agua superficial – Sedimentos	Cantidad de SST y SDT
		Acumulación de sedimentos en cauces de cuenca de captación
	Infiltración	Área de captación por nanocuenca
		Pendiente
		Permeabilidad
		Textura de suelo
Suelo	Distribución de unidades y profundidad	Tipo y profundidad efectiva del suelo
	Potencial de Erosión	Superficies estables
		Superficies con potencial
		Superficies erosionadas
	Cobertura del suelo	Extensión de cobertura de tipos de suelos
Flora	Distribución espacial y temporal	Clasificación
	Calidad y estado fitosanitario	Presencia de especies invasoras
		Vitalidad de vegetación natural
Fauna	Distribución espacial y temporal	Localización potencial de fauna silvestre
	Hábitat de fauna	Integridad estimada de hábitat
		Conectividad del hábitat (barreras físicas)
	Especies protegidas	Especies protegidas por la NOM-059
		Especies de interés internacional (CITES)
		Especies de limitado movimiento
		Especies Migratorias
Paisaje	Cualidades estéticas	Estimación de cualidades escénicas de sitio o zona
	Continuidad paisajística y visibilidad	Estimación cualitativa
		Cuenca visual
Infraestructura	Servicios e infraestructura	Infraestructura únicamente para el promovente
Cultura	Capacitación, educación y programas	Programas
		Apoyos
		Capacitación/Educación
		Talleres
Medio Económico	Desarrollo económico	Número de empleos directos generados
		Número de empleos indirectos generados
		Derrama económica

Componente ambiental	Factor	Indicador Ambiental
		Recaudación
	Uso del territorio para actividades productivas	Actividad
		Intensidad
	Vocación del suelo	Uso potencial al final de cada etapa: Agrícola, Pecuaria, Habitacional, Industrial, Vida Silvestre

IV.1.4 Caracterización de los impactos

Se llevará a cabo un listado de impactos ambientales **más significativos** en cada etapa del proyecto y de cada actividad. La identificación de los impactos ambientales permitirá determinar cuáles actividades del proyecto", tienen potencial para producir alteraciones en los componentes ambientales de su área de influencia.

Elementos impactantes del Proyecto.

La identificación de los impactos ambientales permitirá determinar cuáles actividades del proyecto tienen potencial para producir alteraciones en los componentes ambientales de su área de influencia.

Actividades en cada etapa del proyecto

Etapa de Preparación del sitio

Las actividades generales por realizar durante la etapa de preparación de sitios son:

- Gestión previa y liberación del predio.
- Señalización y delimitación del área de trabajo.
- Habilitación de accesos temporales.
- Instalación de campamento y áreas provisionales.
- Instalación de servicios provisionales.
- Implementación del programa de seguridad y salud.
- Movilización de maquinaria pesada.
- Inspección ambiental y técnica previa a construcción.

Etapa I Construcción (Estanques: G, H, I, J)

Las actividades generales por realizar durante la Etapa I de construcción son:

- Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.
- Instalación de obras y señalización.
- Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.
- Despalme y limpieza del sitio.
- Excavación masiva (aprox. 180,000 m^3).
- Acarreo de material excedente.
- Formación de terraplenes (aprox. 120,000 m^3).
- Compactación al 95% Proctor.

- Trazo fino y nivelación final.
- Caminos de servicio (tierra compactada).
- Zanja pluvial y obras de drenaje.
- Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.
- Instalación de tubería de PVC 150mm
- Pozo de inspección y control de niveles.
- Cerco perimetral malla ciclónica
- Pruebas, ajustes y puesta en operación

Etapa II Construcción (Estanques: B, C, D, E, F)

Las actividades generales por realizar durante la Etapa II de construcción son:

- Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.
- Instalación de obras y señalización.
- Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.
- Despalme y limpieza del sitio.
- Excavación masiva (aprox. 180,000 m^3).
- Acarreo de material excedente.
- Formación de terraplenes (aprox. 120,000 m^3).
- Compactación al 95% Proctor.
- Trazo fino y nivelación final.
- Caminos de servicio (tierra compactada).
- Zanja pluvial y obras de drenaje.
- Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.
- Instalación de tubería de PVC 150mm
- Pozo de inspección y control de niveles.
- Cerco perimetral malla ciclónica
- Pruebas, ajustes y puesta en operación

Etapa III Construcción (Estanque: K)

Las actividades generales por realizar durante la Etapa III de construcción son:

- Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.
- Instalación de obras y señalización.
- Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.
- Despalme y limpieza del sitio.
- Excavación masiva (aprox. 180,000 m^3).
- Acarreo de material excedente.
- Formación de terraplenes (aprox. 120,000 m^3).
- Compactación al 95% Proctor.
- Trazo fino y nivelación final.
- Caminos de servicio (tierra compactada).
- Zanja pluvial y obras de drenaje.
- Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.
- Instalación de tubería de PVC 150mm

- Pozo de inspección y control de niveles.
- Cerco perimetral malla ciclónica
- Pruebas, ajustes y puesta en operación

Etapa de Operación y mantenimiento

Las actividades generales por realizar durante la etapa de Operación y mantenimiento son:

- Gestión de entradas y nivel de agua.
- Control y gestión de monitoreo de parámetros ambientales.
- Prevención de contaminación y fugas.
- Revisión de revestimiento.
- Gestión de sedimentos y sales.
- Control de vegetación y plagas.
- Inspección de equipos auxiliares.

Etapa de Abandono del sitio

Las actividades generales por realizar durante la etapa de Abandono del sitio son:

- Cese ordenado de operaciones.
- Gestión final de la salmuera residual
- Manejo y disposición de sales y sedimentos
- Desmantelamiento de infraestructura.
- Retiro o neutralización del sistema de impermeabilización.
- Rehabilitación del suelo.
- Restauración ambiental del sitio.
- Monitoreo post-cierre.
- Documentación y cierre administrativo.

Identificación de los impactos ambientales que se pudieran presentar en cada etapa del proyecto

Etapa de Preparación del sitio

- **Gestión previa y liberación del predio.** (Sin impacto significativo).
- **Señalización del área de trabajo.**

1) Impacto ambiental **negativo y poco significativo** debido a la afectación de la vegetación por el estacado para señalar las áreas delimitadas.

2) El impacto ambiental es **positivo y medianamente significativo** debido a que se pudiera afectar el hábitat **de la fauna** en terrenos aledaños, en especial especies protegidas existentes.

- **Habilitación de accesos temporales.**

3) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la vegetación en el área de los accesos temporales.

- **Instalación de campamento y áreas provisionales.**

4) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la vegetación en el área de los campamentos y áreas provisionales.

- **Instalación de servicios provisionales.**

5) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan por el tránsito de vehículos que acarrean el material para los servicios provisionales.

- **Implementación del programa de seguridad y salud**.

6) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitan accidentes que pudieran afectar a los trabajadores.

- **Implementación del programa ambiental.**

7) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación a la biodiversidad de la zona aledaña.

8) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación a la atmósfera por la excesiva generación de partículas al ambiente.

9) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación al suelo por el manejo indebido de residuos orgánico y de la construcción.

10) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación al paisaje por el amontonamiento de materiales sobrantes.

- **Movilización de maquinaria pesada.**

11) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan por el traslado de la maquinaria pesada al sitio del proyecto.

12) Impacto ambiental **positivo** debido a la contratación de maquinaria pesada para los trabajos de construcción del proyecto generando derrama económica.

- **Inspección ambiental y técnica previa a la construcción.**

13) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la afectación de la biodiversidad en caso de encontrarse alguna especie de lento desplazamiento en el sitio removido de vegetación.

14) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal técnico para la inspección ambiental y técnica.

Etapa I Construcción (Estanques: G, H, I, J)

- **Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.**

15) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal técnico especializado para realizar los trabajos de trazo y topografía.

- **Instalación de obras y señalización.**

16) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal profesional y técnico especializado y trabajadores para la mano de obra.

17) Impacto ambiental **positivo** debido a que se colocarán señalamientos de precaución y avisos para operar de manera segura y confiable durante los trabajos de la construcción.

- **Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.**

18) Impacto ambiental **positivo** debido al ahuyentamiento de la fauna existente en el sitio, principalmente a la de lento desplazamiento.

19) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de fauna especialmente la de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

20) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de fauna.

21) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de las especies vegetales susceptibles de ser rescatadas que tengan altas posibilidades de sobrevivencia.

22) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de especies de flora especialmente las de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

23) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de flora.

24) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de fauna.

25) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de flora, lo que representa bienestar para la población.

- **Despalme y limpieza del sitio.**

26) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se genera erosión del suelo desnudo debido a la remoción de la vegetación.

27) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la infiltración de agua al subsuelo por la ausencia de las raíces de la vegetación removida.

28) Impacto ambiental **positivo** debido a que los residuos vegetales del despalme se retiran en las actividades de limpieza y podrán ser utilizados sustrato para mejorar la capacidad nutricional del suelo que se utilizará para plantar las especies vegetales rescatadas.

29) Impacto ambiental **positivo** debido a que mejorando la capacidad nutricional del suelo se favorecen las posibilidades de sobrevivencia de las especies rescatadas.

- **Excavación masiva.**

30) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan erosión y durante las actividades de excavación.

31) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación con la maquinaria pesada.

32) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la operación de la maquinaria pesada

33) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación.

- **Acarreo de material excedente.**

34) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se genera el tránsito de vehículos de carga pesada que acarrearán el material excedente.

35) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante el acarreo del material excedente.

36) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por los camiones de carga pesada que acarrearán el material excedente.

37) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará camiones de carga pesada para transportar el material excedente.

- **Formación de terraplenes.**

38) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos que se generan durante las actividades de formación de terraplenes.

39) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria que formará los terraplenes.

40) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos producidos (NOx, SOx, CO_X) por la operación de la maquinaria pesada para conformar los terraplenes.

- **Compactación al 95% Proctor.**

41) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos que se generan durante las actividades de compactación.

42) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación del suelo.

- **Trazo fino y nivelación final.**

43) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de la nivelación final.

44) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la nivelación final.

- **Caminos de servicio (tierra compactada).**

45) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos que se generan durante las actividades de compactación de caminos.

46) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación de caminos.

- **Zanja pluvial y obras de drenaje.**

47) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de excavación de la zanja pluvial.

48) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

49) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la excavación de la zanja pluvial y drenaje.

50) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

- **Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.**

51) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de geomembrana.

52) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la geomembrana.

53) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del suelo por la infiltración de agua residual.

54) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del acuífero por la trasminación de agua residual que contendrán los estanques de evaporación G, H, I, J.

- **Instalación de tubería de PVC 150mm**

55) Impacto ambiental **positivo debido** a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de tubería de PVC.

56) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la tubería de PVC.

- **Pozo de inspección y control de niveles.**

57) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contará con los dispositivos necesarios para evitar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el subsuelo.

58) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contará con los equipos para detectar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el acuífero subterráneo.

- **Cerco perimetral malla ciclónica**

59) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de la malla ciclónica.

60) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la malla ciclónica.

- **Pruebas, ajustes y puesta en operación**

61) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para la puesta en operación de los estanques de evaporación.

Etapa II Construcción (Estanques: B, C, D, E, F)

- **Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.**

62) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal técnico especializado para realizar los trabajos de trazo y topografía.

- **Instalación de obras y señalización.**

63) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal profesional y técnico especializado y trabajadores para la mano de obra.

64) Impacto ambiental **positivo** debido a que se colocarán señalamientos de precaución y avisos para operar de manera segura y confiable durante los trabajos de la construcción.

- **Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.**

65) Impacto ambiental **positivo** debido al ahuyentamiento de la fauna existente en el sitio, principalmente a la de lento desplazamiento.

66) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de fauna especialmente la de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

67) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de fauna.

68) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de las especies vegetales susceptibles de ser rescatadas que tengan altas posibilidades de sobrevivencia.

69) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de especies de flora especialmente la de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

70) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de flora.

71) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de fauna.

72) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de flora.

- **Despalme y limpieza del sitio.**

73) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se genera erosión del suelo debido a la remoción de la vegetación.

74) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la infiltración de agua al subsuelo por la ausencia de las raíces de la vegetación removida.

75) Impacto ambiental **positivo** debido a que los residuos vegetales del despalme se retiran en las actividades de limpieza y podrán ser utilizados sustrato para mejorar la capacidad nutricional del suelo que se utilizará para plantar las especies vegetales rescatadas.

76) Impacto ambiental **positivo** debido a que mejorando la capacidad nutricional del suelo se favorecen las posibilidades de sobrevivencia de las especies rescatadas.

- **Excavación masiva.**

77) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan erosión eólica durante las actividades de excavación.

78) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación con la maquinaria pesada.

79) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la operación de la maquinaria pesada.

80) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación.

- **Acarreo de material excedente.**

81) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se genera el tránsito de vehículos de carga pesada que acarrearán el material excedente.

82) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante el acarreo del material excedente.

83) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NO_x,SO_x,CO_X) producidos por los camiones de carga pesada que acarrearán el material excedente.

84) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará camiones de carga pesada para transportar el material excedente.

- **Formación de terraplenes.**

85) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de formación de terraplenes.

86) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria que formará los terraplenes.

- **Compactación al 95% Proctor.**

87) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos que se generan durante las actividades de compactación.

88) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación del suelo.

- **Trazo fino y nivelación final.**

89) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de la nivelación final.

90) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la nivelación final.

- **Caminos de servicio (tierra compactada).**

91) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de compactación de caminos.

92) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación de caminos.

- **Zanja pluvial y obras de drenaje.**

93) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST,

PM_{10}) que se generan durante las actividades de excavación de la zanja pluvial.

94) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

95) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la excavación de la zanja pluvial y drenaje.

96) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

- **Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.**

97) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación del revestimiento.

98) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la geomembrana.

99) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del suelo por la infiltración de agua residual.

100) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del acuífero por la trasminación de agua residual que contendrán los estanques de evaporación G, H, I, J.

- **Instalación de tubería de PVC 150mm**

101) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de tubería de PVC.

102) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la tubería de PVC.

- **Pozo de inspección y control de niveles.**

103) Impacto ambiental **positivo debido** a que se contará con los dispositivos necesarios para evitar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el subsuelo.

104) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contará con los equipos para detectar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el acuífero subterráneo.

- **Cerco perimetral malla ciclónica**

105) Impacto ambiental **positivo debido** a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de la malla ciclónica.

106) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra

de la malla ciclónica.

- **Pruebas, ajustes y puesta en operación**

107) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para la puesta en operación de los estanques de evaporación.

Etapa III Construcción (Estanques: K)

- **Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía.**

108) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal técnico especializado para realizar los trabajos de trazo y topografía.

- **Instalación de obras y señalización.**

109) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contrata personal profesional y técnico especializado y trabajadores para la mano de obra.

110) Impacto ambiental **positivo** debido a que se colocarán señalamientos de precaución y avisos para operar de manera segura y confiable durante los trabajos de la construcción.

- **Ejecución de CUSTF: Recorridos de ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de flora y fauna.**

111) Impacto ambiental **positivo** debido al ahuyentamiento de la fauna existente en el sitio, principalmente a la de lento desplazamiento.

112) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de fauna especialmente la de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

113) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de fauna.

114) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de las especies vegetales susceptibles de ser rescatadas que tengan altas posibilidades de sobrevivencia.

115) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de especies de flora especialmente la de peligro de extinción en caso de existir en el sitio del proyecto.

116) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la pérdida de biodiversidad de flora.

117) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de fauna.

118) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal técnico especializado para realizar las actividades de rescate de flora.

- **Despalme y limpieza del sitio.**

119) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos que se genera erosión del suelo suelto debido a la remoción de la vegetación.

120) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la infiltración de agua al subsuelo por la ausencia de las raíces de la vegetación removida.

121) Impacto ambiental **positivo** debido a que los residuos vegetales del despalme se retiran en las actividades de limpieza y podrán ser utilizados sustrato para mejorar la capacidad nutricional del suelo que se utilizará para plantar las especies vegetales rescatadas.

122) Impacto ambiental **positivo** debido a que mejorando la capacidad nutricional del suelo se favorecen las posibilidades de sobrevivencia de las especies rescatadas.

- **Excavación masiva.**

123) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan erosión eólica durante las actividades de excavación.

124) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación con la maquinaria pesada.
125) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la operación de la maquinaria pesada

126) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación.

- **Acarreo de material excedente.**

127) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se genera el tránsito de vehículos de carga pesada que acarrearán el material excedente.

128) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante el acarreo del material excedente.

129) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por los camiones de carga pesada que acarrearán el material excedente.

130) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará camiones de carga pesada para transportar el material excedente.

- **Formación de terraplenes.**

131) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de formación de terraplenes.

132) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria que formará los terraplenes.

- **Compactación al 95% Proctor.**

133) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de compactación.

134) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación del suelo.

- **Trazo fino y nivelación final.**

135) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de la nivelación final.

136) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la nivelación final.

- **Caminos de servicio (tierra compactada).**

137) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de compactación de caminos.

138) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido por la maquinaria utilizada para la compactación de caminos.

- **Zanja pluvial y obras de drenaje.**

139) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por los polvos (PST, PM_{10}) que se generan durante las actividades de excavación de la zanja pluvial.

140) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación del ruido producido durante las actividades de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

141) Impacto ambiental **negativo** debido a la afectación de la atmósfera por la generación de contaminantes hidrocarburos (NOx, SOx, CO_X) producidos por la excavación de la zanja pluvial y drenaje.

142) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para los trabajos de excavación de la zanja pluvial y drenaje.

- **Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm.**

143) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de geomembrana.

144) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la geomembrana.

145) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del suelo por la infiltración de agua residual.

146) Impacto ambiental **positivo** debido a que se está evitando la contaminación del acuífero por la trasminación de agua residual que contendrán los estanques G, H, I, J.

- **Instalación de tubería de PVC 150mm**

147) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de tubería de PVC.

148) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la tubería de PVC.

