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

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

I.1. Proyecto

El proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua", se ubica en el municipio de Chihuahua, Chihuahua, y contempla la preparación del sitio, construcción, operación y abandono para el desarrollo de un complejo industrial destinado al manejo y aprovechamiento de los residuos. Este abarca una superficie total de 4.7206 ha la cual estará sujeta a cambio de uso de suelo ya que se encuentra en vegetación de tipo Matorral Desértico Micrófilo.

I.1.1. Nombre del proyecto

"Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua"

I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua", se localiza al Norte del municipio de Chihuahua en el Estado de Chihuahua. Las coordenadas de la ubicación del proyecto son las siguientes:

Tabla I.1 Coordenadas del centroide del área del proyecto.

Coordenadas geográficas del centroide del proyecto	
Latitud	28°47´35.82" N
Longitud	106°8'9.80" O
Altura sobre el nivel del mar	1492 msnm

Tabla I.2. Coordenadas UTM de polígono del área de proyecto.

Propietario	Polígono forestal	Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Tipo de vegetación	Superficie (ha)
Municipio de Chihuahua	1	1	389298.37	3185547.14	MDM	4.7206
		2	389027.20	3185507.88		
		3	388970.17	3185694.42		
		4	389208.89	3185714.01		

I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

El desarrollo del proyecto denominado "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua" contempla una vida útil de 30 años, sin embargo las etapas de preparación del sitio y construcción se llevarán a cabo aproximadamente en 24 meses.

I.1.4 Presentación de la documentación legal.

Se anexa la documentación legal del proyecto denominado "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua".

I.2. Promovente

I.2.1. Nombre o razón social

Grupo CADUMA Consultores S. de R.L. de C.V.

I.2.2. Registro federal de contribuyentes del promovente

Clave de R.F.C.: GCC120109-DZ8

I.2.3. Nombre y cargo del representante legal

M.I. Leonel Barrientos Juárez

I.2.4. Dirección del Promovente

Domicilio para notificaciones:
Calle García Salinas
Colonia Granjas
Código postal #31100
Cd. Chihuahua, Chihuahua
Tel. (614) 4262095, ext. 606

I.3. Responsable de la elaboración del estudio de Impacto ambiental

I.3.1 Nombre o razón social

Grupo CADUMA Consultores S. de R.L. de C.V.

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes

RFC: GCC120109-DZ8

I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

Ing. Roberto Domínguez Chavira
Cedula Profesional.: 5735924
Registro Estatal de Profesiones: 10 161 135 SIII
Registro en el Padrón Estatal de Prestadores de Servicios de Impacto Ambiental:
No. IACH-DOM-95

Colaboradores:
I.E. Roberto Domínguez Chavira
I.E. Lídice Janeth Anaya Chavira
I.E. Manuel Fernando Cano García
I.E. Diana Corina Yáñez Terán

I.3.4 Dirección:

Calle García Salinas No. 4311
Col. Granjas. Chihuahua, Chih.
Teléfono: (614) 426 - 20 - 95

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

II.1. Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

El área donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica en el municipio de Chihuahua, Chihuahua, y abarcará una superficie total de 4.7206 ha.

El proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua", se ubica en el municipio de Chihuahua, Chihuahua, y contempla la preparación del sitio, construcción, operación y abandono para el desarrollo de un complejo industrial destinado al manejo y aprovechamiento de los residuos. Este abarca una superficie total de 4.7206 ha la cual estará sujeta a cambio de uso de suelo ya que se encuentra en vegetación de tipo Matorral Desértico Micrófilo.

Objetivo general

Tratar, convertir y valorizar los residuos sólidos urbanos (RSU) y los residuos de manejo especial (RME) mediante procesos que permitan la recuperación de materiales reciclables para el mercado y la transformación de las fracciones no reciclables en Combustibles Derivados de Residuos (CDR).

Objetivo especifico

Desarrollar instalaciones e infraestructura diseñadas bajo criterios de eficiencia ambiental, seguridad operativa y cumplimiento normativo, que permitan el manejo adecuado de los RSU y RME.

Las etapas del proyecto incluyen las siguientes actividades durante su ejecución:

Tabla II.1. Etapas y actividades del proyecto.

Etapa	Actividad
Preparación del sitio	Desmonte
	Despalme
	Acarreo de material
	Obras provisionales
Construcción	Terracerías
	Construcción
	Instalaciones eléctricas
	Instalaciones sanitarias
	Instalación de equipamiento
	Vialidades
	Áreas verdes
Operación	Separación
	Biosecado y bioestabilización
Abandono del sitio	Abandono del sitio

II.1.2 Selección del sitio

Es importante destacar que para tomar la decisión de invertir en el proyecto y dar cumplimiento con las disposiciones establecidas por la normatividad aplicable en materia de desarrollo urbano y medio ambiente, se consideraron diversos análisis económicos, ambientales y de seguridad, los cuales se mencionan a continuación:

Estudios económicos

La rentabilidad económica del proyecto representa un importante aspecto a considerar, ya que la instalación de este tipo de proyectos requiere de una importante inversión inicial, el cual será fuente de derrama económica para el municipio.

Riesgo y Seguridad

En relación a los aspectos de seguridad, el sitio fue seleccionando y diseñado atendiendo los aspectos de seguridad principalmente, debido a las condiciones en las que se encuentra el municipio en riesgos. La zona presenta una baja vulnerabilidad social y baja presencia de fenómenos perturbadores de acuerdo con el Atlas de Riesgo. De acuerdo al Atlas de riesgos del Municipio de Chihuahua del año 2022, elaborado por CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres y CNPC Coordinación Nacional de Protección Civil Chihuahua, el área de predio se encuentra fuera de las zonas de inundación, mismo que se respalda con los datos obtenido de la página de CENAPRED, que para un periodo de retorno de 100 años lo clasifica como bajo.

Figura II. 1. Mapa base CENAPRED

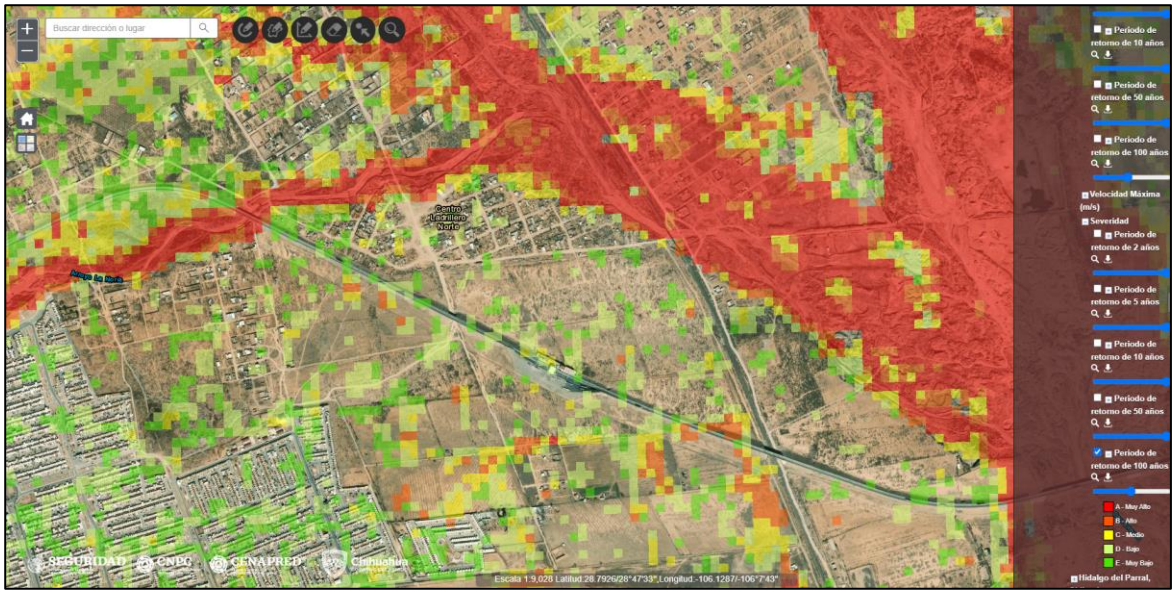
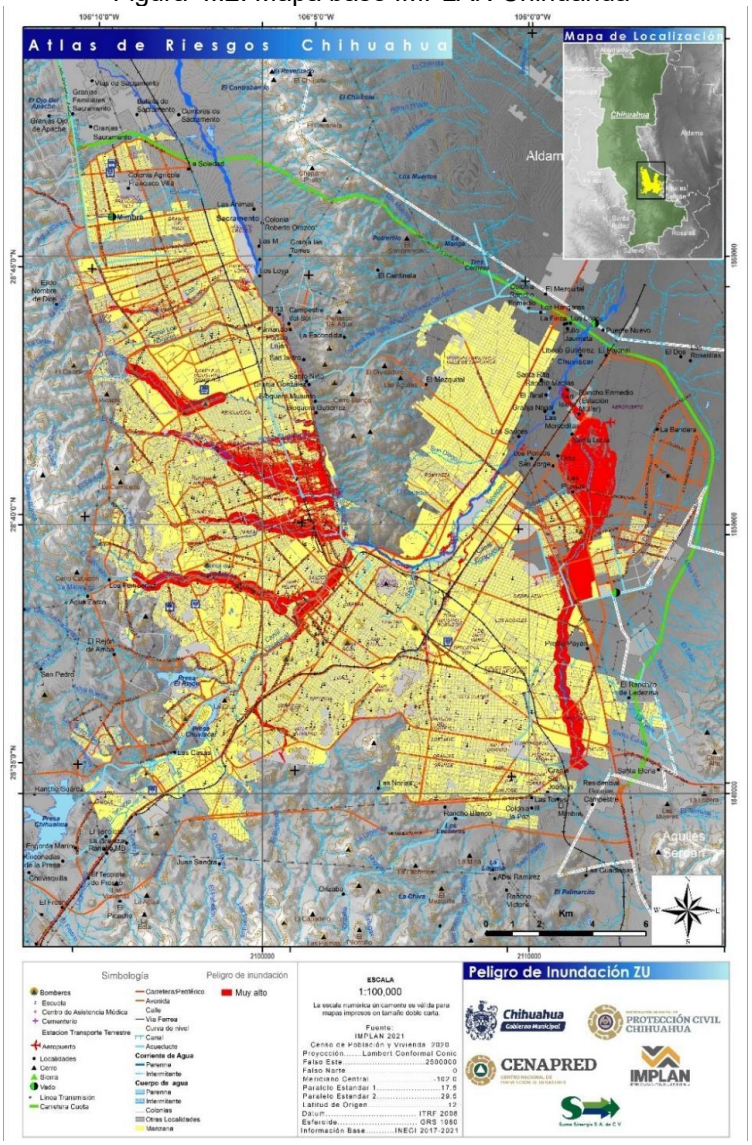


Figura II.2. Mapa base IMPLAN Chihuahua



<u>Desarrollo Urbano</u>

El desarrollo urbano fue considerado como un aspecto muy importante para la selección del sitio, ya que se buscó que el predio sea compatible con el destino señalado por el plan de desarrollo urbano, así como aspectos de accesibilidad, y al equipamiento disponible y colindante.

<u>Condición ambiental</u>

La selección del sitio bajo la condición ambiental tuvo como objetivo identificar especies vegetales y de fauna que pudieran encontrarse en estatus especial bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El área no se localiza en áreas naturales protegidas, arqueológicas e históricas.

La vegetación presente corresponde a tipo matorral desértico micrófilo donde se pueden apreciar dominancia de las especies arbustivas y herbáceas. El proyecto considera someter a evaluación el Estudio Técnico Justificativo para Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales para las actividades previas al proyecto contemplado en el presente estudio.

Factibilidad de Agua Potable y Drenaje Sanitario

La zona del proyecto contempla el desarrollo de infraestructura básica de manera autosuficiente para la dotación de servicio de agua potable y drenaje sanitario.

Factibilidad de Energía Eléctrica

Se considera como parte del desarrollo del proyecto el suministro de energía eléctrica ante la Comisión Federal de Electricidad, dicho organismo determina el consumo de energía eléctrica requerido por el proyecto y evalúa la capacidad de la infraestructura instalada en la zona.

II.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización

El área donde se pretende desarrollar el proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua" se ubica en la Av. De las industrias y calle Del Ladrillo en el predio de Quintas Carolinas, en la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua.