- **Pozo de inspección y control de niveles.**

149) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contará con los dispositivos necesarios para evitar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el subsuelo.
150) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contará con los equipos para detectar cualquier fuga que se pudiera presentar contaminando así el acuífero subterráneo.

- **Cerco perimetral malla ciclónica**

151) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará una empresa especializada para los trabajos de instalación de la malla ciclónica.

152) Impacto ambiental **positivo** debido a la derrama económica que representa la compra de la malla ciclónica.

- **Pruebas, ajustes y puesta en operación**

153) Impacto ambiental **positivo** debido a que se contratará personal especializado para la puesta en operación de los estanques de evaporación.

Etapa de Operación y mantenimiento.

- **Gestión de entradas y nivel de agua.**

154) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la contaminación del suelo por un posible derrame de agua residual industrial.

- **Control y gestión de monitoreo de parámetros ambientales.**

155) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la contaminación de aire debido a la emisión de polvos por la evaporación del agua residual industrial.

- **Prevención de contaminación y fugas.**

156) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evita la contaminación por filtración de salmuera al manto acuífero en caso de presentarse cualquier fuga del agua residual industrial.

- **Revisión de revestimiento.**

157) Impacto ambiental **positivo** debido a que se previene la contaminación del suelo debido en caso de presentarse alguna perforación por desgaste o ruptura del revestimiento del estanque solar.

- **Gestión de sedimentos y sales.**

158) Impacto ambiental **positivo** debido a que se garantiza el sistema e infraestructura conserven su capacidad de eficiencia operativa, evitando la contaminación del subsuelo

- **Control de vegetación y plagas.**

159) Impacto ambiental **positivo debido** a que se evitará la pérdida de especies de flora que pudieran encontrarse en el perímetro del estanque durante el periodo de operación.

- **Inspección de equipos auxiliares.**

160) No presenta un impacto ambiental significativo.

Etapa de Cierre y abandono del proyecto

- **Cese ordenado de operaciones.**

161) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la contaminación del suelo por líquidos remanentes sin derrames residuales.

- **Gestión final de la salmuera residual.**

162) Impacto ambiental **positivo** debido a que se verificará la ausencia de escurrimientos superficiales o infiltraciones que afectarían al suelo y subsuelo.

- **Manejo y disposición de sales y sedimentos**

163) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la contaminación del **suelo** ya que de las ventas cristalizadas, lodos y sedimentos acumulados en el fondo del estanque. El material será transportado y dispuesto en sitios autorizados por la autoridad competente.

- **Desmantelamiento de infraestructura.**

164) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación al **paisaje,** ya que se realizará la separación técnica de materiales reciclables, como acero y plásticos, y se gestionará la disposición final adecuada de los escombros restantes, asegurando que el área quede libre de elementos operativos y residuos de construcción.

- **Retiro o neutralización del sistema de impermeabilización.**

165) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la contaminación del **suelo** debido a que se neutralizará el sistema de impermeabilización y de que llevará a un sitio de confinamiento final cumpliendo con la normatividad de residuos.

- **Rehabilitación del suelo.**

166) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la afectación **al suelo** realizando las actividades necesarias para recuperar las condiciones de estabilidad y facilitar su integración con el entorno natural.

- **Restauración ambiental del sitio.**

167) Impacto ambiental **positivo** debido a que hará la reforestación del sitio con especies nativas y compatibles con el uso de suelo.

- **Monitoreo post-cierre.**

168) Impacto ambiental **positivo** debido a que se evitará la contaminación del suelo y aguas subterráneas con la implementación del Programa de Vigilancia ambiental.

En ese sentido, se construye la matriz de impacto ambiental de Leopold modificada para conocer los impactos **más significativos,** haciendo el **análisis cualitativo.**

IV.1.5 Evaluación y justificación de la metodología seleccionada

El método de evaluación se basó en comparar la cantidad de impactos adversos (-) contra la cantidad de benéficos (+), evaluando numéricamente el impacto global, para así tomar la decisión del impacto general del proyecto.

La magnitud y característica de los impactos ambientales generados por actividad se muestran a continuación en la matriz de impacto ambiental.

La matriz de impacto ambiental nos da un total de **1728 intersecciones** que generan **168** posibilidades de impacto. De las cuales **28** posibilidades se identifican como **adversas** y **54** como benéficas.

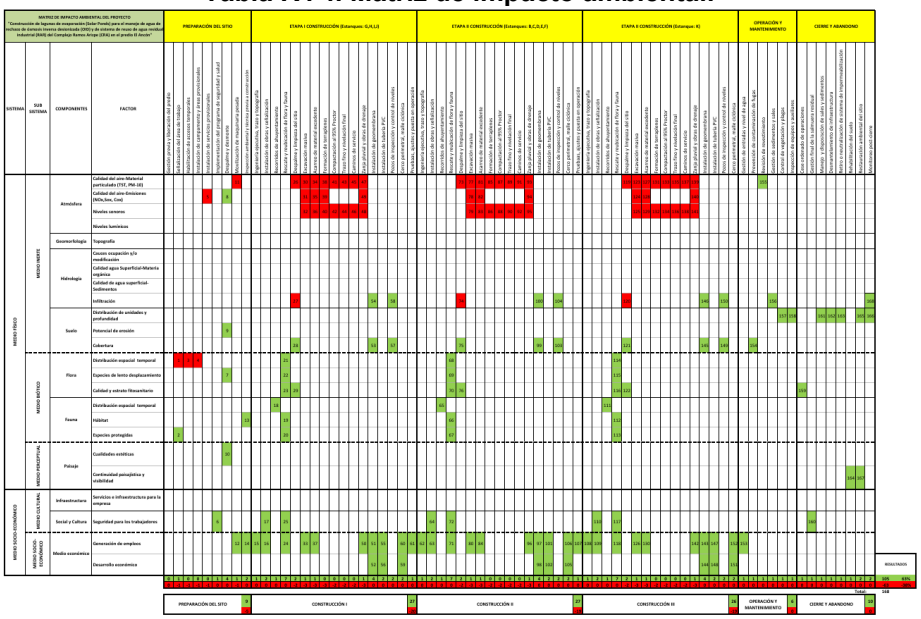
Durante la etapa de preparación del sitio se presentan **11** impactos adversos y **38** benéficos, dándonos un total de **49** impactos. El principal impacto se da por la remoción de la vegetación y del suelo, estos son permanentes.

En la construcción se generarán **13** adversos y **7** benéficos, **20** en total. En su mayoría los impactos adversos se dan por la contaminación a la atmósfera en zona y los benéficos corresponden al derrame económico.

En la Puesta en marcha se generarán 4 adversos y 9 benéficos, 13 en total. En su mayoría los impactos adversos se dan por la contaminación a la atmósfera en zona y los benéficos corresponden a la seguridad que se refleja en bienestar de la población.

En el **Anexo IV. 01** se presenta la matriz de impactos.

Tabla IV. 4. Matriz de impacto ambiental.



Resultados de la Matriz de Impacto Ambiental

Debido a que el **63%** de los **impactos son benéficos** y **38%** adversos como a continuación, **se puede concluir que el impacto global de la obra es benéfico.**

Tabla IV. 5. Resumen de resultados de la matriz de impacto ambiental.

PREPARACIÓN DEL SITO	9	CONSTRUCCIÓN I	27	CONSTRUCCIÓN II	27	CONSTRUCCIÓN III	26	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	6	CIERRE Y ABANDONO	10
	-5		-20		-19		-19		0		0

IV.1.6 Valoración cuantitativa de los impactos

Además, se realiza el **análisis cuantitativo** mediante la valorización de cada uno de los impactos ambientales.

Una vez identificados y descritos los impactos ambientales se procedió a su evaluación, para ello se elaboró la “Matriz de cuantificación de impactos ambientales”. En la segunda parte, se relacionan todos los componentes ambientales estudiados, seguidamente se indican las actividades evaluadas, en esta ocasión se colocó en las casillas de las actividades, los valores obtenidos en la ponderación de los impactos, con los correspondientes signos.

A esta matriz, se le incrementaron cuatro filas más, debajo de los componentes ambientales, donde se suman de forma independiente los valores positivos, negativos y totales por cada una de las acciones evaluadas. De esta misma forma se agregaron cuatro columnas a la derecha de las actividades para la suma de forma independiente de los valores positivos, negativos y totales por cada uno de los componentes ambientales.

Sobre la base de las matrices básicas confeccionadas, por intersección de sus componentes (filas y columnas), se establecerán las interrelaciones entre las Acciones identificadas y los

Factores Ambientales, determinando aquellos cruces significativos la posibilidad de ocurrencia de un impacto ambiental dado.

El análisis pormenorizado de cada impacto identificado permitirá establecer su Carácter e Intensidad. El carácter de un impacto ambiental determinado está dado por su condición de beneficios o pernicioso respecto de la situación ambiental previa, tanto en los aspectos relacionados con el medio ambiente físico como social. La Intensidad de un impacto ambiental se define como el grado de incidencia de la acción analizada sobre un Factor Ambiental dado.

Para el presente estudio se ha adoptado el criterio de valorar los impactos ambientales en forma relativa, de acuerdo con el siguiente detalle:

Crítico. - Efecto cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas correctoras o protectoras. Se trata pues, de un Impacto Irrecuperable.

Severo. - Efecto en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras o protectoras y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa de un periodo de tiempo dilatado. Sólo los Impactos Recuperables, posibilitan la introducción de medidas correctoras.

Moderado. - Efecto cuya recuperación no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere un largo espacio de tiempo.

Compatible. - Con repercusiones poco apreciables.

La metodología de evaluación de impactos ambientales que se ha aplicado en el presente EIA que es una modificación de la Matriz de Leopold propuesta por Vicente Conesa-Fernández en su obra “Guía de Metodología para la evaluación del impacto ambiental”.

La valorización es de tipo cualitativa y se efectúa a partir de una matriz de impactos que tiene la misma estructura de columnas (acciones impactantes) y filas (factores impactados). Cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.

Al ir determinando la importancia del impacto, de cada elemento tipo, se estará construyendo la matriz de importancia.

Los elementos de la matriz de importancia o contenido de una celda identifican el impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental considerado. Siguiendo lo expuesto por Vicente-Conesa, se propone que los elementos tipo, o casillas de cruce de la matriz, estarán ocupados por la valoración correspondiente a once características de efecto producido por la acción sobre el factor considerado. Estas once características corresponden a:

Signo:

El signo del impacto hace alusión al carácter **benéfico (+) o perjudicial (-)** de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (I):

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental en que actúa. El rango de valoración de la intensidad está comprendido entre 1 y 12, en donde 12 expresa una destrucción total del factor ambiental y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre estos dos términos reflejan situaciones intermedias.

La importancia del impacto, es decir, la importancia del efecto de una acción sobre el factor ambiental no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado. La importancia se estima de acuerdo con la siguiente expresión: la importancia del impacto calculado con la anterior ecuación puede tomar valores entre 12 y 100.

Los criterios para determinar la caracterización cualitativa completa de los impactos ambientales son:

Tabla IV. 6. Criterios para la valorización de los impactos ambientales.

NATURALEZA (signo)		**INTENSIDAD(I)** **(Grado de destrucción)**	
Impacto benéfico	(+)	Baja o mínima	1
Impacto perjudicial	(-)	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		**MOMENTO (MO)** (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		**REVERSIBILIDAD (RV)** (Reconstrucción por medios naturales)	
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Temporal o transitorio	2	Mediano plazo	2
Permanente y constante	4	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (RC) (Reconstrucción por medios humanos)		**PERIODICIDAD (PR)** (Regularidad de la manifestación)	
Recuperable de manera inmediata	1	Irregular no periódico y discontinuo	1
Recuperable a medio plazo	2	Periódico o de regularidad	2
Mitigable	4	Continuo	4
Irrecuperable	8		
SINERGIA(SI) (Regularidad de la manifestación)		**ACUMULACIÓN(AC)** (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		**IMPORTANCIA (I)** (Grado de manifestación cualitativa del efecto)	
Indirecto o secundario	1	**I= +(3I+2EX+MO +PE+RV+ SI+AC +EF +PR +MC)**	
Directo o primario	4		

Valorización de los Impactos Ambientales

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$I = \pm(3\,I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Se valoraron los **168 impactos ambientales** descritos que se presentan en las etapas del proyecto.

Matriz de valoración de los impactos ambientales

En la Tabla V.7 se presenta la evaluación de los impactos ambientales que tendrá el proyecto.

Tabla IV. 7. Evaluación de los impactos ambientales del proyecto.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
1	(-)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-10	Compatible
2	(+)	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	13	Compatible
3	(-)	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-18	Compatible
4	(-)	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-14	Compatible
5	(-)	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-1	-16	Compatible
6	(+)	2	2	4	2	2	2	2	4	4	1	25	Moderado
7	(+)	2	2	4	2	1	2	4	2	4	2	25	Moderado
8	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
9	(+)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	19	Compatible
10	(+)	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	18	Compatible
11	(-)	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-1	-1	-4	-2	-22	Compatible
12	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	1	4	25	Moderado
13	(+)	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	15	Compatible
14	(+)	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	14	Compatible
15	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
16	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
17	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
18	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Compatible
19	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
20	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
21	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado
22	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
23	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
24	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
25	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
26	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
27	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
28	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
29	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
30	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
31	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
32	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
33	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
34	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
35	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
36	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
37	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
38	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
39	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
40	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
41	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
42	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
43	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
44	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
45	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
46	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
47	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
48	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
49	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
50	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
51	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
52	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
53	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
54	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
55	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
56	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
57	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
58	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
59	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
60	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
61	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible
62	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
63	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
64	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
65	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Compatible
66	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
67	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
68	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Compatible
69	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
70	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
71	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
72	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
73	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
74	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
75	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
76	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
77	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
78	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
79	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
80	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
81	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
82	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
83	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
84	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
85	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
86	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
87	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
88	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
89	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
90	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
91	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
92	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
93	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
94	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
95	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
96	(+)	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	18	Compatible
97	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
98	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
99	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
100	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
101	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
102	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
103	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
104	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
105	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
106	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
107	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
108	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
109	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
110	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
111	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Compatible
112	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
113	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
114	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado
115	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
116	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
117	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
118	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
119	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
120	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
121	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
122	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
123	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
124	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
125	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
126	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
127	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
128	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
129	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
130	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
131	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
132	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
133	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
134	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
135	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
136	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
137	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
138	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
139	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
140	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
141	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
142	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
143	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
144	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Moderado
145	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
146	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
147	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
148	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
149	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
150	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
151	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
152	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
153	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
154	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible
155	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
156	(+)	2	2	2	2	4	2	4	2	4	2	26	Moderado
157	(+)	4	2	2	4	2	1	4	2	2	2	25	Moderado
158	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
159	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
160	(+)	4	1	1	1	2	2	2	2	2	4	21	Compatible
161	(+)	4	2	4	4	1	2	2	2	2	2	25	Moderado
162	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	26	Moderado
163	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
164	(+)	2	2	2	2	4	1	4	2	4	2	25	Moderado
165	(+)	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	24	Compatible
166	(+)	4	2	4	2	1	2	2	4	2	2	25	Moderado
167	(+)	4	2	4	1	4	2	2	2	2	2	25	Moderado
168	(+)	1	2	2	4	2	4	4	2	2	2	25	Moderado

873	**INTENSIDAD TOTAL**	
-1205	**37.38%**	**Adversos**
2019	**62.62%**	**Benéficos**
3224	**100%**	**Total**

Resultados de la intensidad de los impactos del proyecto

En ese sentido, en la Tabla IV.8 se presentan los resultados de la valoración de los impactos del proyecto previstos anteriormente.

Tabla IV. 8. Resultados globales de la valoración de los impactos del proyecto.

INTENSIDAD TOTAL		
2,019	**62.62%**	**Benéficos**
-1,205	**37.38%**	**Adversos**
3,224	**100%**	**Total**

Tabla IV. 9. Valoración de la intensidad de los impactos ambientales.

VALORES	INDICADOR	PORCENTAJE
Intensidad mayor de 75	Crítico	0
Intensidad entre 51 y 75	Severo	0
Intensidad entre 25 y 50	Moderado	22%
Intensidad menor de 25	Compatible	78%

Valorización de los impactos ambientales por Etapa de proyecto.

En la Tabla IV.10 se muestra la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de preparación del sitio del proyecto.

Tabla IV. 10. Evaluación de los impactos ambientales en la etapa de preparación del sitio.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
1	(-)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-10	Compatible
2	(+)	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	13	Compatible
3	(-)	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-18	Compatible
4	(-)	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-14	Compatible
5	(-)	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-1	-16	Compatible
6	(+)	2	2	4	2	2	2	2	4	4	1	25	Moderado
7	(+)	2	2	4	2	1	2	4	2	4	2	25	Moderado
8	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
9	(+)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	19	Compatible
10	(+)	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	18	Compatible
11	(-)	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-1	-1	-4	-2	-22	Compatible
12	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	1	4	25	Moderado
13	(+)	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	15	Compatible
14	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	14	Compatible

94	**INTENSIDAD TOTAL**	
-80	**31.50%**	**Adversos**
174	**68.50%**	**Benéficos**
254	**100%**	**Total**

En ese sentido, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales durante la etapa de preparación del sitio, el **68.50%** es **benéfica** debido a la implantación del Programa de vigilancia ambiental y 31.50% son adversos, ya que corresponde a la afectación a la vegetación por la instalación de las obras provisionales.

En la Tabla IV.11 se muestra la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de construcción del proyecto.

Tabla IV. 11. Evaluación de los impactos ambientales en la construcción Etapa I, Etapa II y Etapa III.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
15	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
16	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
17	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
18	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Moderado
19	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
20	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
21	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
22	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
23	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
24	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
25	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
26	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
27	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
28	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
29	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
30	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
31	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
32	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
33	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
34	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
35	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
36	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
37	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
38	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
39	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
40	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
41	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Moderado
42	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
43	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
44	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
45	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
46	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
47	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
48	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
49	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
50	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
51	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
52	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
53	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
54	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
55	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
56	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
57	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
58	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
59	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
60	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
61	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
62	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
63	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
64	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
65	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Compatible
66	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
67	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
68	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Compatible
69	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Compatible
70	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
71	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
72	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
73	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
74	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
75	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
76	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
77	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
78	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
79	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
80	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
81	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
82	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
83	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
84	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
85	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
86	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
87	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
88	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
89	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
90	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
91	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
92	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
93	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
94	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
95	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
96	(+)	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	18	Compatible
97	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
98	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
99	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
100	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
101	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
102	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
103	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
104	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
105	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
106	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
107	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
108	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
109	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
110	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
111	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Compatible
112	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
113	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
114	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado
115	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
116	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
117	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
118	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
119	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
120	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
121	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
122	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
123	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
124	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
125	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
126	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
127	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
128	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
129	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
130	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
131	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
132	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
133	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
134	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
135	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
136	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
137	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
138	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
139	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
140	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
141	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
142	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
143	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
144	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Moderado
145	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
146	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
147	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
148	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
149	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
150	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
151	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
152	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
153	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible

417	**INTENSIDAD TOTAL**	
-1143	**42.54%**	**Adversos**
1544	**57.46%**	**Benéficos**
2687	**100%**	**Total**

El análisis de la intensidad de los impactos ambientales durante las etapas de Construcción I, II y III, el **57.46%** es **benéfico** y el 42% es adverso, ya que corresponde a la contaminación por emisión de polvos a la atmósfera.

En la Tabla VI.12 se muestra la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de operación y mantenimiento.

Tabla IV. 12. Evaluación de los impactos ambientales en la operación y mantenimiento.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
154	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible
155	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
156	(+)	2	2	2	2	4	2	4	2	4	2	26	Moderado
157	(+)	4	2	2	4	2	1	4	2	2	2	25	Moderado
158	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
159	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

141	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
141	**100.00%**	**Benéficos**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales durante la etapa de Operación y mantenimiento, el **100%** es **benéfico** ya que los no se consideran impactos negativos son poco significativos.

En la Tabla IV.13 se muestra la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de cierre y abandono del proyecto.

Tabla IV. 13. Evaluación de los impactos ambientales en el cierre y abandono del proyecto.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
161	(+)	4	2	4	4	1	2	2	2	2	2	25	Moderado
162	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	26	Moderado
163	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
164	(+)	2	2	2	2	4	1	4	2	4	2	25	Moderado
165	(+)	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	24	Compatible
166	(+)	4	2	4	2	1	2	2	4	2	2	25	Moderado
167	(+)	4	2	4	1	4	2	2	2	2	2	25	Moderado
168	(+)	1	2	2	4	2	4	4	2	2	2	25	Moderado

200	**INTENSIDAD TOTAL**	
	0.00%	**Adversos**
200	**100.00%**	**Benéficos**
200	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales durante la etapa de Cierre y abandono del proyecto, el **100%** es **benéfico**.

Intensidad de los impactos ambientales por cada uno de los Factores Ambientales

En la Tabla IV.14 se presentan los impactos ambientales que inciden en la Calidad del aire-Material particulado (TST, PM-10).

Tabla IV. 14. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales en la calidad del aire – Material particulado (TST, PM-10).

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
11	(-)	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-1	-1	-4	-2	-22	Compatible
34	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
38	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
41	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Moderado
43	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
45	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
47	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
81	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
85	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
87	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
89	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
91	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
93	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
127	(-)	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-17	Compatible
131	(-)	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-20	Compatible
133	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
135	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
137	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
139	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
155	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado

-344	**INTENSIDAD TOTAL**	
-369	**93.65%**	**Adversos**
25	**6.35%**	**Benéficos**
394	**100%**	**Total**

El análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan en la **Calidad del aire-Material particulado (TST, PM-10)**, el 6.35% es benéfico y el **95.65%** es **adverso,** puesto que corresponde al material particulado que pueda presentarse debido a la remoción de vegetación y a los trabajos en los que se utilizará la maquinaria pesada.

En la Tabla IV.15 se presentan los impactos ambientales que inciden en la erosión del suelo.

Tabla IV. 15. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la erosión del suelo.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
9	(+)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	19	Compatible
26	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
30	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
73	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
77	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible
119	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-22	Compatible
123	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-20	Compatible

-107	**INTENSIDAD TOTAL**	
-126	**86.90%**	**Adversos**
19	**13.10%**	**Benéficos**
145	**100%**	**Total**

El análisis de la intensidad de los impactos ambientales que contribuyen a la erosión del suelo, el 13.10% es benéfico y el **86.90%** es **adverso,** puesto que corresponde al suelo que se pierde debido a la remoción de vegetación.

En la Tabla IV.16 se presentan los impactos ambientales que inciden en la Calidad del aire-Emisiones (NOx, SOx, COx).

Tabla IV. 16. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales de la calidad del aire – Emisiones (NOx, SOx, COx).

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
5	(-)	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-1	-16	Compatible
8	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
31	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
35	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
39	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
49	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
78	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
82	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
94	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible
124	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-19	Compatible
128	(-)	-1	-2	-2	-4	-2	-1	-2	-1	-4	-2	-21	Compatible
140	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-18	Compatible

-190	**INTENSIDAD TOTAL**	
-210	**91.30%**	**Adversos**
20	**8.70%**	**Benéficos**
230	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan a la Calidad del aire-Emisiones (NOx, SOx, COx), el 8.70% es benéfico y el **91.30%** es **adverso** ya que corresponde a las emisiones de contaminantes al aire que se emiten durante las actividades del proyecto.

Por otra parte, en la Tabla IV.17 se presentan los impactos ambientales que inciden en los niveles sonoros.

Tabla IV. 17. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en los niveles sonoros.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
32	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
36	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
40	(-)	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
42	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-18	Compatible
44	(-)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-22	Compatible
46	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-20	Compatible
48	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
79	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
83	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
86	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
88	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
90	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
92	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
95	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
125	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-2	-21	Compatible
129	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
132	(-)	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-1	-2	-2	-20	Compatible
134	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible
136	(-)	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-26	Moderado
138	(-)	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-21	Compatible
141	(-)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-17	Compatible

-422	**INTENSIDAD TOTAL**	
-422	**100.00%**	**Adversos**
0	**0.00%**	**Benéficos**
422	**100%**	**Total**

El análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan el ruido el **100%** es **adverso** ya que corresponde al ruido que se emiten durante las actividades del proyecto.

Por otra parte, en la Tabla IV.18 se presentan los impactos que inciden en la infiltración del agua.

Tabla IV. 18. Evaluación de la intensidad d ellos impactos ambientales en la infiltración del agua.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
27	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
54	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
58	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
74	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
100	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
104	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
120	(-)	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-4	-2	-2	-2	-24	Compatible
146	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
150	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
156	(+)	2	2	2	2	4	2	4	2	4	2	26	Moderado
168	(+)	1	2	2	4	2	4	4	2	2	2	25	Moderado

80	**INTENSIDAD TOTAL**	
-72	**32.14%**	**Adversos**
152	**67.86%**	**Benéficos**
224	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan infiltración del agua, el **67.86% es benéfico** y el 32.14% es adverso, existiendo así, impactos positivos que propician la infiltración.

En la Tabla IV.19 se presentan los impactos ambientales que inciden en la Distribución de unidades y profundidad de suelo.

Tabla IV. 19. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la distribución de unidades y profundidad del suelo.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
157	(+)	4	2	2	4	2	1	4	2	2	2	25	Moderado
158	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
161	(+)	4	2	4	4	1	2	2	2	2	2	25	Moderado
162	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	2	4	26	Moderado
163	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
165	(+)	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	24	Compatible
166	(+)	4	2	4	2	1	2	2	4	2	2	25	Moderado

175	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
175	**100.00%**	**Benéficos**
175	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan en la distribución y profundidad es **100% benéfico**, existiendo así, impactos positivos que beneficiaran en el área.

En la Tabla IV.20 se presentan los impactos ambientales que inciden en el potencial de erosión.

Tabla IV. 20. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la cobertura y el potencial de erosión.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
9	(+)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	19	Compatible
28	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
53	(+)	2	2	2	4	4	2	2	2	4	2	26	Moderado
57	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
75	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
99	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
103	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
121	(+)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	19	Compatible
145	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
149	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
154	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible

217	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
217	**100.00%**	**Benéficos**
217	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan en el potencial de erosión, el **100%** es **benéfico** ya que la construcción se llevará a cabo por etapas y el suelo desnudo permanecerá por periodos cortos de tiempo**.**

En la Tabla IV.21 se presentan los impactos ambientales que inciden en la distribución espacial temporal de las especies protegidas de flora.

Tabla IV. 21. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en distribución espacial temporal de las especies de flora.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
1	(-)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-10	Compatible
3	(-)	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-2	-18	Compatible
4	(-)	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-18	Compatible
7	(+)	2	2	4	2	1	2	4	2	4	2	25	Moderado
21	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado
22	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
68	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Compatible
69	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Compatible
114	(+)	4	2	2	4	2	2	4	2	2	2	26	Moderado
115	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado

152	**INTENSIDAD TOTAL**	
-46	**20.54%**	**Adversos**
178	**79.46%**	**Benéficos**
224	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan la distribución espacial temporal de las especies protegidas de flora, el **79.46%** es **benéfico** y el 20.54% es adverso**,** existiendo un programa de protección y medidas en las que se proteja a la fauna silvestre.

En la Tabla IV.22 se presentan los impactos ambientales que inciden en la calidad y estrato fitosanitario.

Tabla IV. 22. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la calidad y estrato fitosanitario.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
23	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
29	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
70	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
76	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
116	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado
122	(+)	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	Compatible
159	(+)	4	2	4	2	4	1	2	2	2	2	25	Moderado

154	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
154	**100.00%**	**Benéficos**
154	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que afectan calidad y estrato fitosanitario, el **100%** es **benéfico.**

En la Tabla IV.23 se presentan los impactos ambientales que inciden en distribución espacial temporal de fauna su hábitat.

Tabla IV. 23. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la distribución espacial temporal de fauna y su hábitat.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
2	(+)	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	13	Compatible
13	(+)	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	15	Compatible
18	(+)	2	4	1	2	2	4	2	1	2	4	24	Moderado
19	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
20	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
66	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
67	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible
112	(+)	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	24	Compatible
113	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	Compatible

171	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
184	**100.00%**	**Benéficos**
184	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que distribución espacial temporal de fauna y su hábitat, el **100%** es **benéfico** existiendo un programa de protección y medidas en las que se proteja a la fauna silvestre.

En la Tabla IV.24 se presentan los impactos ambientales que inciden en las cualidades estéticas del paisaje.

Tabla IV. 24. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en las cualidades estéticas del paisaje.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
10	(+)	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	18	Compatible
164	(+)	2	2	2	2	4	1	4	2	4	2	25	Moderado
167	(+)	4	2	4	1	4	2	2	2	2	2	25	Moderado

68	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
68	**100.00%**	**Benéficos**
68	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales en las cualidades estéticas del paisaje, el **100%** es **benéfico.**

En la Tabla IV.25 se presentan los impactos ambientales que inciden en la seguridad de los trabajadores.

Tabla IV. 25. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en la seguridad de los trabajadores.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
35	(+)	4	2	2	4	2	2	2	2	4	4	28	Moderado
67	(+)	4	2	2	4	2	2	2	2	2	4	26	Moderado

54	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	0.00%	Adversos
54	100.00%	Benéficos
54	100%	Total

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que inciden en la seguridad de los trabajadores, el **100%** es **benéfico,** ya que se representa los impactos positivos.

En la Tabla IV.26 se presentan los impactos ambientales que inciden en el el Desarrollo Económico.

Tabla IV. 26. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en el desarrollo económico.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
52	(+)	2	4	2	2	4	1	2	2	4	2	25	Moderado
56	(+)	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	17	Compatible
59	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
98	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
102	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
105	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible
144	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Moderado
148	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
151	(+)	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Compatible

162	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
162	**100.00%**	**Benéficos**
162	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que inciden en el desarrollo económico, el **100%** es **benéfico,** por lo que todos los impactos son positivos.

En la Tabla IV.27 se presentan los impactos ambientales que inciden en la generación de empleos.

Tabla IV. 27. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales en empleos.

IMPACTO	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	AC	TOTAL	IMPORTANCIA
12	(+)	2	4	2	2	2	4	2	2	1	4	25	Moderado
14	(+)	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	14	Compatible
15	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
16	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
24	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
33	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
37	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
50	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
51	(+)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	Compatible
55	(+)	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	17	Compatible
60	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
61	(+)	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	15	Compatible
62	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
63	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
71	(+)	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	16	Compatible
80	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
84	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
96	(+)	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	18	Compatible
97	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
101	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
106	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
107	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible
108	(+)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	18	Compatible
109	(+)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	Compatible
118	(+)	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	16	Compatible
126	(+)	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	16	Compatible
130	(+)	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	16	Compatible
142	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
143	(+)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	18	Compatible
147	(+)	2	2	2	4	2	4	1	2	4	2	25	Moderado
152	(+)	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	16	Compatible
153	(+)	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	15	Compatible

561	**INTENSIDAD TOTAL**	
0	**0.00%**	**Adversos**
543	**100.00%**	**Benéficos**
543	**100%**	**Total**

Por lo que, el análisis de la intensidad de los impactos ambientales que inciden en empleos, el **100%** existiendo el beneficio socioeconómico y bienestar para la población.

Para la matriz de impacto ambiental que es la evaluación **cualitativa** se tiene que el análisis global de los impactos ambientales durante el tiempo de vida útil del proyecto incluyendo la etapa de abandono arroja un resultado positivo del proyecto; el **68%** es benéfico, contra un **32%** que sería adverso, por lo que podemos concluir que el impacto global del **proyecto es positivo.**

De la evaluación **cuantitativa** se tiene que el análisis de la intensidad global de los impactos ambientales durante el tiempo de vida útil del proyecto incluyendo la etapa de abandono, arroja un resultado positivo del proyecto, el **62.35%** es benéfico, contra un **37.38%** que sería adverso, por lo que se puede concluir que el impacto global del **proyecto es positivo.**

Análisis global de los impactos ambientales evaluados en todas las etapas del proyecto que son 168 de los cuales **132 son compatibles** que corresponden al **78.57%** y 36 moderados que son el 21.42%.

Análisis global de los impactos ambientales positivos evaluados en todas las etapas del proyecto que son 104, **70 son compatibles que corresponden al 67.61%** y 34 son moderados que es el 32.38%.

Análisis global de los impactos ambientales negativos evaluados en todas las etapas del proyecto que son 64, **62 son compatibles que corresponden al 96.87%** y 2 son moderados que es el 3.12%.
La ejecución del proyecto representa una **magnitud compatible**, en el desequilibrio del ecosistema, un poco más acentuada en la etapa de construcción del sitio debido a que se llevará a cabo en tres Etapas.

El impacto residual relevante del proyecto es únicamente la afectación al paisaje, así mismo como impacto acumulativo se considera el incremento del nivel sonoro en el área de influencia del proyecto.

Por lo que se puede deducir que, con las correspondientes medidas de mitigación, la afectación que se pudiera presentar por la ejecución del proyecto se podrá ser compensada, ya que la gran mayoría de los impactos ambientales son compatibles.

IV. 2 Identificación y descripción de acciones, medidas correctivas o estrategias a realizar para mitigar, restaurar y/o compensar los impactos ambientales

El presente capítulo se caracteriza por ser un instrumento de gestión ambiental que será llevado a cabo por el promovente, durante el desarrollo de las actividades del Proyecto denominado “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA”. Con la finalidad de planificar, definir y facilitar la aplicación de medidas ambientales destinadas a prevenir, mitigar y/o compensar los efectos previsibles producto de la ejecución del Proyecto.

Así pues, se hace necesario definir las medidas que se agruparán en función de su naturaleza con respecto a las etapas mencionadas anteriormente de acuerdo con la siguiente clasificación:

- **Medidas preventivas**, las cuales van encaminadas a evitar en la medida de lo posible o minimizar los daños ocasionados por el Proyecto, antes de que se lleguen a producir tales deterioros sobre el medio circundante.

- **Medidas mitigadoras o correctoras**, son aquellas que se definen para reparar o reducir los daños que son inevitables que se generen por las acciones del Proyecto, de manera que sea posible concretar las actuaciones que son necesarias llevar a cabo sobre las causas que las han originado.

- **Medidas compensatorias,** tienen por objeto producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente al efecto adverso identificado.

A continuación, se describen algunas de las medidas generales que involucran a la política que el promovente adoptará para la ejecución de las actividades del Proyecto "LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA".

Por lo cual, en la Tabla IV.28 se presentan las medidas de prevención, mitigación o restauración correspondientes a los impactos ambientales negativos significativos en cada etapa del proyecto.