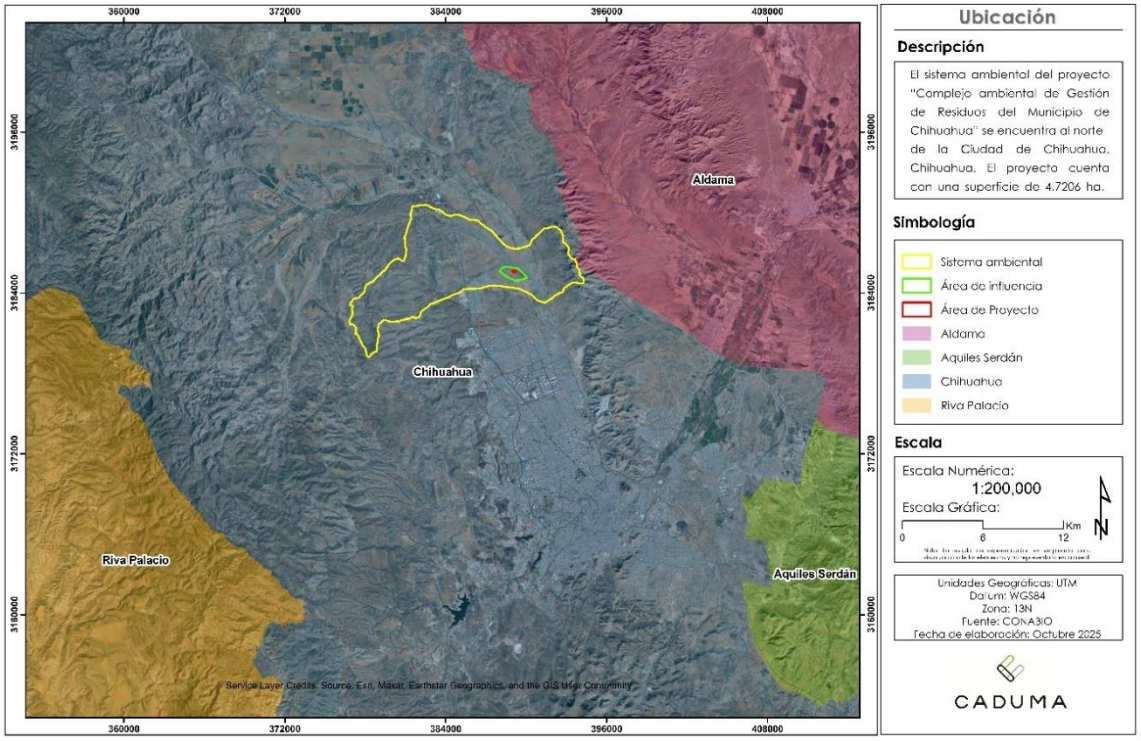
Tabla II.2 Coordenadas del centroide del área del proyecto.

Coordenadas geográficas del centroide del proyecto	
Latitud	28°47´35.82" N
Longitud	106°8'9.80" O
Altura sobre el nivel del mar	1492 msnm

Tabla II.3. Coordenadas UTM de polígono del área de proyecto.

Propietario	Polígono forestal	Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Tipo de vegetación	Superficie (ha)
Municipio de Chihuahua	1	1	389298.37	3185547.14	MDM	4.7206
		2	389027.20	3185507.88		
		3	388970.17	3185694.42		
		4	389208.89	3185714.01		

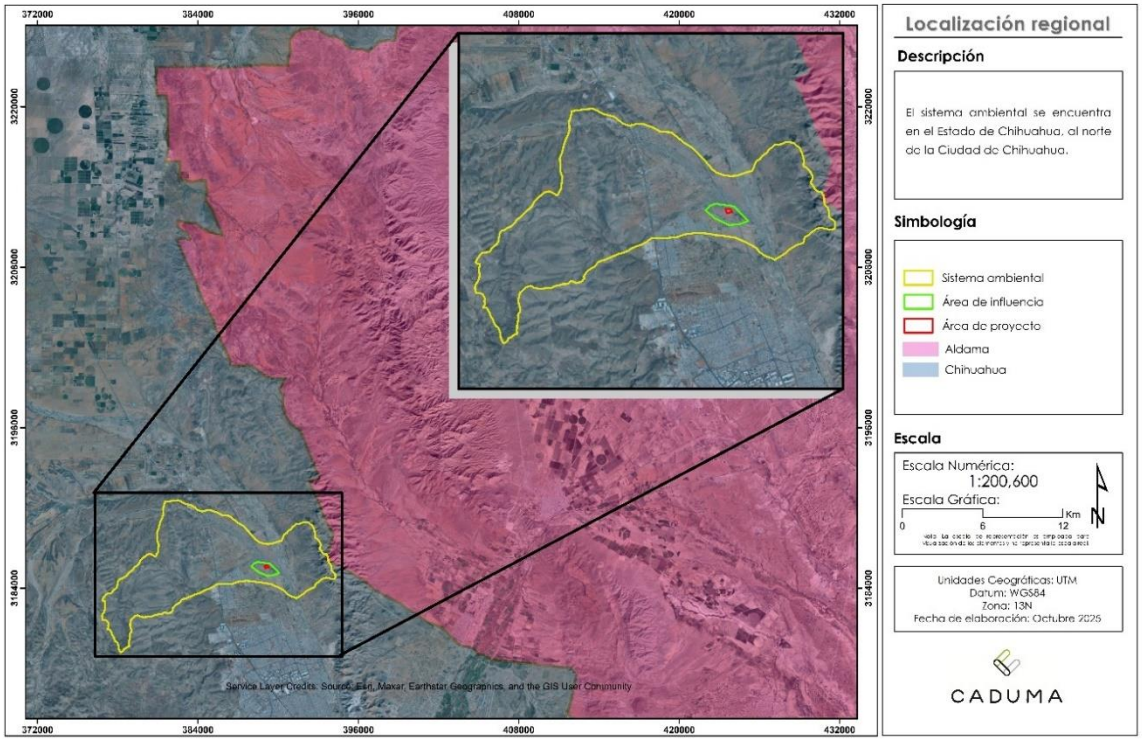
Figura II.3. Ubicación del proyecto.



Representación gráfica regional

El proyecto tiene una ubicación regional en el Estado de Chihuahua, Municipio de Chihuahua.