Tabla IV. 28. Medidas de prevención y mitigación para cada impacto ambiental.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO				
Gestión previa y liberación del predio	Positivo	N/A	N/A	N/A
Señalización del área de trabajo	Afectación de la vegetación por el estacado para señalar las áreas delimitadas.	Flora	Prevención	Se dará indicaciones al personal para que sitúen las estacas que no son vértices en una superficie de baja vegetación.
	Afectación al hábitat de la fauna en terrenos aledaños	Fauna	Prevención	Se colocará un letrero alusivo al "Cuidado de la fauna silvestre" en terrenos aledaños.
Habilitación de accesos temporales	Afectación de la vegetación por la apertura de accesos temporales	Flora	Prevención	Se reubicarán las especies susceptibles de ser rescatadas en 17 ha, se reforestará como medida de compensación de la remoción de vegetación en 20.5 ha
Instalación de campamento y áreas provisionales	Afectación de la vegetación por la instalación de campamentos y áreas provisionales.	Flora	Prevención	Se reubicarán las especies susceptibles de ser rescatadas en 17 ha, se reforestará como medida de compensación de la remoción de vegetación en 20.5 ha
Instalación de servicios provisionales	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de la capa superficial	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
Implementación del programa de seguridad y salud	Positivo	N/A	N/A	N/A
Implementación del programa ambiental	Positivo	N/A	N/A	N/A

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
Movilización de maquinaria	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de la capa superficial	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
Inspección ambiental y técnica previa a la construcción	Positivo	N/A	N/A	N/A
ETAPA I DE CONSTRUCCIÓN (Estanques: G, H, I, J)				
Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de señalización	Positivo	N/A	N/A	N/A
Recorridos de ahuyentamiento, rescate y reubicación de flora y fauna	Positivo	N/A	N/A	N/A
Despalme y limpieza del sitio	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de la capa superficial	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades.
	Afectación a la infiltración del agua por ausencia de raíces	Agua	Compensación	Se reubicarán las especies susceptibles de ser rescatadas en 17 ha, se reforestará como medida de compensación de la remoción de vegetación en 20.5 ha, además se realizarán 6,350 metros lineales de cordones de material vegetal
Excavación masiva	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la remoción que incluye el desenraizado de la vegetación.	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada en las actividades de desmonte y despalme.
Acarreo de material excedente	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
	por el acarreo de material			
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada.
Formación de terraplenes	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Compactación al 95% Proctor	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Trazo y nivelación final	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto de las actividades del trazo y nivelación final	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Caminos de servicio (tierra compactada)	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Zanja pluvial y obras de drenaje	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de tubería de PVC 150 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pozo de inspección y control de niveles	Positivo	N/A	N/A	N/A
Cerco perimetral malla ciclónica	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pruebas, ajustes y puesta en operación	Positivo	N/A	N/A	N/A
ETAPA II DE CONSTRUCCIÓN (Estanques: B, C, D,E, F)				
Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de señalización	Positivo	N/A	N/A	N/A
Recorridos de ahuyentamiento, rescate y reubicación de flora y fauna	Positivo	N/A	N/A	N/A
Despalme y limpieza del sitio	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de la capa superficial	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades.
	Afectación a la infiltración del agua por ausencia de raíces	Agua	Compensación	Se reubicarán las especies susceptibles de ser rescatadas en 17 ha, se reforestará como medida de compensación de la remoción de vegetación en 20.5 ha, además se realizarán 6,350 metros lineales de cordones de material vegetal
Excavación masiva	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la remoción que incluye el	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
	desenraizado de la vegetación.			
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada en las actividades de desmonte y despalme.
Acarreo de material excedente	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por el acarreo de material	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada.
Formación de terraplenes	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Compactación al 95% Proctor	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Trazo y nivelación final	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto de las actividades del trazo y nivelación final	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Caminos de servicio (tierra compactada)	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Zanja pluvial y obras de drenaje	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de tubería de PVC 150 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pozo de inspección y control de niveles	Positivo	N/A	N/A	N/A
Cerco perimetral malla ciclónica	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pruebas, ajustes y puesta en operación	Positivo	N/A	N/A	N/A
ETAPA III DE CONSTRUCCIÓN (Estanques: K)				
Ingeniería ejecutiva, trazo y topografía	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de señalización	Positivo	N/A	N/A	N/A
Recorridos de ahuyentamiento, rescate y reubicación de flora y fauna	Positivo	N/A	N/A	N/A
Despalme y limpieza del sitio	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de la capa superficial	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades.
	Afectación a la infiltración del agua por ausencia de raíces	Agua	Compensación	Se reubicarán las especies susceptibles de ser rescatadas en 17 ha, se reforestará como medida de compensación de la remoción de vegetación en 20.5 ha, además se realizarán 6,350 metros lineales de cordones de material vegetal

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
Excavación masiva	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la remoción que incluye el desenraizado de la vegetación.	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada en las actividades de desmonte y despalme.
Acarreo de material excedente	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por el acarreo de material	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se aplicará un programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada.
Formación de terraplenes	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Compactación al 95% Proctor	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie a desmontar antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Trazo y nivelación final	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto de las actividades del trazo y nivelación final	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Caminos de servicio (tierra compactada)	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Zanja pluvial y obras de drenaje	Emisión de partículas de suelo (PST, PM10) producto del suelo durante las actividades de compactación	Atmósfera	Prevención	Se regará la superficie antes iniciar actividades. Manteniendo humedad en el suelo para evitar dispersión de partículas.
	Afectación por el ruido que genera el equipo y maquinaria por la compactación	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
	Emisiones de contaminantes (NO_x, SO_x y CO_x) que emite la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierras	Atmósfera	Prevención	Se llevará un Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria utilizada.
Instalación de geomembrana HDPE 1.5 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Instalación de tubería de PVC 150 mm	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pozo de inspección y control de niveles	Positivo	N/A	N/A	N/A
Cerco perimetral malla ciclónica	Positivo	N/A	N/A	N/A
Pruebas, ajustes y puesta en operación	Positivo	N/A	N/A	N/A
ETAPA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
Gestión de entradas y nivel de agua	Positivo	N/A	N/A	N/A
Control y gestión de monitoreo de parámetros ambientales	Positivo	N/A	N/A	N/A
Prevención de contaminación y fugas	Positivo	N/A	N/A	N/A
Revisión de revestimiento	Positivo	N/A	N/A	N/A
Gestión de sedimentos y sales	Positivo	N/A	N/A	N/A

Actividad	Impacto ambiental	Componente ambiental	Tipo de medida	Medidas de prevención, mitigación o restauración
Control de vegetación y plagas	Positivo	N/A	N/A	N/A
Inspección de equipos auxiliares	Positivo	N/A	N/A	N/A
ETAPA CIERRE Y ABANDONO DEL PROYECTO				
Cese ordenado de operaciones	Positivo	N/A	N/A	N/A
Gestión final de la salmuera residual	Positivo	N/A	N/A	N/A
Manejo y disposición de sales y sedimentos	Positivo	N/A	N/A	N/A
Desmantelamiento de infraestructura	Positivo	N/A	N/A	N/A
Retiro o neutralización del sistema de impermeabilización	Positivo	N/A	N/A	N/A
Rehabilitación del suelo	Positivo	N/A	N/A	N/A
Restauración ambiental del sitio	Positivo	N/A	N/A	N/A
Monitoreo post-cierre	Positivo	N/A	N/A	N/A

IV.3 Programa de Vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental ha sido preparado con el fin de prevenir, controlar o reducir al mínimo los impactos ambientales negativos que pudieran generarse durante el desarrollo de las distintas actividades del proyecto. El mismo ha sido subdividido en función de las distintas etapas de este.

En general, se recomienda el seguimiento de las condiciones ambientales en el sitio donde se desarrollarán actividades, supervisando el grado de avance de las distintas tareas de mitigación propuestas en este estudio, y cualquier otra información de interés desde el punto de vista ambiental que surgiera durante la ejecución del proyecto.

Las actividades de prevención y mitigación de impactos ambientales que han sido presentadas deberán ser evaluadas periódicamente, con el fin de determinar la correcta implementación de estas, así como determinar inconformidades que puedan ser corregidas posteriormente.

Objetivos generales del Plan de Vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental tiene por objeto controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas de protección y corrección, así como el seguimiento del cuidado de los servicios ambientales. General Motors de México como la promovente se compromete a proteger el medio ambiente, la salud y la seguridad de todos sus integrantes y del área de influencia del proyecto.

Con la finalidad de alcanzar las metas de protección ambiental se dará cumplimiento de los requisitos legales vigentes y las normas para el medio ambiente, la salud y la seguridad con el propósito de:

- Salvaguardar la salud de los trabajadores de la obra a través de la promoción de un trabajo libre de accidentes, la reducción al mínimo de la exposición a materiales dañinos para la salud y la dotación de sistemas de atención preventiva para la salud.
- Promover métodos seguros de manejo, utilización y eliminación de productos mediante la adquisición y comunicación de información y la educación a los que estén relacionados con el proyecto.
- Reducir al mínimo el impacto de las operaciones en el medio ambiente, a través de la promoción de la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación.

Objetivos específicos del Programa de Vigilancia Ambiental

- Controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación, protección y prevención proyectadas como parte del presente estudio.
- Realizar un seguimiento periódico de los distintos factores ambientales con el fin de establecer la afectación de estos en etapas tempranas que permitan la implementación de medidas correctivas no consideradas o modificaciones de las ya establecidas.
- Facilitar a las autoridades pertinentes información respecto a la evaluación del grado de cumplimiento.
- El nombramiento de una persona encargada de atender los requerimientos del cuidado del medio ambiente.
- La revisión y aprobación de las actividades relacionadas con el cuidado del medio ambiente, a través de la distribución de los recursos.
- Planificación y manejo del Programa de Vigilancia Ambiental.
- Manejo de la comunicación a todo el personal durante las diferentes etapas del proyecto sobre el cuidado y respeto al medio ambiente.

Contratar, también, un equipo de especialistas en materia de Medio Ambiente, Salud y Seguridad que tendrá la responsabilidad de implementar e informar sobre las actividades y desempeño ambiental. Este equipo incluirá especialistas técnicos, quienes realizarán el monitoreo de la ejecución ambiental de la operación, preparación de los planes de protección ambiental para la operación y realizarán inspecciones, proveyendo información a los empleados y ejecutivos. De la misma forma, los especialistas del equipo dirigirán y manejarán los contratos de los estudios ambientales.

Además, el personal del proyecto se responsabilizará de cumplir con las normas de protección ambiental relacionadas a sus situaciones y los requisitos del trabajo.

A su vez, el contratista desarrollará el presente un Programa de Vigilancia Ambiental para todas sus operaciones, a fin de establecer y mejorar el manejo ambiental en todas las fases y actividades del proyecto.

El objetivo del Programa de Vigilancia Ambiental para este proyecto es lograr mejoras en la preservación ambiental. Ejemplos de estas mejoras son las siguientes:

- Desarrollo de mejores medidas de protección ambiental.
- Dar información y apoyo al personal que permita un manejo seguro de los materiales.
- Mantener un estado de alerta para responder a accidentes y emergencias.

- Dar información sobre las actividades ambientales a todo el personal.
- Compromiso de reducir riesgos y peligros de carácter ambiental.
- Actualización en el conocimiento de regulaciones ambientales nuevas.
- Cuando sea necesario, la toma de medidas correctivas.

Aspectos sujetos a seguimiento ambiental

Los aspectos sobre los cuales se realizará el seguimiento ambiental han sido clasificados en base a los distintos recursos ambientales afectados para los diferentes medios, los cuales son:

a) Suelo
b) Aguas superficiales
c) Aguas subterráneas
d) Calidad del aire
e) Flora
f) Fauna
g) Salud
h) Medio socioeconómico

Lineamientos generales del Programa de Vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental se implementará desde el inicio de las actividades (establecimiento de almacén de materiales de construcción, movilización de equipos y presencia de personal), continuando con el desarrollo de las diferentes etapas, de acuerdo con el cronograma establecido con este propósito, hasta la conclusión del proyecto.

Seguimiento y control

La Promovente, deberá observar e informar todas las actividades durante la fase de operación del proyecto en relación con los siguientes aspectos:

1. Medidas de control de la erosión.
2. Medidas de protección a la flora y fauna.
3. Prácticas de manejo integral de residuos.
4. Protección de calidad del aire.

Igualmente, vigilar el cumplimiento de los requisitos técnicos correspondientes, así como las especificaciones establecidas en la legislación ambiental vigente.

IV.3.1 Medidas de Ubicación y de Diseño

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y plano de las medidas de mitigación contempladas en el presente estudio, así mismo en el **Anexo IV.03** se presentan las coordenadas y plano de liberación de especies de fauna.

IV.3.2 Procedimientos de Construcción y Operaciones

El proyecto **"Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa"**, establece los procedimientos de vigilancia ambiental que permitan

supervisar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental durante las etapas de construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto, verificando que las actividades se desarrollen conforme a las autorizaciones emitidas por la SEMARNAT, las condicionantes del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) y la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular (MIA-P).

Procedimientos durante la Construcción

1. **Delimitación del área autorizada**

Previo al inicio de las actividades constructivas se verificará que toda la superficie autorizada se encuentre correctamente delimitada mediante estacas, cinta preventiva y señalización, evitando la ocupación de áreas no autorizadas.

Vigilancia ambiental

- Verificación diaria de la delimitación.
- Inspección de la integridad de la señalización.
- Registro fotográfico.
- Corrección inmediata cuando se detecten invasiones fuera del polígono autorizado.

Se contempla la delimitación física y señalización del área como una actividad previa al inicio de las obras.

2. **Protección de flora y fauna**

Antes del inicio del desmonte y durante la construcción se ejecutarán los programas de rescate, reubicación y liberación de flora y fauna silvestre, así como la recuperación del suelo vegetal.

Vigilancia ambiental

- Supervisión permanente por personal ambiental.
- Registro de ejemplares rescatados.
- Verificación de los sitios de liberación.
- Reportes periódicos.

Estas actividades forman parte del programa ambiental que acompaña la construcción del proyecto.

3. **Movimiento de tierras**

Durante las excavaciones, formación de terraplenes y nivelaciones se verificará que los trabajos permanezcan dentro de los límites autorizados.

Vigilancia ambiental

- Inspección continua de taludes.
- Verificación de estabilidad.
- Control de erosión.
- Supervisión del manejo del material excedente.

La construcción contempla aproximadamente 180,000 m³ de excavación y 120,000 m³ de terraplenes compactados.

4. **Control de residuos**

Se verificará el almacenamiento temporal adecuado de residuos sólidos urbanos generados por el personal.

Vigilancia ambiental

- Inspección semanal de contenedores.
- Registro de recolección.
- Verificación del sitio temporal.
- Evidencia documental de la disposición final.

Se contempla la instalación de contenedores para residuos dentro del programa ambiental.

5. **Prevención de contaminación**

Se verificará permanentemente que:

- No existan derrames.
- No se realicen mantenimientos de maquinaria dentro del proyecto.
- Se utilicen materiales absorbentes cuando sea necesario.

Se contempla que el mantenimiento de maquinaria será realizado fuera del proyecto en talleres especializados.

6. **Seguridad ambiental**

Durante la construcción se verificará el cumplimiento de:

- Señalización.
- Áreas restringidas.
- Equipo de protección personal.
- Programa de Seguridad y Salud.

Estas actividades forman parte de la preparación del sitio y continúan durante la construcción.

Procedimientos durante la Operación

1. **Monitoreo del funcionamiento de las lagunas**

Se verificará el correcto funcionamiento de los estanques de evaporación mediante inspecciones periódicas.

Vigilancia ambiental

- Revisión del nivel de agua.
- Verificación del comportamiento hidráulico.
- Inspección visual de bordos.
- Registro de observaciones.

Se contempla el control permanente de entradas y niveles de agua durante toda la vida útil del proyecto.

2. **Inspección de geomembranas**

Se realizarán inspecciones periódicas para detectar:
- Roturas.
- Perforaciones.
- Desgastes.
- Fugas.

Vigilancia ambiental
- Recorridos programados.
- Reportes de inspección.
- Reparación inmediata cuando sea necesario.

La revisión periódica del revestimiento constituye una de las principales actividades de mantenimiento.

3. **Prevención de fugas**

El Programa de Vigilancia Ambiental verificará permanentemente:
- Ausencia de escurrimientos.
- Integridad de tuberías.
- Estado de pozos de inspección.
- Condiciones de los bordos.

4. **Monitoreo ambiental**

Durante la operación se supervisará:
- Correcto manejo de residuos.
- Estado del drenaje pluvial.
- Condiciones del suelo.
- Ausencia de afectaciones fuera del polígono.

5. **Mantenimiento preventivo**

Se verificará el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de:
- Tuberías.
- Pozos.
- Caminos.
- Cercado perimetral.
- Obras hidráulicas.

Se contempla inspecciones técnicas periódicas y mantenimiento continuo

Procedimientos durante el Cierre

Durante el cierre del proyecto el Programa de Vigilancia Ambiental verificará:

- Manejo adecuado de salmuera residual.
- Retiro de infraestructura.
- Retiro de geomembranas.
- Rehabilitación del suelo.
- Restauración ambiental.
- Monitoreo post-cierre.

La etapa de cierre contempla la restauración integral del sitio y un periodo de seguimiento para verificar la ausencia de impactos residuales.

IV.3.3 Programas de Monitoreo.

IV.3.3.1 Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre

A) Indicadores de la realización

El éxito del programa de reubicación para los **18,700 individuos vegetales** se evaluará mediante el indicador de supervivencia en los sitios de plantación, cuyos valores se detallan en la siguiente tabla. Tomando en cuenta aquellas especies en estatus y los de mayor importancia tanto ecológica como económica.

Tabla IV. 29. Individuos propuestos para ser rescatados y reubicados.

Individuos por reubicar				
Id	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Criterio de selección**	**Total de individuos**
1	Biznaga partida	*Coryphantha macromeris*	Importancia ecológica	290
2	Alicoche sanjuanero	*Echinocereus stramineus*	Importancia ecológica	1,930
3	Alicoche real	*Echinocereus enneacanthus*	Importancia ecológica	3,956
4	Biznaga barril costillona	*Ferocactus hamatacanthus*	Importancia ecológica	1,737
5	Biznaga de la Sierra Bola	*Mammillaria grusonii*	Importancia ecológica	97
6	Biznaga china	*Mammillaria heyderi*	Importancia ecológica	10,326
7	Biznaga de Saltillo	*Mammillaria winterae*	Importancia ecológica	290
8	Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	Importancia ecológica	9
9	Tasajillo	*Cylindropuntia leptocaulis*	Importancia ecológica	9
10	Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	Importancia ecológica	9
11	Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	Importancia ecológica	9
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Importancia ecológica	9
13	Nopal cegador	*Opuntia rufida*	Importancia ecológica	9
14	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	Importancia ecológica	9
15	Abrojo	*Cylindropuntia tunicata*	Importancia ecológica	11
TOTAL				**18,700**

Por otro lado, en la Tabla VI.30 se muestra la cantidad de individuos a reforestar en un área de 20.5 ha con una densidad de 1,100 plantas/ha

Tabla IV. 30. Individuos propuestos por ser reforestados.

Individuos por reforestar				
Id	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Proporción**	**Total de individuos**
1	Mezquite	*Neltuma glandulosa*	40%	9020
2	Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	21%	4736
3	Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	4%	902
4	Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	9%	2030
5	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	10%	2255
6	Nopal cegador	*Opuntia rufida*	7%	1579
7	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	9%	2030
TOTAL				**22550**

De tal manera que con los individuos vegetales rescatados y reubicados; y los reforestados como compensación de la remoción de la vegetación se alcanza el total **41,250 individuos** plantados.

B) Indicadores de eficacia

El indicador de eficacia establecido para el proyecto es que el 80% de la planta reubicada y reforestada como medida de compensación sobrevivan, se establezcan y se desarrollen en su nuevo hábitat. Para lograr esto se ejecutarán todos los procedimientos y criterios técnicos que se requieran para que la planta se adapte y sobreviva en su nuevo hábitat.

Dentro de los informes periódicos del resolutivo, se presentarán los resultados e indicadores que se generen por la ejecución del programa.

C) Análisis, procedimiento de datos e interpretación de resultados

Una vez que haya concluida la reubicación de planta se procederá a georreferenciar la superficie reforestada con planta producto de rescate y se hará el censo total de la planta incorporada dentro de una base de datos en forma electrónica.

Enseguida de haber realizado esta actividad, se procederá a realizar el etiquetado y geoposicionamiento del 5% de la planta reforestada en cada rodal. La importancia de esta actividad es para que vaya dando un seguimiento al desarrollo y establecimiento de la planta reforestada en su nuevo sitio.

Anualmente personal técnico forestal realizará un recorrido sobre los dorales reforestados con el objetivo de evaluar la sobrevivencia de la planta, además se obtendrán diferentes variables al momento de la toma de datos en campo como lo son el estado sanitario y vigor de la planta.

D) Punto de comprobación

En el Programa de rescate y reubicación de flora se presenta el sitio propuesto a reforestar con planta producto de rescate o vivero y la memoria de coordenadas de dicho sitio. Sin embargo, hay que mencionar que una vez finalizada la reubicación de la planta de cada área se procederá a georreferenciarla para tener el registro actualizado de los siguientes datos: superficie, ubicación y el componente ambiental que se beneficia.

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y el plano del área propuesta para las medidas de mitigación.

Es muy importante mencionar que estas áreas son propuestas y que se ubican en terrenos adquiridos por la empresa, las cuales al momento de estar ejecutando las actividades en campo pueden surgir cambios no programados. Dentro de los informes de cumplimiento se presentarán los criterios técnicos y argumentos de las modificaciones, así como los resultados obtenidos en ese momento.

Finalmente, en el plano actualizado que se genere por la incorporación de las nuevas áreas de plantación, se incorporará la vegetación que fue georreferenciada, esto a mediano plazo será de gran apoyo para insertar los puntos de muestreo que deseen hacer en cada rodal establecido.

SCC Servicios de Consultoría Certificada S.C.	PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL		
	Clave	Título	Fecha (dd/mm/aa)
	FOR-PMA-010	Control de renuevos rescatados y trasplantados	

Extracción de renuevos				
N°	Área de extracción	Individuos rescatados	Especie	Fecha (dd/mm/aa)

Trasplante de renuevos					
N°	individuos en aclimatamiento	Individuos transplantados	Especie	Área de trasplante	Fecha (dd/mm/aa)

Observaciones.-

Observaciones.-

Elaboró
(firma/fecha)

Revisó
(Firma/fecha)

Figura IV. 1. Formato de control de especies reubicadas.

E) Calendario de comprobación

En el Programa de reubicación de flora se tiene el Calendario de Comprobación y las actividades donde se presentan por etapas las medidas a ejecutar para rescatar y reubicar los renuevos vegetales presentes en las áreas a ocupar por el proyecto.

Dentro del cronograma destacan varios conceptos, mismos que a continuación se describen:

- Censo y registro de planta reubicada. Concluida la reubicación de individuos vegetales se procederá a realizar el censo del total de la planta reubicada, con el objetivo de llevar el registro de la vegetación que fue incorporada al rodal.

- Etiquetado y geoposicionamiento de planta. Una vez que se haya realizado la reubicación y el censo de la planta se procederá a realizar el etiquetado y registro de coordenadas del 5% de la planta reubicada. Esta información es importante para llevar un control con el desarrollo y adaptación de la planta a establecida en el rodal.

- Evaluación y seguimiento. En esta etapa se llevará a cabo la evaluación de sobrevivencia de los individuos reubicados, por lo que se programará anualmente previo al inicio de la temporada de precipitaciones. Además de evaluar la sobrevivencia se obtendrán diferentes variables al momento de la toma de datos en campo como lo son el estado sanitario y vigor de la planta. En caso de detectar la presencia de plagas o la mortandad de individuos, se aplicarán las medidas correctivas necesarias para garantizar la sobrevivencia de las especies reubicadas.

- Muestreo de planta viva y muerta. La evaluación de la sobrevivencia permite obtener una medida cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio. El valor que se desea conocer es la proporción de árboles que están vivos respecto a los árboles efectivamente plantados o la densidad mínima establecida o autorizada, si esta es mayor; la medición se hace en cada árbol.

Para hacer una distribución sistemática de los sitios, se empleará una retícula a la escala del plano o croquis, que ubique el número de puntos, representado cada uno a un sitio, correspondiendo a una determinada intensidad de muestreo. Las distancias entre líneas de muestreo y entre sitios serán siempre iguales. Para una intensidad de muestreo de 0.5% con sitios de 100 m^2, esa equidistancia debe ser de 140 m aproximadamente.

Como se ha mencionado a las densidades de plantación para vegetación de zonas áridas y semiáridas que en el proyecto se manejarán (1,000 a 4,000 árboles/ha), en este caso, será de 1,100 plantas/hectárea para la planta reubicada y reforestada como compensación de la remoción de vegetación, y se emplearán sitios de muestreo de 250 m^2 de forma circular (8.92 m de radio). Para obtener la sobrevivencia de plantación se extrapolan los datos de la superficie de muestreo a la totalidad de la plantación.

La precisión que se demanda en la estimación de la proporción de sobrevivencia es del 5% con una confiabilidad del 95%. Se recomienda emplear una intensidad de muestreo del 0.5%, cuando se tienen superficies de 50 ha o mayores. Sin embargo, en plantaciones o estratos muy pequeños (1 a 3 ha) el tamaño del error de muestreo es normalmente muy alto, y se requiere entonces de un número mayor de sitios para obtener estimaciones representativas.

Con el apoyo de asesores técnicos se determinará el tamaño de muestreo de la planta reubicada.

F) Determinación de la densidad de planta para la reubicación.

Se están manejando 1,100 terrazas individuales/hectárea y se colocarán 1 especie por terraza. De tal manera que la cantidad de terrazas por realizar serán 41,250. A razón de 1,100 terrazas individuales/hectárea se requerirá una superficie de 17.5 ha para la reubicación y 20.5 ha para la reforestación para compensar la pérdida de servicios ambientales.

G) Medidas de urgente aplicación

En caso de que los resultados no logren alcanzar las metas establecidas que corresponde a la sobrevivencia y establecimiento del 80% de la planta reforestada, se ejecutarán las siguientes medidas:

- Incorporación de materia orgánica o enraizador. Para favorecer la retención de humedad y acelerar la adaptación de la planta reubicada, se programará la incorporación de material triturado producto de las actividades de desmonte, así como el uso de enraizadores que estimulan el desarrollo del sistema radicular de la planta.

- Mantenimiento. En esta etapa se realizan diversas acciones para favorecer el desarrollo y crecimiento de las plantas. Se recomienda que las actividades de mantenimiento se realicen previo al inicio de la temporada de precipitaciones, para asegurar su permanencia.

- Control de maleza. El control de la maleza consiste en eliminar toda la vegetación indeseable que limite el desarrollo de la planta. Este trabajo puede hacerse de manera manual o mecánica empleando diferentes tipos de equipo y herramientas. La maleza removida es susceptible de ser utilizada como arrope para retener humedad.

- Reposición de planta muerta. Para mantener la densidad definida de la plantación se hará la reposición de planta muerta en temporada de precipitaciones.

- Otras medidas.

    - En caso de requerirse se aplicarán riegos de auxilio para favorecer la sobrevivencia de la planta reubicada.
    - Aplicación de plaguicidas o fungicidas (autorizados) sobre aquellos individuos vegetales que lo requieran con el fin de evitar la prolongación de enfermedades entre las plantas.
    - Instalar señalización informativa de las áreas de plantación para que todo el personal del proyecto identifique en campo los sitios reforestados.

IV.3.3.2 Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre

A) Indicadores de realización

El indicador que mide el éxito del rescate y liberación de los individuos de fauna silvestre es el número de individuos capturados. La meta en el proyecto es rescatar el total de las especies reportadas en la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) en el sitio del proyecto que se encuentren dentro del proyecto y no hayan sido ahuyentadas.

B) Indicadores de eficacia

El indicador de eficacia establecido para el proyecto es que se genere un porcentaje de capturas por arriba del 90%. Para lograr esto, se ejecutarán todos los procedimientos y criterios técnicos que se requieran para que integralmente sean liberados los individuos en su nuevo hábitat.

Dentro de los informes periódicos del resolutivo se presentarán los resultados e indicadores que se generen por la ejecución del programa.

En el **Anexo IV.03** se presentan las coordenadas y el plano del área propuesta para la liberación de fauna silvestre.

C) Análisis, procedimiento de datos e interpretación de resultados

Una vez que haya concluido la liberación de individuos, se procederá a georreferenciar el sitio de liberación y se hará el registro del total de individuos liberados con el objetivo de llevar un control y seguimiento. Esta información será incorporada dentro de una base de datos en forma electrónica.

Enseguida de haber realizado esta actividad se procederá a realizar el mapeo de los sitios de liberación en el polígono propuesto para ello. La importancia de esta actividad es para que se vaya dando un seguimiento a los puntos o sitios de liberación de fauna silvestre. Anualmente personal técnico forestal y ambiental realizará un recorrido sobre los terrenos de la empresa, para evaluar y registrar la presencia de individuos de fauna silvestre que interactúan con el proyecto.

D) Punto de comprobación

Como se comentó anteriormente, en su momento se hará el registro de todos los puntos georreferenciados donde sean liberados los individuos de fauna silvestre, además se elaborará un plano donde se indique en la distribución final de los individuos con el objetivo de darle seguimiento a la información generada, y evaluar nuevas alternativas para la liberación de individuos durante la vida útil del proyecto.

Dentro de los informes de cumplimiento se presentarán los criterios técnicos y argumentos de las modificaciones, así como los resultados obtenidos en ese momento.

REGISTRO RECORRIDOS DE AHUYENTAMIENTO

Servicios de Consultoría Certificada S.C.

FECHA	SE REGISTRA CAPTURA		# DE ESPECIMENES	ESPECIMEN		COORDENADAS DE RECORRIDO	
	SI	NO		NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	INICIO (X)	FINAL (Y)

Figura IV. 2. Formato de registro de recorridos de ahuyentamiento.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

Clave: FORMATO 003

Título Registros directos e indirectos de fauna

Servicios de Consultoría Certificada S.C.

Sitio o polígono donde se desarrolla la actividad:_____ **Responsable:**_____

#	Fecha (dd/mm/aa)	Hora (24 hrs)	Tipo de especie	Tipo de avistamiento	Cantidad individuos	Lugar o Coordenadas x	y	Observaciones
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								

INSTRUCCIONES Y CLAVES. Sitio o Polígono: Indicar el área en donde se trabaja. REsponsable: Nombre de la persona que llena el formato. **Fecha:** Día, mes y año. **Hora:** Usar formato de 24 horas. **Tipo de especie:** Escribir el nombre común o científico según capacidad. **Tipo de avistamiento:** Observacion Directa (O), Nido activo (NA), Nido Inactivo (NI) Madriguera (Ma), Huella (H) Excreta. **Cantidad de individuos:** Escribir el numero de ejemplares observados, para registro indicrecto poner *X* **Lugar o Coordenadas:** En caso de ser posible describir las coordenadas de registro, especialmente en los de observación directa, huella, y nido activo, para el resto basta con indicar el sitio, por ejemplo "Patio industrial". **Observaciones:** cualquier información que pueda considerarse como valiosa por el responsable. El sistema de coordenadas sera UTM. WGS84

Figura IV. 3. Formato de registros directos e indirectos de fauna.

Servicios de Consultoría Certificada S.C.

PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

Clave	Título	Fecha	
FORMATO 004	Registro de captura de fauna		

REGISTRO DE SITIOS DE TRAMPEO

Codigos para trampas: **SH.- Sherman** **TH.- Tomahawk** **FT.- Fototrampa** **TC.- Trampa Casera**

		SE REGISTRA CAPTURA		# DE ESPECIMENES	ESPECIMEN		UBICACIÓN DE TRAMPA (UTM DATUM WGS-84)	
FECHA	TRAMPA	SI	NO		NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	X (ESTE)	Y (NORTE)

Figura IV. 4. Formato de registro de sitios de trampeo.

SCC Servicios de Consultoría Certificada S.C.	**PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL**			
	Clave	Título	Fecha	Elaboró/ Revisó
	FORMATO 005	**Registro de captura de fauna**		

REGISTRO DE CAPTURA DE FAUNA			
Fecha		Especie capturada	
DESCRIPCIÓN DEL INDIVIDUO		**FOTOGRAFÍA**	
CONDICIONES DE SALUD			
DATOS DE CAPTURA			
Hora		**Sitio o coordenadas**	
		X	**Y**
Tipo de trampa			
		Actividad que se desarrollaba al momento de la captura	
Tipo de carnada			
Tipo de contenedor para su manejo:			
DATOS DE LIBERACIÓN			
Hora		**Sitio o coordenadas**	
		X	**Y**
COMENTARIOS			
Nombre y firma del Responsable Captura			

Instrucciones.
Fecha: formato dd/mm/aa. **Especie Capturada**: Nombre común o científico de la captura. **Descripción del individuo**: Describir rasgos destacados del ejemplar tales como sexo, dimensión, colores, rasgos físicos, edad, etc. **Condiciones de salud**: describir el estado del ejemplar, pudiendo destacar: lesiones, saludable, daños, malformaciones, etc. **Fotografía**: se incluye en el archivo electrónico e impreso. **DATOS DE CAPTURA**: **Hora**: en formato 24 hrs la hora del registro. **Sitio o coordenadas**: coordenadas en el sistema UMT-WGS84. **Tipo de trampa**: describir el tipo de trampa. **Tipo de carnada**: describir el tipo de carnada. **Tipo de contenedor para su manejo**: describir el tipo de contenedor para su manejo. **Actividad que se desarrollaba al momento de la captura**: describir que actividad se realizaba cuando se registró la captura. **DATOS DE LIBERACIÓN: Hora**: en formato 24 hrs. **Sitio o coordenadas**: mismo que anterior. **Comentarios**: cualquier información que resulte relevante sobre los trabajos con el ejemplar. **Nombre y firma del responsable de la liberación**: Nombre del encargado de realizar la liberación.
En caso de que alguna información no aplique se responderá **NA**.

Figura IV. 5. Formato de registro de captura.

E) Calendario de comprobación

Se incluye el Calendario de Comprobación, así como el de las actividades donde se presentan por etapas las medidas a ejecutar para rescatar y liberar fauna silvestre.

- Registro de fauna silvestre. Durante la etapa de construcción se registrarán avistamientos, capturas y liberación de los individuos de fauna silvestre que interactúen en el proyecto y su área de influencia. Los resultados serán presentados dentro de los informes de cumplimiento.

F) Medidas de urgente aplicación

Para el caso de los individuos de fauna silvestre se ejecutarán las siguientes acciones:

- Se instalará señalización educativa en donde se prohíba su afectación y se promueva su protección.
- Se continuará rescatando y liberando aquellos individuos que se ubiquen dentro de los polígonos del proyecto.
- Se promoverá la protección de los individuos de fauna silvestre con todo el personal que colabore en el proyecto y vecinos de comunidades cercanas al proyecto.

Otras actividades

a) Acompañamiento de tractor. Se asignará a una persona capacitada en el rescate de fauna para que acompañe al tractor que estará realizando las actividades de despalme sobre la superficie del proyecto, en caso de detectar alguna especie en el sitio se hará la señal al operador del tractor para que se detenga y enseguida se proceda a rescatar a él o los individuos.
b) Prohibición de introducir fauna doméstica. En el área del proyecto se tendrá esta prohibición a todo el personal, sin embargo, los propietarios de los predios vecinos suelen visitar sus terrenos con cierta frecuencia acompañados de sus perros y caballos, además que es común ver la presencia de ganado vacuno en las cercanías del Proyecto.
c) Bitácora de obras. El Supervisor Ambiental del proyecto diariamente registrará en la bitácora, las actividades más sobresalientes realizadas durante la jornada laboral.
d) Propuesta de las acciones para que el albergue temporal y control del número total de los ejemplares que se vayan rescatando y que requieren ser mantenidos bajo cuidado antes de su plantación final.
e) Identificación y descripción de las áreas destinadas para la reubicación y/o liberación, especificando los criterios técnicos y biológicos aplicados para su selección.
f) Acciones emergentes cuando la sobrevivencia de los ejemplares sea menor al 80% del total de los individuos, con base en los datos obtenidos en los incisos c) y d) anteriores considerando un periodo de seguimiento de por lo menos cinco años.
g) Definición de los indicadores de seguimiento de las medidas a utilizar que ofrezcan evidencia del resultado favorable del rescate y la reubicación realizada (por ejemplo: porcentaje de sobrevivencia de los ejemplares o parte de ellos reubicados).
h) Calendarización de actividades y acciones a desarrollar.
i) Medidas de mitigación o compensación adicionales derivadas de los posibles impactos originados por la aplicación de las acciones de dicho programa.
j) Reporte de las actividades y resultados obtenidos (incluir anexo fotográfico que ponga en evidencia las acciones realizadas).