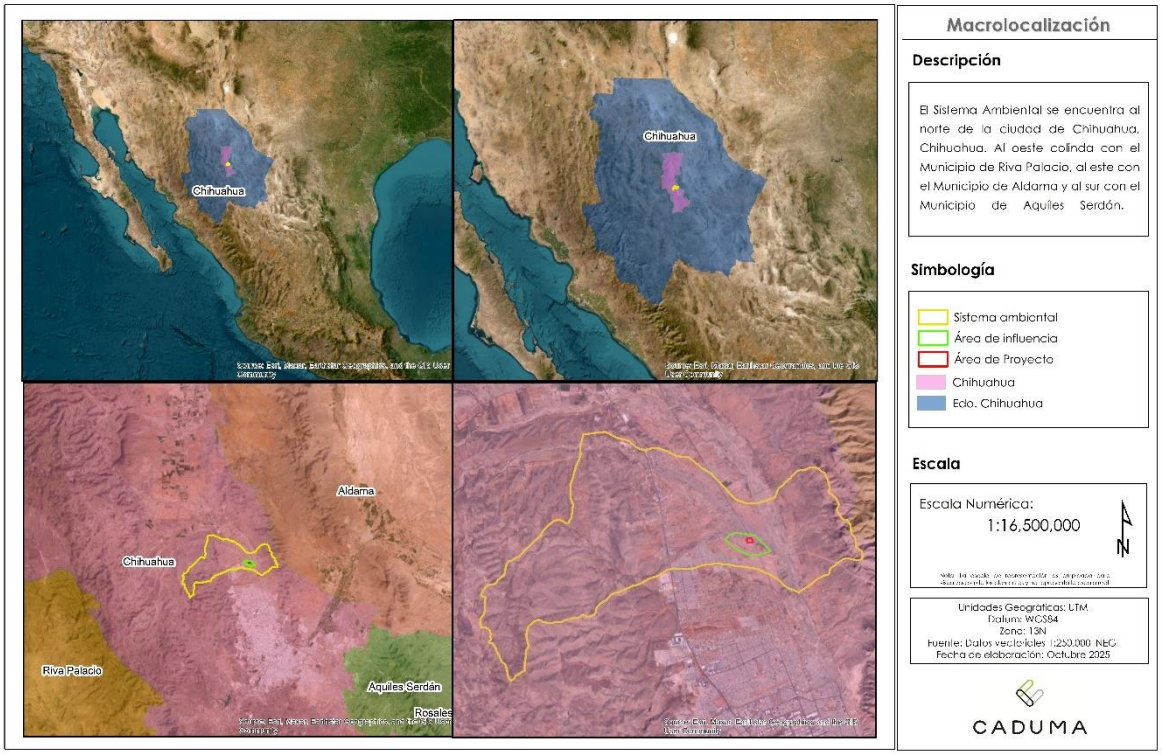
Figura II.4. Localización regional.



Representación gráfica local

En la Figura II.5 se puede observar de manera desglosada los diferentes acercamientos al área del proyecto con respecto a la República Mexicana y el Estado de Chihuahua.

Figura II. 5. Macro-localización dentro del municipio de Chihuahua, Chihuahua.



II.1.4 Inversión requerida

El monto total de inversión para el desarrollo del proyecto planteado es de $ 764,710,806.00 (Setecientos sesenta y cuatro millones setecientos diez mil ochocientos seis pesos 00/100 M.N.) con IVA.

Tabla II.4. Inversión requerida.

Concepto	Monto
Inversión	$ 764,710,806.00

II.1.5. Dimensiones del proyecto

De acuerdo a las características constructivas del proyecto, a continuación se muestran las dimensiones de la obra.

Tabla II. 5. Superficies generales

Área	Superficie ha
Superficie total del terreno	**6.000 ha**
Sistema ambiental	8136.0313 ha
Área de influencia	129.3184 ha
Superficie del terreno en que se ejecutará el Proyecto	**4.7206 ha**

Tabla II.6. Superficies de proyecto

Concepto	Área (m^2)
Nave principal	7,097.00
Oficinas Planta baja/comedor	522.00
Oficinas Planta alta	315.00
Mirador-Cuarto de control	232.00
Casetas acceso (1)	12.00
Casetas Basculas (3)	54.00
CCM	45.00
Cuarto de bombas (2)	60.00
Taller	256.00
Cuarto de compresores	23.00
Cuarto seguridad vigilancia	80.00
Vialidad asfalto	6,320.00
Vialidad concreto	12,650.00
Superficie de construcción	**27,666.00**
Banquetas	3,022.00
Área reservada	16,118.00
Áreas verdes	2,084.00
Superficies exteriores	**21,224.00**

Figura II.6. Polígono de Proyecto.

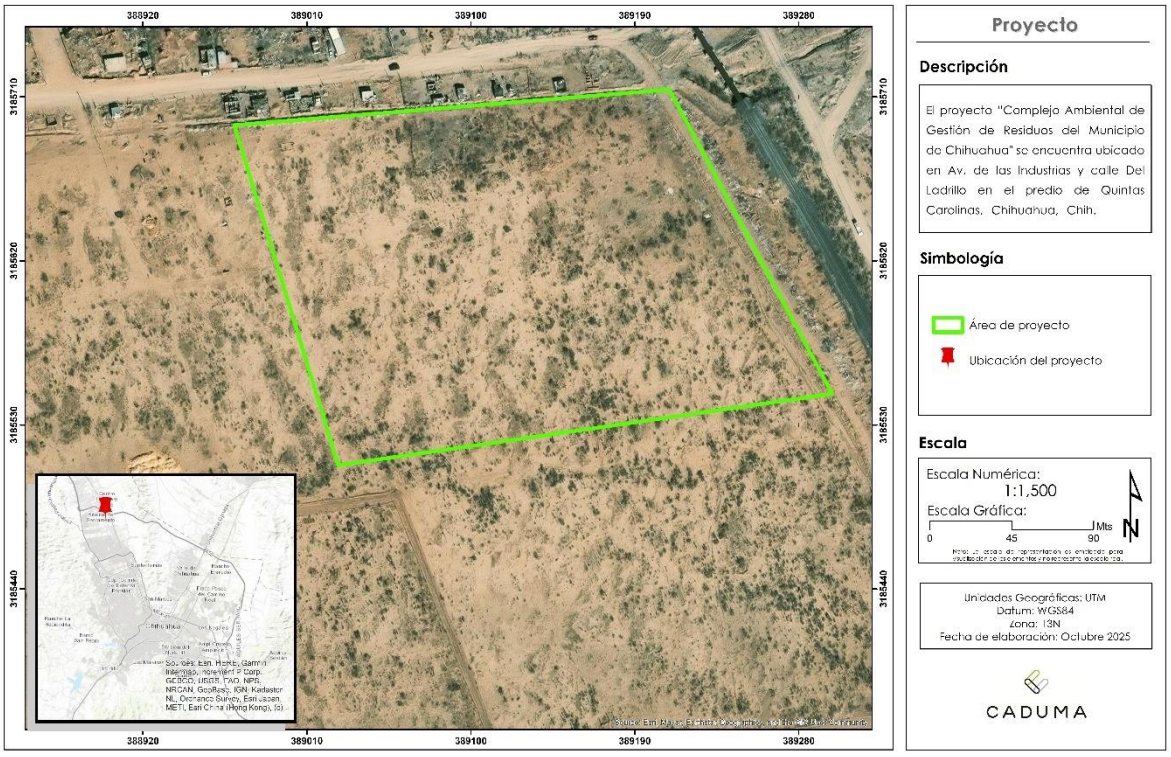
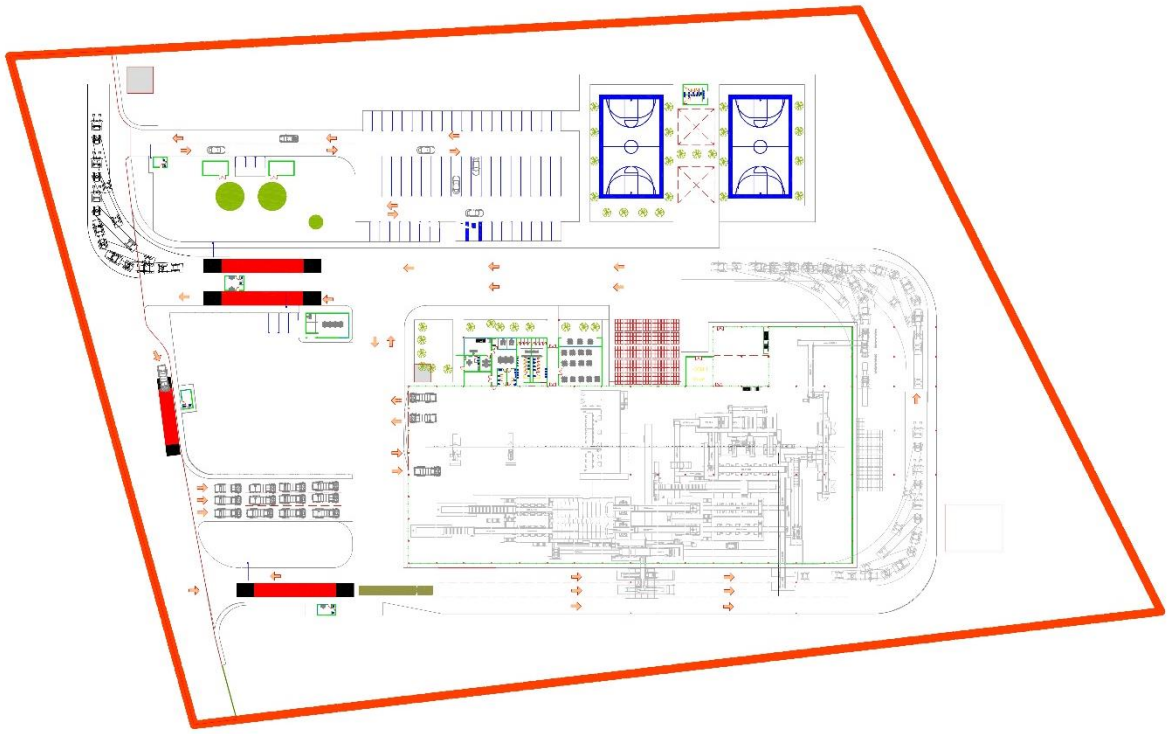


Figura II.7. Áreas de Proyecto.



II.1.6 Uso actual del suelo

Los usos actuales que se llevan a cabo en el área del proyecto son en su totalidad de Preservación Ecológica Primaria. Hacia al norte del proyecto podemos encontrar un uso de suelo autorizado de Industria de Alto Impacto, y siguiendo con las colindancias del proyecto, al sur se presenta un uso de suelo Habitacional H35.

II.2. Características particulares del proyecto

II.2.1. Programa general de trabajo

Tabla II 7. Cronograma de actividades.

Cronograma de actividades			
Actividades	**Tiempo (años)**		
	1	**2**	**3 - 30**
Preparación del sitio			
Desmonte			
Despalme			
Acarreo de material			
Obras provisionales			
Construcción			
Terracerías			
Construcción			
Instalaciones eléctricas			
Instalaciones sanitarias			
Instalación de equipamiento			
Vialidades			
Áreas verdes			
Operación			
Separación			
Biosecado y Bioestabilización			
Abandono del sitio			
Abandono del sitio			

II.2.1.1 Estudios de campo y gabinete

II.2.2 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Se propone la instalación de contenedores para los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

<u>Oficina móvil</u>

Remolque equipado con oficinas, las cuales tendrán una dimensión aproximada de 6m* 2.5 m

Almacén de materiales y equipo

Consiste en un almacén temporal para el resguardo de maquinaria y equipo, el cual será ubicado en el interior del predio. Su estructura será de madera con techo de lámina y paredes de lámina.

Residuos de manejo especial y sólidos urbanos

Para la disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se contará con contenedores que permitan su disposición temporal en lo que son enviados a sitios de disposición permanente autorizados.

II.2.3 Preparación del sitio

Etapa que se refiere a la preparación del terreno para permitir la construcción. Consiste en realizar el trazo del polígono, limpiar el área de residuos y de materia orgánica que se pudiera encontrar, excavación y nivelación en el área del proyecto, por lo que las tareas de preparación corresponden a un periodo de tiempo de 1 año.

Desmonte

El desmonte consiste en la eliminación de vegetación herbácea y arbustiva que se encuentren sobre el área del proyecto o que por las características del mismo pudieran inferir en la construcción o especificaciones constructivas.

El desmonte contempla específicamente las siguientes actividades:

Marqueo

Todo el estrato arbustivo se señalará con flejes, por personal técnico designado por la empresa, en conjunto con el responsable técnico forestal, además de los encargados de las propiedades que abarca el CUS.

Derribo, desrame y troceo

Una vez realizada la señalización, se procede con el derribo del estrato arbustivo, para lo cual se utiliza motosierra.

Para dar inicio con esta actividad se realiza el retiro de ramas que obstaculicen el acceso al tronco para proceder al derribo. El procedimiento de derribo consiste en realizar dos cortes en forma de "uso" en el lado hacia donde se quiere que caiga el arbusto, y un tercer corte del lado contrario para cortar definitivamente el tronco más grande.