IV.3.3.3 Programa de Manejo y restauración de Suelo

1. Objetivo

Cumplir con lo dispuesto en el Artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable donde se estipula que no se provocará la erosión de los suelos.

1.1 Objetivos específicos

- Prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales que puedan generar las actividades del proyecto a través de la ejecución en campo de las actividades de protección y conservación de los suelos.

- Que el proyecto se ajuste y opere en apego a la prevención de la pérdida de suelo e incremento de la erosión.

- Mantener la productividad del suelo a largo plazo.

En el caso de este proyecto será necesario realizar actividades de compensación del suelo, con las siguientes medidas de mitigación, las cuales presentan el suelo recuperado con su ejecución.

Medida 1. Se reubicará la vegetación susceptible de ser replantada (18,700 plantas) en una superficie de 17 ha.

Medida 2. Se reforestará como medida de compensación de la remoción de la vegetación (22,550 plantas) en una superficie de 20.5 ha.

Medida 3. Se colocarán cordones de material vegetal para la recuperación de suelo en las mismas, distribuidas en las corvas de nivel del predio destinado a las medidas de mitigación (37.5 ha)

En la siguiente tabla se muestra la recuperación de suelo que se obtendrá con las medidas de mitigación descritas anteriormente.

Tabla IV. 31. Recuperación de suelo con las medidas de mitigación propuestas.

MM	Descripción	Suelo recuperado (ton)
M1	REUBICACIÓN O REPOSICIÓN (18,700 plantas en 17 ha)	2152.40
M2	REFORESTACIÓN COMO COMPENSACIÓN (22,550 plantas en 20.5)	2595.55
M2	CORDON DE MATERIAL VEGETAL (6,350 metros)	2667
TOTAL		7414.95

Suelo recuperado (ton)	>	Suelo que se pierde (ton)
7414.95	>	7412.19

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y el plano del área propuesta para las medidas de mitigación.

Perdida de suelo con la ejecución del proyecto

En la Tabla VI.32 se muestra la erosión hídrica y eólica que se presenta en el sitio sin el proyecto y con el proyecto donde el total de suelo a recuperar son **7,412.29 ton/año.**

Tabla IV. 32. Suelo por recuperar.

ESCENARIO	HÍDRICA	EÓLICA	TOTAL
Actual	2,197.89	490.08	2,687.97
Con CUS	8,793.33	1,306.83	10,100.16
TOTAL	10,991.22	1,796.91	**7,412.19**

IV.3.3.4 Programa de Manejo Integral de Residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) define a los residuos como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha, y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquidos o gases y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley. En función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP).

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Son aquellos generados en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas. Provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole, algunos ejemplos de estos residuos son: cartón, papel, vidrio, botellas de plásticos, hojas de papel, etc.

1. Objetivos

Los objetivos para el manejo integral de residuos en este proyecto consisten en:

- Realizar el manejo integral de todos los residuos que se generen en el desarrollo del proyecto.
- Cumplir con la legislación ambiental en materia de residuos.
- Proteger y recuperar los valores del ecosistema local.
- Crear cultura ambiental en materia de reciclaje y manejo integral de residuos.

2. Marco legal

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

Durante el desarrollo del proyecto se generarán diversos residuos, que pueden ir desde basura doméstica, residuos orgánicos y residuos de combustión, por lo que se debe tener conocimiento de cómo deberá ser el manejo de cada uno de ellos, aun cuando sean en cantidades mínimas, y de esta manera evitar afectaciones hacia el suelo o los cuerpos de agua.

Los Artículos aplicables al proyecto en relación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) son los siguientes:

Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán sub-clasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad

con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como los ordenamientos legales aplicables.

Artículo 20. La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de estos y cuya emisión estará a cargo de la SEMARNAT.

Normas Oficiales Mexicanas

Las normas aplicables al Proyecto en relación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos son las siguientes:

NOM-083-SEMARNAT-2003. *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.*

NOM-183-SEMARNAT/SS-2003.*Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.*

3. Manejo Integral de residuos

Para dar cumplimiento a los requerimientos legales que fueron descritos, a continuación, se detallan las actividades que corresponden a la planeación y ejecución de los trabajos de manejo integral de residuos para el proyecto.

Las actividades por ejecutar en este proyecto para el manejo integral y disposición final de los residuos sólidos y de manejo especial son como se muestra en la siguiente figura.



Figura IV. 6. Secuencia de las actividades de manejo de residuos.

3.1 Instalación de contenedores y letreros

Dentro del sitio del proyecto se instalarán contenedores en lugares estratégicos, particularmente donde haya mayor presencia de personal, y estos serán distribuidos de la siguiente manera: un contenedor para depositar residuos, y otros para botellas de plástico y latas de aluminio.

Durante la etapa de preparación y construcción, los contenedores serán constantemente reubicados conforme avanzan las actividades.

Cabe mencionar que dentro de las instalaciones del proyecto se contará con un sitio para almacén temporal de material reciclado.

3.2. Generación y separación de residuos

Se estima que, en el proyecto diariamente, los colaboradores van a generar residuos sólidos por el consumo de alimentos, la mayoría de estos serán botellas de plástico (PET), latas de aluminio, bolsas de plástico, botellas de vidrio y servilletas.

Todo el personal será responsable de separar y depositar todos sus residuos dentro de los contenedores instalados, además de tener ordenado y limpia el área donde ellos trabajen, con el fin de continuar fomentando las buenas prácticas de orden y limpieza.

3.3. Traslado de residuos

Con el uso de vehículos autorizados, los colaboradores designados, realizarán la recolección de los contenedores que contengan residuos sólidos dentro del área del proyecto, posteriormente, dependiendo de las características de estos, se procederá a trasladarlos hacia el sitio de almacén temporal (si es reciclable) o al relleno sanitario municipal (si son residuos). La recolección se hará cada tercer día o una vez que los contenedores estén al 80% de su capacidad.

3.4. Registro y venta de residuos reutilizables

Una vez que se cuente con un volumen considerable de material reciclable, se procederá a llevar el material al complejo de General Motors a la localidad de Ramos Arizpe para conciliarlo a una empresa que se dedique a la compra y venta de materiales reciclables. Se llevará a centros de disposición autorizados y llevando a cabo el plan de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos del promovente.

IV.3.3.5 Programa de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos

Los objetivos por obtener son los siguientes:

- Cumplir con los términos y condicionantes de las autorizaciones ambientales.
- Cumplir con la Legislación Ambiental.
- Que el Proyecto se ajuste y opere en apego a la sustentabilidad y a la protección de los recursos naturales.
- Proteger y recuperar los valores del ecosistema local.
- Crear cultura ambiental en materia de cuidado del agua.

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, los seres humanos dependemos de su disponibilidad, no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. En las últimas décadas, con la finalidad de producir más alimentos y energía, así como de dotar del servicio de agua potable a una población cada vez más numerosa, la demanda por el líquido ha crecido significativamente.

Otro problema importante relacionado con la posibilidad de utilizar el agua es su grado de afectación, ya que si no tiene la calidad adecuada se puede agravar el problema de la escasez. Las aguas de los cuerpos superficiales y subterráneos pueden ser afectadas por las

descargas de agua sin tratamiento previo, sea de aguas municipales, industriales, así como de los arrastres que provienen de las zonas que practican actividades agrícolas y pecuarias.

Aun cuando el tema del agua se ha centrado principalmente en las necesidades humanas, es indispensable destacar su importancia como elemento clave para el funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas naturales, su biodiversidad y la cadena de vida. Sin el agua que garantice su función y mantenimiento, los ecosistemas naturales se degradan, pierden su biodiversidad y con ello dejan de proveer o reducen la calidad de los bienes y servicios ambientales que sostienen a las sociedades.

Se ha estimado que existen alrededor de 1,400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales sólo el 2.5% corresponde a agua dulce (PNUMA, 2007). Este pequeño porcentaje se localiza principalmente en los ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo.

En ese sentido, las aguas residuales de origen urbano provienen de las viviendas, edificios públicos, industrias y de la escorrentía urbana que se colecta en el drenaje. Las aguas residuales contienen nutrimentos (nitrógeno y fósforo), organismos patógenos (bacterias y virus), materia orgánica, detergentes, metales pesados, sustancias químicas orgánicas sintéticas, hormonas y/o productos farmacéuticos (Silk y Ciruna, 2004).

Los ecosistemas acuáticos, tanto los dulces acuícolas como los costeros y oceánicos, participan de manera importante en el ciclo hidrológico, actuando como los reservorios más importantes del agua, y como las fuentes primarias del vapor que alcanza la atmósfera, y posteriormente regresa a ellos en forma de precipitación y escurrimientos.

En este sentido, actúan directa e indirectamente sobre los balances hídricos locales y regionales, es decir, sobre la disponibilidad del agua. Paralelamente, funcionan como receptores y filtros de los contaminantes que traen consigo las aguas que escurren y llegan a ellos, purificándolas y contribuyendo a mejorar su calidad.

Las medidas de mitigación que a continuación (Tabla IV.33) se presentan en el documento, son una estrategia para la protección y conservación de los cuerpos de agua con el fin de que se continúe aportando beneficios ambientales en la localidad.

Tabla IV. 33. Agua que se infiltra y recupera con las medidas de mitigación.

MED. MIT	DESCRIPICIÓN	Volumen recuperado (m3/año)
M1	Reubicación de 18,700 plantas	2158.99
M2	Reforestación como compensación de 22,550 plantas	2603.48
TOTAL		**4762.47**

Agua recuperada	**>**	**Agua que se pierde**
4762.47	**>**	**0.00**

Se contempla que la zona de estudio es una zona árida, donde (precipitación < evapotranspiración). En estos casos, la infiltración natural suele ser nula o cercana a cero, por lo que la metodología de retención mediante terrazas mecánicas individuales es la forma más directa de cuantificar el beneficio hídrico. Así mismo, el cálculo supone que las terrazas se llenan al menos una vez al año. Si en la zona hay tormentas intensas que llenan la terraza varias veces, el volumen recuperado podría ser mayor, pero se suele dejar en "1 llenado" como criterio conservador y seguro.

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y el plano del área propuesta para las medidas de mitigación.

IV.3.3.6 Programa de Emisiones a la Atmósfera

A lo largo de su historia, la humanidad ha buscado el disfrute de una vida con mayor bienestar y comodidad. Sin embargo, el desarrollo que ha experimentado para alcanzarlo ha ido acompañado de consumos masivos de recursos naturales y energéticos, así como de la generación de una variedad enorme de residuos y emisiones a la atmósfera que han causado una extensa degradación ambiental.

Históricamente los residuos generados por las actividades humanas e industriales se han descargado al ambiente con la idea errónea que tarde o temprano se degradarán o desaparecerán. El resultado es que actualmente las huellas de la actividad humana son evidentes en prácticamente cualquier lugar, incluso en aquellos que se encuentran alejados de los sitios donde se generan esos residuos. Un buen ejemplo de problemas ambientales que tienen implicaciones tanto locales como globales son los atmosféricos, de los cuales, los más importantes, por sus efectos sobre la salud de la población y los ecosistemas naturales y la reducción del espesor de la capa de ozono estratosférico.

Las acciones que a continuación se presentan son una estrategia para reducir la emisión de gases y polvos en el sitio del proyecto, a través de la ejecución de estas medidas se logrará evitar riesgos a las especies de fauna silvestre, así como a los colaboradores del proyecto.

1. Objetivos

Los objetivos por obtener son los siguientes:

- Evitar emisiones de polvos y gases hacia la atmósfera.
- Evitar afectaciones en las poblaciones de flora y fauna silvestre.
- Evitar afectación de la salud de los colaboradores por la generación de ruido y gases.
- Cumplir con los términos y condicionantes de las autorizaciones ambientales.
- Evitar accidentes por falta de visibilidad causada por la emisión de polvos.
- Cumplir con la legislación ambiental aplicable.

2. Marco legal

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Los Artículos aplicables del Reglamento de la LGEEPA y que se vinculan con el proyecto son los siguientes:

> *Artículo 10. Serán responsables del cumplimiento de disposiciones del Reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.*
>
> *Artículo 28. Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y de Energía, Minas e Industria Paraestatal, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.*

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales ambientales con que se relacionan con la afectación a la atmósfera en el desarrollo del Proyecto, son las siguientes:

- NOM-041-SEMARNAT-2015. *Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.*
- NOM-045-SEMARNAT-2017. *Niveles máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.*
- NOM-077-SEMARNAT-1995.*Opacidad de humo de vehículos en circulación que usan diésel.*
- NOM-080-SEMARNAT-1994. *Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.*

Para dar cumplimiento a los requerimientos legales que fueron descritos, a continuación, se detallan las actividades que corresponden a la planeación y ejecución de los trabajos de mitigación de emisiones para el Proyecto.

3. Ejecución de actividades para mitigar las emisiones a la atmósfera.

Las actividades por realizar en este proyecto para mitigar las emisiones por polvos y gases a la atmósfera son los que se muestran en la Tabla IV.34.

Tabla IV. 34. Medidas aplicables para el impacto a la atmósfera.

Impacto	Clave de medida	Medida	Tipo de medida	Etapa	Recursos	Indicador / Grado de cumplimiento
Alteración a la calidad del aire	Md-01	Riego de las áreas de trabajo y vialidades de construcción	Mitigación	Preparación y Operación	Camiones pipa de 10,000 L	Número de Riegos y bitácora de Riegos
	Md-02	Control de velocidad de vehículos y camiones de carga y acarreo en el sitio.	Mitigación	Preparación, operación y cierre	Instalación de señalética en accesos, vialidades internas y camino de servicios.	Número de señales instaladas
	Md-03	Mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipos	Mitigación	Preparación, operación y cierre	Programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria. Taller de mantenimiento. Insumos y refacciones apropiadas	Aplicación de servicios requeridos a la maquinaria conforma a la programación del mantenimiento. Formato de mantenimiento.
	Md-04	Riesgo para evitar emisiones de la combustión	Prevención	Preparación, operación y cierre	Instalación de señalética alusiva a no encender fuego	Número de señales instaladas

IV.3.3.7 Descripción de las medidas generales para la mitigación de los impactos

- **Riego de las áreas de trabajo y vialidades internas.**

A fin de minimizar la emisión y dispersión de polvos fugitivos, se humedecerán periódicamente los caminos de terracería y los frentes de trabajo dentro del polígono del Proyecto en los que se estén realizando actividades de preparación constructivas, siempre que esto no interfiera con las maniobras planeadas. Lo cual será posible a través del riego de agua con aspersores.

Esta actividad pretende aglomerar las partículas disponibles en el suelo que pudieran transformarse en partículas suspendidas por el desarrollo de las actividades previstas en la etapa de preparación (desmonte, despalme, cortes, rellenos, excavaciones, movimiento de tierras y materiales), así como por el tránsito de vehículos y maquinaria por los accesos, y paso de vehículos de carga, que se presentará de forma recurrente durante la etapa de construcción del proyecto.

El indicador de eficiencia será el conteo de recorridos de riego por semana, a través de una lista de control firmada por el supervisor ambiental, y una bitácora. No se considera la medición de partículas suspendidas, ya que el monitoreo no es representativo, toda vez que el tránsito no es constante.

La supervisión se hará mediante el llenado de una bitácora de riegos la cual será firmada de forma diaria por el coordinador ambiental.

- **Control de velocidad de vehículos y camiones de carga y acarreo en el sitio**

Una de las principales causas de la generación de Partículas Sólidas Totales (PST) en caminos de terracería es la velocidad, a mayor velocidad es mayor la cantidad de polvos que se genera durante el tránsito de un vehículo, de manera que una forma de reducir la presencia de este impacto es controlando la velocidad.

Esta medida, que se instrumentará en todas las etapas del Proyecto, teniendo vigencia durante las etapas de preparación, construcción y operación, tiene el objetivo de reducir la causa de generación de PST. Por lo que, se han definido límites de velocidad para los vehículos que transiten tanto en los accesos y vialidades internas, como en el camino de servicios y transporte de mineral, estableciendo límite de 20 km/h.

Así mismo, en los cursos de capacitación que le dará el personal que se integre a las labores del proyecto en cualquiera de sus etapas, especialmente a los conductores de vehículos y operarios de maquinaria, se les inducirá sobre las reglas de conducción, haciendo hincapié sobre los efectos que produce no acatar las medidas establecidas, en este caso, por no respetar los límites de velocidad.

- **Mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipos**

Todo equipo y maquinaria utilizada para las distintas actividades y obras del Proyecto, deberá contar con mantenimiento preventivo en donde se verifiquen aspectos generales, y se evalúe el estado de la maquinaria antes de su operación. Todas estas actividades deberán de llevarse a cabo en sitios acondicionados para tal fin durante las etapas de preparación y construcción, garantizando que en caso de derrames accidentales de hidrocarburos o

cualquier sustancia tóxica ambiental, no habrá afectaciones al suelo desnudo o a la vegetación.

Durante la etapa de operación, el mantenimiento a los equipos se deberá realizar en los talleres autorizados, que se localizan fuera del predio del proyecto. La revisión y el mantenimiento se realizarán con el fin de que los equipos, maquinaria y vehículos operen de forma óptima, controlando la seguridad de los operadores y mitigando los impactos ambientales a través de la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos y de la generación de ruido, así como previniendo fallas que deriven en derrames de hidrocarburos.

Para esta medida en particular, se cuenta con un formato de mantenimiento a vehículos y unidades, con el que se dará seguimiento puntual a la medida.

FORMATO DE MANTENIMIENTOS A VEHICULOS Y UNIDADES.

Empresa:_____

Vehiculo / Maquinaria:_____ Marca / Modelo:_____

Control	Fecha	Hora	Descripción de mantenimiento realizado o tipo de servicio.	Comentarios	Firma
MT001					
MT002					
MT003					
MT004					
MT005					

Figura IV. 7. Formato de mantenimiento de vehículos.