Una vez derribados arbustos se llevará a cabo el desrame total del mismo utilizando motosierra, posteriormente es seccionado el fuste en trozos más pequeños para facilitar el traslado. El residuo del desrame podrá ser apilado para su posterior pica y dispersión en el área de corta para su reintegración al suelo.

En lugares donde el estrato arbustivo sea de talla pequeña el desmonte se ejecutará con maquinaria pesada, retirando el material vegetal a un lugar designado previamente.

Acarreo de material

Consiste en el transporte de material producto de cortes y excavaciones al sitio de formación de terraplén.

Control de los desperdicios del aprovechamiento

Todo el material no aprovechable (corteza y ramas muy delgadas) se picará y colocará en el sitio para su reintegración al suelo durante el despalme.

Despalme

Consiste en la eliminación de la capa de suelo con materia vegetal, el cual tiene como objetivo evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable. Esta actividad considera la eliminación de tocones y cubierta de suelo y vegetación remanente mediante el uso de maquinaria pesada (tractor de orugas, retroexcavadora, cargador frontal, camiones de volteo, pipas).

Los pequeños arbustos y vegetación silvestre serán eliminados por el despalme hasta su desenraice, procurando depositar la vegetación removida en un extremo del sitio para que ésta, por medio de su trituración y posterior descomposición orgánica se reintegre al suelo.

Remoción de suelo fértil

Dentro de las actividades a realizar en el despalme, se considera la recuperación del suelo orgánico u horizonte A, siempre y cuando se presente en el sitio. El nivel de extracción de la capa de suelo fértil puede variar en su profundidad dependiendo de las características del sitio. El material obtenido se reubicará para su almacenamiento en virtud de que será utilizado posteriormente para la rehabilitación y restauración del sitio con el propósito de que la vegetación encuentre un lugar favorable para su desarrollo.

Acarreo de material

Consiste en el transporte de material producto de cortes y excavaciones al sitio de formación de terraplén.

II.2.4. Etapa de Construcción

Terracerías

Compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenas y camas de corte, mezclado, tendido y compactación de la capa subrasante, así como relleno para banquetas con material de banco cribado, se toma en cuenta la preparación previa de la superficie, humectación y acarreos.

Construcción

El proyecto contempla la construcción de diferentes edificaciones, las cuales serán cimentadas y construidas a base de block y concreto sólido, reforzados con una estructura de varilla previamente armada. Contaran con todo el equipamiento y servicios necesarios para cubrir la demanda de los ocupantes y desarrollar un buen uso de la infraestructura.

Instalaciones eléctricas

Consiste en la implementación del servicio de electricidad para todas las áreas necesarias. El cual se llevará a cabo mediante la excavación de zanjas, instalación de tuberías para cableado eléctrico, recubrimiento de registros y colocación de implementos eléctricos así como del equipamiento necesario.

Instalaciones hidrosanitarias

Consiste en la implementación del servicio de agua potable y para uso sanitario. Esto se lleva a cabo con excavación de zanjas y colocación de tuberías conectadas a la red de agua potable y drenaje de la junta municipal de agua y saneamiento (JMAS).

Instalación de equipamiento

Consiste en la implementación e instalación del equipamiento necesario para tener edificaciones de calidad y así cumplir con las necesidades de los ocupantes de estas.

Vialidades

Construcción de capas que brindan la capacidad estructural a las vialidades para soportar cargas de circulación vehicular.

Áreas verdes

Contempla la implantación de áreas verdes, considerando el uso exclusivo de especies nativas, diseño de plantación de acuerdo a las características biológicas de los individuos, ubicación en áreas colindantes al proyecto, entre otros.

II.2.4.1 Personal de obra

El número de empleados que serán requeridos durante el desarrollo del proyecto es de un total de 46.

En la tabla II.8 se puede observar el número de empleados en relación a sus actividades o puestos.

Tabla II.8. Generación de empleos por el desarrollo del proyecto.

Listado personal ocupado en la obra	
No. De empleados	**Personal**
2	Maestro fierreros
4	Ayudantes fierreros
2	Maestro de cimbra
4	Ayudantes de cimbra
11	Maestro blockeros
11	Ayudantes blockeros
5	Ayudantes general
2	Sobrestantes
1	Ing. Civil
1	Ing Eléctrico
1	Operador de retroexcavadora
1	Operador de Grúa
1	Operador de piloteador

II.2.4.2 Equipo y maquinaria

En la siguiente tabla se muestra el listado de equipo y maquinaria que será empleada durante las actividades que componen el desarrollo del proyecto.

Tabla II.9. Relación de equipos y cantidad.

Equipo	
Concepto	**Cantidad**
Camión de volteo 7 m^3	1
Planta Generadora	1
Revolvedora	2
Vehículos de transporte	2
Compactadora	1
Retroexcavadora	1
Camión cisterna	1
Grúa de 50 ton	1
Piloteador	1

II.2.5. Etapa Operación y Mantenimiento

<u>Separación</u>

Consiste en el ingreso tanto de los residuos sólidos urbanos (RSU) como de los residuos de manejo especial (RME) al circuito de separación de valorizables. En este espacio se realiza una revisión general para identificar los materiales que pueden ser recuperados o manejados de manera diferenciada. Algunos de los residuos van directo al mercado de valorizables y reciclados y los restantes pasan a la unidad de biosecado y

bioestabilización. Se estima que la planta procese un total de 1300 ton/día durante la operación.

Biosecado y bioestabilización

Los desechos se separan en aprovechables como combustible alterno y el resto se disponen directamente al relleno sanitario.

II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

Este proyecto no contempla obras complementarias.

II.2.7. Etapa de abandono del sitio

Se espera se continuar con la prestación de servicios por un tiempo de 30 años, asimismo una vez urbanizado y habilitado se integrará a la estructura urbana del centro de población.

La etapa de abandono de sitio en las etapas que comprende el presente proyecto, se realizará en apego a la normativa correspondiente y se notificará por escrito a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y presentará la solicitud de abandono de sitio y estudio respectivo, de acuerdo con lo señalado en la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua, así como las disposiciones que establezca la autoridad en materia ambiental.

Al terminar las operaciones se pretende realizar las siguientes actividades:

- Retiro de maquinaria
- Limpieza del sitio

Retiro de maquinaria

Consiste en transportar fuera del área de proyecto toda la maquinaria y equipo que ya no sea requerida, teniendo en cuenta que este proceso debe ser planificado y ejecutado con cuidado para asegurar que el área quede en las mejores condiciones.