FORMATO 007
REVISIÓN MENSUAL DEL KIT DE DERRAMES

REVISIÓN MENSUAL
CORRESPONDIENTE AL MES DE:_____

EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	CONTRATISTA	FECHA DE REVISION	¿CUENTA CON EL KIT?	COMENTARIOS
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

COORDINADOR DEL PMA

NOMBRE:_____FIRMA:_____

Figura IV. 8. Formato de revisión del kit antiderrame.

- **Señalización preventiva y educativa**

Se entiende por señalización, al conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo que lo recibe frente ciertas circunstancias (riesgos, protecciones necesarias a

utilizar, etc.) que se pretenden resaltar. El objetivo es velar por la mínima afectación de los componentes ambientales durante la vida útil del proyecto.

Los señalamientos se diseñarán en forma sencilla, clara y objetiva, para que todo el personal que se ingrese al proyecto obtenga la información de las actividades que se realizan.

Algunos mensajes textuales de los señalamientos serán los siguientes:

- *"Área Reforestada ¡RESPÉTALA!"*
- *"Presencia de fauna ¡RESPÉTALA!"*
- *"Prohibido encender fuego"*
- *"Prohibido tirar basura"*
- *"Área de reubicación de flora ¡RESPÉTALA!"*
- *"Prohibido extraer plantas ¡RESPÉTALAS!"*
- *"Protege tu ambiente, uso obligatorio de sanitario ecológico"*
- *"Prohibido hacer reparaciones fuera del área asignada"*
- *"Límite de superficie autorizada"*

IV.3.3.8 Programa de reforestación como compensación de la remoción de la vegetación y pérdida de servicios ambientales

1. Objetivos

El objetivo principal es generar los lineamientos técnicos adecuados basados en las condiciones reales del Proyecto para cumplir con los compromisos de reforestación en un periodo de 5 años dentro de la cuenca, buscando compensar los impactos ambientales por la ocupación de superficies forestales del Proyecto.

1.1. Objetivos específicos

- Aprovechar la vegetación producto de las actividades de rescate para la reforestación de sitios propuestos.
- Contar con un procedimiento de reforestación.
- Restituir los sitios alterados en el Sistema Ambiental por actividades del proyecto.
- Producir planta en vivero (interno o externo) para ser usada en actividades de reforestación.

2. Metas

- Reubicar la vegetación removida con posibilidades de sobrevivir en una superficie 17 ha.
- Reforestar una superficie en la reforestación como medida de compensación (20.5 ha), que equivale a la recuperación de la vegetación que se va a remover.
- Incorporar una densidad de vegetación de 1,100 plantas/ha para el tipo de especies que se estará reubicando y reforestado con un índice de sobrevivencia del 80%.

3. Metodología de las actividades de reubicación y compensación

El promovente tiene el compromiso de reubicar vegetación en 17 ha y reforestar 20.5 ha, para mitigar y restaurar áreas, que en este caso corresponderá al programa de reubicación y reforestación de flora existente en el sitio susceptible de ser replantada.

Tabla IV. 35. Número de especies a reubicar y reforestar.

MM	Descripción	No. Plantas
M1	REUBICACIÓN (17 ha)	18,700
M2	REFORESTACIÓN COMO COMPENSACIÓN (20.5 ha)	22,550
TOTAL		41,250

3.1 Selección de especies sujetas a reforestación

Los principales criterios establecidos para la selección de especies sujetas a reforestación son:

Por su importancia ecológica:

- Estar enlistada tanto en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en la Lista Roja de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Por sus características biológicas:

- Ser de lento crecimiento o difícil regeneración.
- Tener probabilidad favorable de sobrevivencia.

Por los servicios ambientales que genera:

- Tener importancia cultural.
- Tener importancia económica.
- Ser estabilizadora y que favorezca a la retención de suelo.

Es importante mencionar que la planta seleccionada para las actividades de reforestación será la misma que resultó de los inventarios realizados en el área del sitio del proyecto. En ese sentido, se rescatarán y reubicarán las especies de cactáceas que se localicen en la superficie del proyecto. En la Tabla IV.36 se indican las especies susceptibles a ser reubicadas.

Tabla IV. 36. Individuos por rescatar y reubicar.

Individuos por reubicar				
Id	Nombre común	Nombre científico	Criterio de selección	Total de individuos
1	Biznaga partida	*Coryphantha macromeris*	Importancia ecológica	290
2	Alicoche sanjuanero	*Echinocereus stramineus*	Importancia ecológica	1930
3	Alicoche real	*Echinocereus enneacanthus*	Importancia ecológica	3956
4	Biznaga barril costillona	*Ferocactus hamatacanthus*	Importancia ecológica	1737
5	Biznaga de la Sierra Bola	*Mammillaria grusonii*	Importancia ecológica	97
6	Biznaga china	*Mammillaria heyderi*	Importancia ecológica	10326
7	Biznaga de Saltillo	*Mammillaria winterae*	Importancia ecológica	290
8	Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	Importancia ecológica	9
9	Tasajillo	*Cylindropuntia leptocaulis*	Importancia ecológica	9
10	Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	Importancia ecológica	9
11	Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	Importancia ecológica	9
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Importancia ecológica	9
13	Nopal cegador	*Opuntia rufida*	Importancia ecológica	9
14	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	Importancia ecológica	9
15	Abrojo	*Cylindropuntia tunicata*	Importancia ecológica	11
TOTAL				18700

Se están manejando 1,100 terrazas individuales/hectárea y se colocarán 1 especie por terraza. De tal manera que la cantidad de terrazas por realizar serán 41,250. A razón de 1,100 terrazas individuales/hectárea se requerirá una superficie de 17.5 ha para la reubicación y 20.5 ha para la reforestación para compensar la pérdida de servicios ambientales.

Tabla IV. 37. Número de terrazas por construir.

Tipo de plantación	Número de especies a reubicar por tipo de vegetación	Núm. especies a plantar/terraza	Núm. de terraza	Superficie	Densidad de plantación	Total de terrazas
Reubicación	18,700	1	18,700	17	1,100	**41,250**
Reforestación	22,550	1	22.500	20.5	1,100	

Especies por reforestar

Las plantas que se recomiendan reforestar para compensar la remoción de la vegetación son las que se presentan en la Tabla VI.38.

Tabla IV. 38. Individuos propuestos para ser reforestados.

Individuos por reforestar				
Id	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Proporción**	**Total de individuos**
1	Mezquite	*Neltuma glandulosa*	40%	9020
2	Cardenche	*Cylindropuntia imbricata*	21%	4736
3	Nopal violáceo	*Opuntia macrocentra*	4%	902
4	Nopal real	*Opuntia mycrodasis*	9%	2030
5	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	10%	2255
6	Nopal cegador	*Opuntia rufida*	7%	1579
7	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha*	9%	2030
TOTAL				**22550**

De tal manera que con los individuos vegetales rescatados y reubicados; y los reforestados como compensación de la remoción de la vegetación se alcanza el total 41,250 individuos plantados.

4. Selección del sitio de plantación

Un sitio de Reforestación es una superficie bien definida y finita, seleccionada por condiciones particulares dentro de la Microcuenca. El sitio de reforestación corresponde a una superficie reforestada con plantas producto de rescate o de vivero.

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y el plano del área propuesta para las medidas de mitigación.

Para la selección del sitio de reforestación se siguieron los siguientes criterios:

- Que el área no sea programada para una ocupación futura por otras obras.
- El área debe representar las características de espacio para el establecimiento de la reforestación.
- Que el área no cuente con la capacidad de repoblarse de vegetación de manera natural en el corto plazo (1-5 años).

- El área seleccionada debe estar dentro del Sistema Ambiental en terrenos de la donación pura.
- Que la propiedad y uso del suelo permita el establecimiento de las acciones de reforestación.
- Que las áreas cuenten con las características de microclima, pendiente y exposición para cada una de las especies propuestas.

Siguiendo estos criterios básicos se han seleccionado el sitio de reforestación, definiendo y proponiendo el polígono bien delimitado para ejecutar en él la plantación.

5. Análisis de especies adecuadas por rodal

Para la selección de las especies que pueden ser reforestadas en los sitios seleccionados, se hacen recorridos de campo, en donde se identifican las condiciones de microclima, pendiente y exposición, y las especies nativas que se encuentran en esas áreas.

- *Suministro de plantas de vivero*
- *Suministro por viveros comerciales autorizados*

6. Diseño de plantación

Para las actividades de reforestación se podrán considerar los siguientes métodos para el diseño de plantación:

- *Tresbolillo*

Dependiendo de las características de planta a incorporar se podrán realizar adecuaciones en el diseño de la plantación, siempre considerando los criterios del asesor forestal asignado para estas tareas.

- *Obras de conservación y restauración de suelos*

Dentro del diseño de plantación para cada rodal, se considera mezclar la reforestación con obras de conservación de suelos.

Estas obras tienen una metodología y fines específicos, los cuales pueden hacer una diferencia considerable en la sobrevivencia de la planta.

7. Densidad de la plantación para el diseño tresbolillo

Como se comentó anteriormente, el diseño de plantación propuesto se denomina tresbolillo, en este diseño las plantas se colocan formando triángulos equiláteros (lados iguales). En el caso de la reforestación el indicador que mide la aplicación y ejecución de esta actividad es el número de planta reforestada por rodal.

De acuerdo con las condiciones topográficas que predominan en la región donde se ubica el proyecto, se optará por que el diseño a utilizar de plantación sea a “Tresbolillo”. Con este tipo de diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y a su vez aprovechar los escurrimientos. En el cálculo de la densidad de la plantación se considera para las prácticas de compensación ambiental.

En este sentido, y considerando la superficie a reubicar que corresponde a 17 ha y 20.5 ha para la compensación de la remoción de vegetación, se determinó que la densidad promedio de la plantación será de 1,100 plantas por hectárea.

8. Técnica de plantación propuesta

Sistema de terraza individual o cepa común

Consiste en hacer una apertura de suelo de 70 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 cm (es la tierra más fértil) y, en el otro lado, la tierra de los 20 cm más profundos.

Al momento de la plantación hay que tener las siguientes consideraciones:

- Previo a la plantación, se hará la poda de raíz si esta es necesaria, recortando las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular.
- Si se podara la raíz es necesario podar un poco el follaje lateral para compensar la pérdida de raíces y evitar la deshidratación de la planta en tanto se arraiga en el terreno.
- Enseguida se quitará el envase sin dañar la raíz (retirar el envase de plástico de la planta).
- Antes de colocar el árbol en la cepa, se agregará la tierra superficial (más fértil) para que la planta tenga mejor disposición de nutrientes.
- Después de haber colocado la planta, se rellenará con la tierra más profunda y se compactará la tierra de tal forma que no quede tan fuerte para permitir la aireación y drenaje en el suelo.
- Se recomendará compactar ligeramente el suelo para que no queden espacios de aire en la cepa, y así evitar la deshidratación de la raíz de la planta, ya que desde su extracción del vivero hasta la plantación está sujeta al estrés físico por el traslado.

9. Establecimiento de plantación

El adecuado establecimiento de una plantación considera una serie de etapas o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta (limpia del terreno a plantar, la fertilidad del suelo, preparación del sitio, entre otros).

10. Habilitación del terreno

El objetivo de esta etapa es obtener un terreno limpio para que las plantas puedan establecerse y crecer adecuadamente, además de facilitar las labores de plantación.

11. Preparación del suelo

El objetivo de esta actividad es dejar el suelo en condiciones tales que permita una mayor retención del agua, que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad, y promover el desarrollo de un mejor sostén de la planta, y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil. Favorece a su vez, la penetración del agua y el aire a mayor profundidad, además de un mejor control de malezas, arbustos y otros.

Esta actividad se programará en períodos secos y cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permitirá prevenir procesos como compactación y remoción excesiva. Se recomendará que la preparación se efectúe en curvas de nivel, con el objetivo de proporcionar un mejor aprovechamiento del agua por la planta al interceptar su paso y quedar más tiempo retenida en la línea de preparación.

La preparación del terreno en general será con el menor movimiento de tierra y vegetación posible, (en algunos casos se recomienda el acomodo de material vegetal muerto), se propone que la preparación sea manual, con la finalidad de ocasionar una menor cantidad de procesos erosivos. El método propuesto es mediante la confección de terrazas individuales, el que consiste en efectuar un corte en forma de medialuna, donde se construye la terraza de unos 30 cm de altura a 70 cm de diámetro, ligeramente inclinada hacia adentro. La tierra debe apisonarse, cuidando que los cortes no se efectúen en forma vertical sino inclinada.

El hoyo de la plantación se prepara en el medio de la terraza, si existen piedras o materiales vegetales muertos disponibles se pueden utilizar para reforzar la terraza por el lado inferior de la pendiente.

Si bien en otro tipo de reforestaciones (con fines comerciales) se recomienda la eliminación de malezas, en este caso se recomendará que las malezas, arbustos y otra vegetación que se encuentre en el área de reforestación permanezcan en el sitio, programando la eliminación solamente de aquella que interfiera directamente con el área de cavado de la cepa.

12. Plantación

La plantación es la acción de reforestar un área determinada, es decir, la colocación de plántulas en el suelo.

Es importante realizar esta actividad en la forma y época adecuada, ya que de lo contrario los objetivos por los cuales se efectúa la plantación pueden no ser cumplidos a causa de los múltiples factores asociados a estos criterios: elevada densidad de plantación que provoca una competencia por nutrientes y agua entre las plantas; efectos negativos en el desarrollo posterior en cuanto a productividad del bosque; temporadas de plantación en la cual la humedad en el suelo sea menor que la requerida por la planta durante las primeras etapas de crecimiento, método inadecuado de plantación para las condiciones de sitio existentes, y defectos en la plantación por plantas inclinadas, raíces principal y secundarias en posiciones anormales o comprimidas, entre otros.

13. Temporada de plantación

Para lograr un buen prendimiento y desarrollo posterior de las plantas es necesario realizar la plantación en la época adecuada, considerando las condiciones edafoclimáticas del lugar y los requerimientos de la especie. El suelo debe encontrarse húmedo/friable, y además deben existir expectativas razonables de precipitaciones posteriores a la plantación.

La plantación no debe realizarse en la temporada de estiaje, ya que así se evita el posterior marchitamiento de las plantas.

Tomando en cuenta las condiciones climáticas que prevalecen en el área del proyecto, se recomienda que la época de plantación se realice en la temporada de precipitaciones (junio-septiembre).

14. Cercado

El objetivo principal es asegurar la exclusión de ganado, o animales de talla mayor de cualquier tipo, durante la etapa de establecimiento y prendimiento de la planta (aproximadamente 5 años), ya que, en estos terrenos, fruto de la exclusión, los pastos se desarrollarán con más vigor, por lo que los animales tenderán a entrar a la zona plantada, con el consiguiente daño mecánico a las plantas por pisoteo, o simplemente ramoneo de las mismas.

15. Material para cercado

Debido a que se pretende proteger a la reforestación del ganado vacuno, se propone el uso de alambre de púas, o cerca perimetral electrosoldada.

16. Indicadores de realización

El indicador que mide el éxito de la reforestación de los rodales con planta producto de rescate y reforestación corresponde a **41,250 plantas** (18,700 de rescate y reubicación) y (22, 550 de reforestación) en un periodo máximo de 5 años.

17. Indicador de eficacia

El indicador que mide el éxito de la reforestación de los rodales con planta de vivero corresponde al porcentaje de sobrevivencia. Se contará con un 80% de sobrevivencia de la planta reforestada, misma que se establecerá y se desarrollará, es decir, que en el total de la superficie reubicada (17 ha) y superficie reforestada como compensación (20.5 ha), se cuente con una población mínima de **33,000 plantas** en un periodo de 5 años.

18. Análisis, procedimiento de datos e interpretación de resultados

Una vez que haya concluido la reforestación de cada rodal se procederá a georreferenciar la superficie reforestada, y se hará el censo total de la planta incorporada con el objetivo de llevar un control y seguimiento. Esta información será incorporada dentro de una base de datos, en forma electrónica.

Enseguida de haber realizado esta actividad, se procederá a realizar el etiquetado y geoposicionamiento del 5% de la planta reforestada en cada rodal. La importancia de esta actividad es para que se vaya dando un seguimiento al desarrollo y establecimiento de la planta reforestada.

Anualmente personal técnico realizará un recorrido sobre los rodales reforestados con el objetivo de evaluar la sobrevivencia de la planta, además de evaluar la sobrevivencia se obtendrán diferentes variables al momento de la toma de datos en campo como lo son, el estado sanitario y el vigor de la planta.

19. Punto de comprobación

En el **Anexo IV.02** se presentan las coordenadas y el plano del polígono propuesto a reforestar en un periodo de seis meses. Sin embargo, hay que mencionar que, una vez

finalizada la reforestación de cada rodal o sitio de reforestación, se procederá a georreferenciarlo para tener el registro de los siguientes datos: superficie, ubicación y componente ambiental que se beneficia.

20. Calendario de trabajo anualizado

La reforestación se tiene planeada a lo largo de 6 meses:

- Etapa de preparación y construcción. En esta etapa se tienen dos mecanismos de acción, el primero es llevar a cabo el programa de rescate y reubicación de flora. El otro mecanismo es la compra de planta de viveros de la región donde se garantice que dicha planta tiene la procedencia del Sistema Ambiental o de ecosistemas similares.

- Etapa operativa. Continuar con la producción de planta, buscando cumplir los compromisos de reforestación sobre las superficies seleccionadas anualmente. La producción de planta por especie la determinará la superficie que se programe, ya que las superficies seleccionadas cuentan con las posibilidades de recibir cierto tipo de especies. Durante estos años se favorecerá la producción de planta en el vivero interno, pero en caso de presentarse contratiempos o de cambiar los objetivos de este, se podrá hacer uso de las otras opciones para la producción de planta descritas en este documento.

En el **Anexo I.13** se presenta el Plazo y forma de ejecución del proyecto y cronograma del cambio de uso de suelo que están relacionadas con la reforestación, mantenimiento, monitoreo y registro de información.

21. Medidas de urgente aplicación

En caso de no lograr alcanzar las metas establecidas que corresponde a la sobrevivencia y establecimiento del 80% de la planta reforestada, se ejecutarán las siguientes medidas:

1. Reposición de planta muerta en cada ciclo de lluvias.
2. Eliminar toda vegetación indeseable que limite su desarrollo.
3. Uso de fertilizantes a base de abonos naturales o fertilizantes orgánicos.
4. Riegos (programados y de auxilio).
5. Acondicionamiento de cepas.

22. Mantenimiento de la plantación

En caso de ser necesario, se establecerá un calendario de actividades de mantenimiento, en el cual serán consideradas las siguientes actividades:

- Riegos (programados y de auxilio)
- Podas
- Aplicación de plaguicidas o fertilizantes autorizados
- Reposición de planta muerta
- Señalización
- Acondicionamiento de cepas

IV.3.4 Impactos residuales

Son los impactos ambientales que aún con la aplicación de las medidas de mitigación, persisten sus efectos sobre algún componente o proceso sistémico. La identificación y valoración de los impactos ambientales es fundamental debido a que representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente, lo que aporta la información del "costo ambiental" del proyecto, con respecto a la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de bienes y servicios ambientales en la CH.

Se está considerando impactos ambientales residuales significativos únicamente al paisaje por las construcciones y remoción de la vegetación, debido a que las medidas de mitigación estarán evitando y compensando la pérdida de servicios ambientales durante todas las etapas del proyecto.

Suelo:

- No se consideran impactos ambientales residuales, debido a que se realizarán obras de conservación de suelo.

Atmósfera:

- De los impactos identificados durante las etapas del proyecto, no son susceptibles a presentar efectos residuales, ya que la disminución de la calidad del aire (material particulado y emisiones) es temporal. Sin embargo, los efectos residuales de este impacto se consideran irrelevantes e insignificantes, debido a la facilidad de dispersión de polvos y contaminantes en la atmósfera.

Fauna:

- Los efectos ambientales residuales sobre la distribución espacial y temporal de fauna se consideran muy poco significativos, tomando en cuenta que se realizarán actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación. Sin embargo, algunos ejemplares podrían no adaptarse a su nuevo hábitat. Dicho esto, los impactos residuales generados sobre este componente son poco significativos, ya que no existen situaciones con alta probabilidad de efectos permanentes o largo plazo de gran magnitud sin solución desde el punto de vista técnico.

Paisaje:

- Se pueden considerar como impactos ambientales residuales ya que las construcciones del proyecto permanecerán durante toda la vida del proyecto e incluso se verá la posibilidad de continuar operando por un mayor periodo haciendo los trámites ambientales correspondientes y las adecuaciones a las instalaciones.

IV.3.5 Impactos acumulativos

Tomando en cuenta los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando u ocurrieron como resultado de las actividades humanas, y otros desarrollos industriales en la zona, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales, se toman en cuenta:

- Los efectos de actividades pasadas, presentes y futuras que han modificado los sistemas de la zona.
- Los cambios predecibles sobre el ambiente que podrían razonablemente esperarse del proyecto propuesto, en combinación con las actividades humanas en la CH.
- Evaluación de la suma total de alteraciones similares a aquellas relacionadas con el proyecto propuesto, como emisiones atmosféricas que incluyan otras fuentes de emisiones.

El Proyecto “LAGUNAS DE EVAPORACIÓN (SOLAR PONDS) PARA EL MANEJO DE AGUA DE RECHAZO DE OSMOSIS INVERSA”, no conlleva por su naturaleza impactos acumulativos significativos, que son aquellos que pueden ser acentuados o sumados a los impactos a determinado factor ambiental, ya sean entre las obras pretendidas, obras y actividades existentes e incluso, por la dinámica natural, y de uso de suelo del terreno y zona.

El Proyecto, para fines descriptivos de impactos acumulativos, descarta como relevantes a las afectaciones que pueden llegar a ser acumulativas, pero cuyos efectos presentan características de persistencia fugaz o temporal, reversibles a corto plazo, y recuperables a corto o mediano plazo. Para efectos de relevancia en la acumulación de impactos, se consideran como relevantes a aquellos impactos identificados como principales y que presentan efectos permanentes, irreversibles, que implican necesidad de medidas de mitigación o que puedan llegar a ser irrecuperables.

Los impactos relevantes y acumulativos del Proyecto corresponden a:

Incremento del ruido debido en la zona cercana:

- El Proyecto generará un incremento en los niveles sonoros del sitio, provocado por el uso de toda la maquinaria y vehículos de traslado de materiales de construcción. Este impacto se incrementará, por lo que se considera que será acumulativo al impacto presente generado por el tráfico de vehículos de carga pesada como tráileres que transitan por la carretera Saltillo - Monterrey que colinda con el área del proyecto.

IV.3.6 Planes de Contingencia y Respuesta de Emergencia.

Con el propósito de proteger la integridad del personal, prevenir afectaciones al ambiente y garantizar la continuidad operativa del proyecto, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre se implementará un **Plan de Contingencia y Respuesta de Emergencias**, alineado con el Programa de Seguridad y Salud y con el Programa Ambiental contemplados para el proyecto.

Objetivos

- Salvaguardar la vida y salud de los trabajadores.
- Minimizar los impactos ambientales derivados de eventos no previstos.
- Establecer procedimientos claros de respuesta.
- Reducir los tiempos de atención ante una emergencia.
- Garantizar la comunicación oportuna con las autoridades competentes.

Organización para la atención de emergencias

Durante todas las etapas del proyecto se designará un responsable de seguridad y una brigada de respuesta integrada por personal previamente capacitado en:

- Primeros auxilios.
- Combate inicial de incendios.
- Evacuación.
- Control de derrames.
- Comunicación de emergencias.

Todo el personal recibirá capacitación antes del inicio de actividades y participará periódicamente en simulacros.

Riesgos identificados

Con base en las actividades del proyecto, los principales escenarios de emergencia corresponden a:

Preparación del sitio y construcción

- Accidentes con maquinaria pesada.
- Atropellamientos o colisiones internas.
- Incendios por falla mecánica.
- Derrames accidentales de combustibles durante el abastecimiento o traslado de maquinaria.
- Caídas del personal.
- Fenómenos meteorológicos (lluvias intensas o vientos fuertes).

Estas actividades consideran la movilización de maquinaria pesada, implementación de programas de seguridad, delimitación del área de trabajo e inspecciones ambientales previas.

Operación

- Fugas de salmuera.
- Daño o ruptura de la geomembrana.
- Fallas en tuberías.
- Derrames durante mantenimiento.

La operación contempla monitoreo permanente del nivel de agua, revisión del revestimiento, mantenimiento preventivo y protocolos para prevenir contaminación y fugas.

Cierre y abandono

- Derrames durante retiro de infraestructura.
- Accidentes por demolición.
- Manejo inadecuado de residuos.
- Exposición del personal durante el retiro de geomembranas.

Procedimiento de respuesta en caso de derrame de combustibles

1. Suspender inmediatamente la fuente del derrame.
2. Delimitar el área afectada.
3. Utilizar material absorbente.

4. Recuperar el material contaminado.
5. Colocar los residuos en recipientes etiquetados.
6. Entregar los residuos a un gestor autorizado.
7. Registrar el incidente.

Cabe señalar que el mantenimiento de maquinaria se realizará fuera del proyecto, disminuyendo significativamente la probabilidad de este tipo de contingencias.

Procedimiento de respuesta en caso de fuga de salmuera

1. Suspender el ingreso de agua al estanque.
2. Aislar el área.
3. Localizar el punto de fuga.
4. Recuperar el líquido derramado.
5. Reparar la geomembrana mediante procedimientos especializados.
6. Verificar nuevamente la hermeticidad antes de reiniciar operaciones.

Procedimiento de respuesta en caso de incendio

1. Activar la alarma.
2. Notificar a Protección Civil.
3. Utilizar extintores únicamente cuando el fuego sea incipiente.
4. Evacuar al personal.
5. Suspender toda actividad cercana.

Procedimiento de respuesta en caso de accidentes personales

1. Detener inmediatamente las actividades.
2. Aplicar primeros auxilios.
3. Solicitar atención médica.
4. Trasladar al lesionado si es necesario.
5. Elaborar el reporte del incidente.
6. Implementar acciones preventivas para evitar recurrencias.

Procedimiento de respuesta en caso de lluvias extraordinarias

1. Suspender trabajos de excavación.
2. Revisar bordos y canales de desvío.
3. Inspeccionar la estabilidad de taludes.
4. Verificar el funcionamiento del drenaje pluvial.
5. Reiniciar actividades únicamente cuando existan condiciones seguras.

Procedimiento de respuesta en caso de vientos fuertes

1. Suspender maniobras con grúas.
2. Asegurar materiales ligeros.
3. Resguardar maquinaria.
4. Evitar trabajos en altura.

Equipo de respuesta

El proyecto dispondrá, como mínimo, de:

- Botiquines de primeros auxilios.
- Extintores tipo ABC.
- Material absorbente para derrames.
- Equipo de protección personal.
- Radios o teléfonos de comunicación.
- Señalización preventiva.
- Vehículo para traslado de personal.

Comunicación

- Protección Civil.
- Cuerpo de Bomberos.
- Servicios Médicos.
- Autoridades ambientales, cuando exista afectación al ambiente.

Medidas preventivas

Previo al inicio de actividades se implementarán las siguientes acciones:

- Capacitación continua del personal.
- Señalización de áreas de riesgo.
- Delimitación física del sitio.
- Inspecciones periódicas de maquinaria.
- Revisión continua de geomembranas.
- Monitoreo permanente de niveles de las lagunas.
- Inspecciones ambientales.
- Simulacros de emergencia.

Estas medidas forman parte de los programas de seguridad y salud, así como del programa ambiental previstos para la preparación del sitio y la construcción del proyecto.

Seguimiento posterior a la emergencia

Después de cualquier contingencia se realizará:

- Investigación de las causas.
- Evaluación de daños.
- Restauración ambiental del área afectada, en caso de ser necesario.
- Implementación de acciones correctivas y preventivas.
- Actualización del Plan de Contingencias cuando proceda.
- Elaboración del informe correspondiente.

IV.3.7 Medidas Socioeconómicas.

El proyecto **"Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa"**. Contempla implementar acciones que favorezcan el desarrollo económico regional, protejan la seguridad y salud del personal, mantengan una adecuada relación con las comunidades cercanas y prevengan afectaciones derivadas de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto.

A continuación, se describen las medidas socioeconómicas durante la ejecución del proyecto.

Preparación del sitio y construcción

Generación de empleo

- Priorizar, en la medida de lo posible, la contratación de mano de obra local y regional para las diferentes actividades del proyecto.
- Favorecer la adquisición de bienes y servicios con proveedores establecidos en el municipio de Ramos Arizpe y su zona de influencia.

Se hace mención que el proyecto forma parte del desarrollo industrial del Complejo Ramos Arizpe, uno de los principales generadores de empleo e inversión de la región.

Seguridad y salud ocupacional

- Capacitación del personal.
- Señalización preventiva.
- Identificación de áreas de riesgo.
- Definición de rutas internas de circulación.
- Uso obligatorio de equipo de protección personal.
- Supervisión permanente de las actividades.

Información y control de acceso

- Delimitar físicamente las áreas de trabajo.
- Colocar señalización preventiva e informativa.
- Restringir el acceso a personal no autorizado.
- Mantener condiciones seguras para trabajadores y visitantes.

Orden y limpieza

- Mantener las áreas de trabajo limpias.
- Instalar contenedores para residuos sólidos urbanos.
- Retirar periódicamente los residuos mediante empresas autorizadas.
- Evitar la dispersión de residuos fuera del proyecto.

Servicios para el personal

- Campamentos temporales.
- Oficinas móviles.
- Sanitarios portátiles.
- Agua para consumo humano.
- Energía eléctrica provisional.

Estas instalaciones permitirán mantener condiciones adecuadas de higiene y bienestar para los trabajadores.

Operación

Conservación de empleos

- Operación de los estanques.
- Monitoreo ambiental.
- Inspecciones técnicas.
- Mantenimiento preventivo.
- Supervisión de seguridad.

Prevención de afectaciones a terceros

- Monitoreo permanente del nivel de agua.
- Inspección periódica de la geomembrana.
- Prevención de fugas.
- Control de vegetación.
- Mantenimiento de caminos y obras hidráulicas.

Manejo sanitario

Las aguas residuales generadas por el personal serán manejadas mediante sanitarios portátiles administrados por empresas autorizadas, evitando descargas al suelo o cuerpos de agua.

Cierre y abandono del sitio

- Realizar un cierre ordenado de las operaciones.
- Manejar adecuadamente la salmuera remanente.
- Disponer correctamente las sales y sedimentos.
- Desmantelar la infraestructura de manera segura.
- Restaurar ambientalmente el sitio.
- Ejecutar un programa de monitoreo post-cierre.

Beneficios socioeconómicos esperados

De acuerdo con el proyecto, los principales beneficios socioeconómicos son:

- Fortalecimiento de la infraestructura industrial del Complejo Ramos Arizpe.
- Conservación de la competitividad del complejo automotriz.
- Generación de empleos temporales durante la construcción.
- Conservación de empleos permanentes durante la operación.
- Contratación de proveedores y prestadores de servicios locales.
- Contribución al desarrollo económico del municipio de Ramos Arizpe y del corredor industrial Saltillo–Ramos Arizpe.

IV.3.8 Compensación por Pérdidas o Daños

El proyecto **"Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa"**. Contempla establecer las acciones que permitan reparar, restaurar o compensar cualquier pérdida o daño ocasionado por las actividades del proyecto sobre los componentes ambientales, la infraestructura o terceros, garantizando el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable y de las condicionantes establecidas por las autoridades competentes.

Actuación ante situaciones de emergencia

En caso de presentarse una afectación derivada de la ejecución del proyecto, el promovente deberá aplicar los siguientes principios:

- Atender de manera inmediata la contingencia.
- Contener la fuente del daño.
- Evaluar la magnitud de la afectación.
- Implementar acciones correctivas.
- Restaurar las condiciones originales.
- Cumplir con las obligaciones que determinen las autoridades competentes.

Compensación por daños ambientales

En caso de que las actividades del proyecto ocasionen afectaciones no previstas al ambiente, se deberán implementar las siguientes medidas:

- Restauración inmediata de las áreas afectadas.
- Rehabilitación del suelo cuando exista alteración por derrames o movimientos extraordinarios de tierra.
- Reparación o sustitución de la geomembrana en caso de fugas.
- Limpieza y recuperación de materiales derramados.
- Reforzamiento de las medidas de control ambiental.

Compensación por daños a flora y fauna

En caso de presentarse afectaciones adicionales a las autorizadas:

- Se realizarán acciones de rescate y reubicación de ejemplares que puedan verse afectados.
- Se dará cumplimiento a las medidas de compensación establecidas en la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

Durante la etapa de construcción el proyecto contempla actividades de rescate y reubicación de flora y fauna, recuperación de suelo vegetal, reforestación de fauna nativa como compensación y aplicación de programas ambientales.

Compensación por daños a infraestructura

En caso de ocasionarse daños a infraestructura pública o privada durante la construcción u operación del proyecto, el promovente deberá:

- Reparar la infraestructura afectada.
- Restituir las condiciones originales.
- Cubrir los costos de reparación cuando el daño sea atribuible al proyecto.
- Coordinar las acciones con los propietarios o autoridades correspondientes.

Especial atención deberá mantenerse durante los trabajos cercanos al Derecho de Vía de las líneas de transmisión eléctrica existentes dentro del predio.

Restauración durante el cierre del proyecto

Como parte de la compensación ambiental al finalizar la vida útil del proyecto, la MIA contempla:

- Gestión final de la salmuera residual.
- Manejo y disposición adecuada de sales y sedimentos.
- Desmantelamiento de la infraestructura.
- Retiro o neutralización del sistema de impermeabilización.
- Rehabilitación del suelo.
- Restauración ambiental integral del sitio.
- Monitoreo post-cierre para verificar la ausencia de impactos residuales.

Estas actividades buscan devolver el terreno a condiciones óptimas y comprobar que no permanezcan efectos ambientales adversos al término del proyecto.

IV. 4 Estudio de riesgo

De conformidad con lo establecido en los artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como en el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el proyecto "Lagunas de Evaporación (Solar Ponds) para el Manejo de Agua de Rechazo de Ósmosis Inversa" no requiere la elaboración de un Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre no se manejarán sustancias altamente peligrosas en cantidades iguales o superiores a los umbrales establecidos en el Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, emitidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El proyecto tiene como finalidad la disposición de agua de rechazo proveniente del sistema de ósmosis inversa mediante estanques de evaporación solar, por lo que las actividades se limitan principalmente a movimientos de tierra, construcción de infraestructura, conducción de salmuera y operación de las lagunas impermeabilizadas con geomembrana HDPE. Durante la operación no se emplean reactivos químicos peligrosos, procesos de transformación química ni almacenamiento de sustancias clasificadas como altamente peligrosas en volúmenes que rebasen los umbrales regulatorios.

Respecto al combustible utilizado por la maquinaria de construcción, éste corresponde únicamente a diésel para el funcionamiento de los equipos móviles. Sin embargo, **no se contempla el almacenamiento de combustible dentro del área del proyecto**, ya que el abastecimiento se realizará diariamente en estaciones de servicio autorizadas ubicadas fuera

del sitio del proyecto. Asimismo, los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria se efectuarán en talleres especializados externos, evitando el almacenamiento de combustibles, aceites, lubricantes u otros materiales peligrosos dentro del predio.

En consecuencia, el proyecto no constituye una actividad altamente riesgosa desde el punto de vista ambiental, al no existir procesos que involucren el manejo, almacenamiento o utilización de sustancias altamente peligrosas por encima de los umbrales establecidos en la normatividad aplicable. Por ello, **no resulta procedente la elaboración de un Estudio de Riesgo Ambiental**, siendo suficiente la implementación de las medidas preventivas, los programas de seguridad y salud, el programa ambiental y el plan de atención a contingencias previstos en la Manifestación de Impacto Ambiental para garantizar la protección de las personas y del medio ambiente durante todas las etapas del proyecto.