Limpieza del sitio

Consiste en el retiro de material y cualquier otro residuo presente en el área que pudiera haberse producido durante las actividades realizadas.

II.2.8. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

Generación de residuos

- No peligroso

Durante las distintas etapas del proyecto, el primer tipo de residuo que será generado es residuos vegetales producto del desmonte y despalme, los cuáles serán destinados a sitios autorizados.
Por otro lado se producirán residuos de tipo doméstico como resultado de la estancia de los trabajadores en la obra, estos residuos serán: papel, empaques de cartón, bolsas y envases de plástico, latas de aluminio, vidrio, residuos, orgánicos entre otros. Estos residuos se almacenarán temporalmente en contenedores rotulados y se dispondrán por alguna empresa particular contratada para este fin. La taza de generación de residuos domésticos es de 0.2/ kg/trabajador/día.

Tabla II.10. Generación de residuos no peligrosos.

Tipo de residuos	Cantidad	Disposición o Vertido Final	Etapa
Residuos Orgánicos, Plástico, Cartón y Papel	0.2 kg/día/trabajador	Relleno sanitario municipal/planta separadora	Preparación del Sitio, operación, abandono de sitio

- Peligrosos

En cuanto a Residuos Peligrosos Sólidos, se prevé la generación de: estopas y trapos impregnados con grasas y aceites. Estos Residuos también estarán a cargo de una empresa contratada para tal fin, la cual deberá dar la disposición definitiva de dichos materiales.

Tabla II.11. Generación de residuos peligrosos.

Residuo	Etapa en la que se genera	Clasificación CRETIB
Estopas y trapos impregnados con aceites y/o grasas	Preparación del sitio	T/ I

- Generación de aguas residuales

Respecto a la generación de aguas residuales, producto de los desechos humanos, en los frentes de obra se instalará 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores, y la empresa que rente el servicio, al dar el mantenimiento a dichos sanitarios se llevará los residuos correspondientes. Durante la operación, el complejo contará con instalaciones hidrosanitarias. En la siguiente tabla se muestra una estimación de la generación de aguas residuales:

Tabla II. 12. Generación de aguas residuales.

Residuo	Generación estimada (litros/persona/día)	Etapas
Aguas residuales	10	Preparación del sitio, operación, abandono de sitio

- Emisiones a la atmósfera

Durante la preparación del sitio se generarán emisiones contaminantes a la atmosfera principalmente por el tránsito vehicular y de maquinaria. La siguiente tabla muestra los tipos de emisiones que se generarán durante estas etapas del proyecto.

Tabla II. 13. Generación de emisiones a la atmósfera.

Tipo de emisión	Fuente de emisión	Frecuencia	Etapa
Gases de combustión (SO_2, NOX, Hidrocarburos, CO, CO_2)	Maquinaria	10 horas	Preparación del sitio/operación
Partículas suspendidas (PST, PM_{10}, $PM_{2.5}$)	Movimientos de tierras y circulación	10 oras	Preparación del sitio

- Emisiones de ruido

Se estima que los niveles máximos de ruido que se generarán se encontrarán entre 90 y 96 dB(A) medidos a 1 m de la fuente generadora. El resto de las actividades incluidas en la obra no generarán ruido que alcance los 70 dB(A).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, los trabajadores deberán utilizar equipo de protección personal auditiva.

II.2.9. Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Almacén temporal de residuos peligrosos

Estructura metálica (1)

El área destinada para el almacén será de 2 m de ancho por 2 m de largo y 2 m de altura respetando lo que indica el reglamento en mención. Se colocara una lámina como techo de lámina calibre 18, con base de estructura metálica PTR 2 1/2

Muros y piso (2)

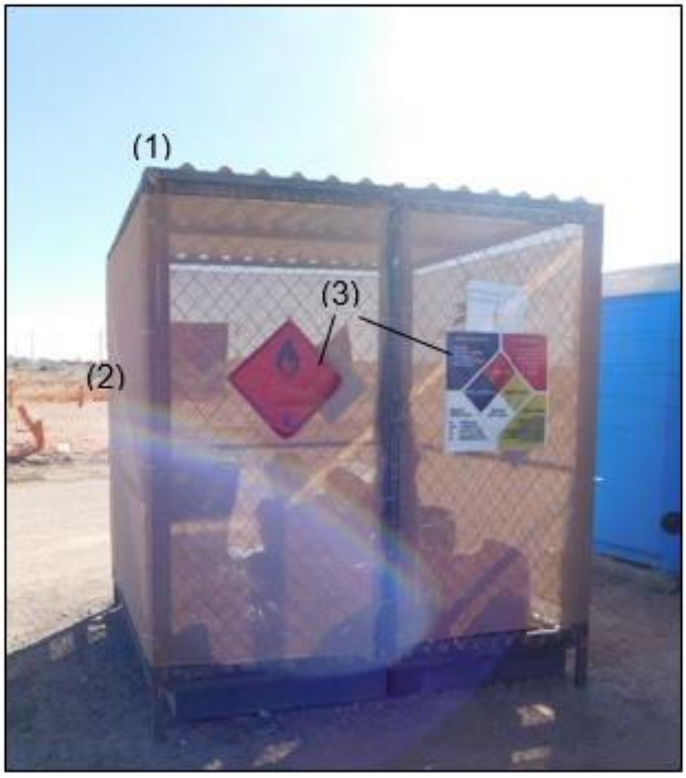
Se propone usar malla ciclónica galvanizada calibre 12 con malla sombra, para el piso se empleara membrana geo textil, al ser una superficie pequeña se contara con canaletas que intercepten el posible lixiviado que pudiera ocurrir de los residuos, al ser una cantidad mínima, estas permitirán su recolección de manera garantizada en lo que se soluciona el accidente. Cabe mencionar será un almacén en un lugar abierto, por lo que se contara con ventilación e iluminación natural.

Señalización (3)

Se contará con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles.

Los residuos peligrosos se almacenarán en contenedores cerrados que sean de material compatible con el residuo en cuestión sin exceder la duración de almacenamiento seis meses como lo indica el art. 84 del reglamento de la LGPGIR. Además se contara con un kit anti derrame en caso que llegara ser necesario ante una emergencia.

Figura II. 8. Ejemplo almacén temporal en espacio abierto.



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

Este capítulo tiene como finalidad analizar el grado de concordancia entre las características y alcances del proyecto con respecto a los diferentes instrumentos normativos y de planeación, e identificar los componentes y elementos ambientales que son relevantes para asegurar la sustentabilidad de la zona, así como aquellos que se relacionan con el proyecto y están regulados por la normatividad ambiental vigente.

III.1. Información sectorial

Uno de los objetivos que tiene el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua Visión 2040 es que la Ciudad de Chihuahua cuente con zonas diversas de gran actividad urbana cercanas a los hogares y empleos mejorando sustancialmente el aprovechamiento del espacio, para que los Chihuahuenses disfruten de espacios públicos y áreas verdes. Además de diversificar los equipamientos urbanos y los servicios, mezclando giros compatibles, cercanos a los usuarios e integrados a la imagen urbana destacando la presencia de áreas industriales de vanguardia respetuosas de nuestro medio ambiente.

Con base en lo antes mencionado, se considera que el proyecto en cuestión representa una propuesta que brindará atención a las prioridades de desarrollo para el municipio, además de dar cumplimiento a las políticas de crecimiento establecidas en el Plan Municipal de Desarrollo.

III.2. Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación del Desarrollo en la Región

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) de México

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. El Gobierno Federal, a través de la SEMARNAT, le corresponde establecer las bases para que las dependencias y entidades formulen e instrumenten sus programas sectoriales con base en la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural.

El POEGT tiene por objeto lo siguiente:

1. Llevar a cabo la regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial, conforme a las disposiciones contenidas en el Reglamento y tomando en consideración los criterios que se establecen en el artículo 20 de la Ley.

2. Establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para promover la preservación, la protección, la restauración y el aprovechamiento sustentable de los

recursos naturales; promover el establecimiento de medidas de mitigación tendientes a atenuar o compensar los impactos ambientales adversos que pudieran causar las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF).

3. Resolver los conflictos ambientales y promover el desarrollo sustentable y promover la incorporación de la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de las dependencias y entidades de la APF, en términos de lo dispuesto en la Ley de Planeación, entre otras que sean necesarias.

Este programa se vincula con el proyecto ya que permite el desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente, de infraestructura que promueve la creación de espacios públicos que generan incremento en el aspecto económico de la localidad y atiende la demanda de vivienda que se presenta de acuerdo al crecimiento poblacional de la localidad.

El POEGT tiene como lineamiento, proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, por lo cual se aclara que las actividades del presente proyecto no pone en riesgo la preservación del medio ambiente, ya que los impactos generados con el establecimiento del proyecto serán compensados con la implementación y cumplimiento a las medidas de prevención y mitigación propuestas, así como el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.

En la estrategia 31 se menciona que se debe generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas, el presente proyecto se relación en el punto que contempla el contribuir al equipamiento de zonas en la periferia de la ciudad de Chihuahua, impulsando con ello la creación de trabajos temporales y permanentes, así como el desarrollo en la zona.

Plan Estatal de Desarrollo 2022 - 2027, Gobierno del Estado de Chihuahua

El Programa Estatal de Desarrollo menciona que en materia de obra pública, se sabe que hay una gran deuda de infraestructura y servicios en gran parte del estado.

Dentro del Eje 3 de Ordenamiento territorial moderno y sustentable, en el apartado de Ecología y medio ambiente, en la estrategia denominada "Implementar mecanismos y acciones para mejorar la gestión y disposición final de residuos sólidos", en la línea de acción 2 se presenta la propuesta: Coadyuvar a la elaboración de proyectos de modernización y mejoramiento de la infraestructura y equipamiento municipal para una adecuada gestión y disposición final de residuos sólidos. Lo anterior se vincula directamente con el proyecto al tratarse de una zona con equipamiento para la gestión de los residuos, con el objetivo de brindar un espacio adecuado para el reciclaje de los residuos sólidos y de manejo especial generados en el municipio de Chihuahua.

Municipio de Chihuahua

El área de proyecto se encuentra en un sector con uso de suelo denominado Preservación Ecológica Primaria, el cual es compatible con el equipamiento urbano que pretende desarrollar el proyecto en mención.

III.3. Análisis de los Instrumentos Legislativos y Normativos

Fundamento Jurídico

El proyecto se fundamenta legalmente en base a las disposiciones correspondientes a los tres ámbitos de competencia: Federal, Estatal y Municipal, que dan sustento al proceso de planeación de desarrollo.

III.3.1. Ámbito de Competencia Federal

Tabla III. 1. Vinculación con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Precepto Constitucional Evocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto.
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	
Artículo 4, Constitucional.	Este artículo establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, en propio equilibrio con el entorno en el que se habita, por lo tanto la construcción de este centro de seguridad contribuirá al desarrollo y bienestar de la población.

Tabla III. 2. Vinculación con Leyes Federales.

Precepto Constitucional Evocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	
Título I **Disposiciones Generales** **Capítulo I** **Normas Preliminares** **Art. 1º.**	La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. En base a lo anterior, el presente proyecto se vincula ya que se realizaran actividades de desmonte y despalme en terreno forestal, por lo tanto la presente Manifestación de Impacto Ambiental, procura la preservación y protección de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable, la preservación y la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales.
Título I **Disposiciones Generales** **Capítulo II** **Distribución De Competencias Y Coordinación** **Art. 5º. Fracción X**	Es facultad de la Federación llevar a cabo la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes; por lo anterior se hace la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, toda vez que el proyecto que se pretende desarrollar contempla las actividades de

	desmonte y despalme como cambio de uso de suelo en terreno forestal.
Título I **Disposiciones Generales** **Capítulo IV** **Instrumentos De Política Ambiental** **Sección V** **Evaluación De Impacto Ambiental** **Art. 28. Fracción VII**	La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento preventivo con un marco jurídico federal que establece la regulación de las actividades u obras que pudieran provocar un desequilibrio ecológico en las áreas de su realización. Destaca las obras o actividades que se deben someter al procedimiento de EIA mediante la presentación de un estudio de Impacto Ambiental. Por lo tanto deberán someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental para determinar el posible daño que pudiera generarse al ambiente. En base a lo anterior, el presente proyecto se relaciona con la LGEEPA, ya que se establece la necesidad de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, en este caso la presente manifestación requiere someterse al procedimiento de evaluación por tratarse de un proyecto para el cual se requiere un cambio de uso de suelo en terreno forestal.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Sección Séptima Del Cambio De Uso De Suelo En Terrenos Forestales, Artículo 93.	Esta ley es vinculada y/o motivada al proyecto que nos ocupa, ya que al tratarse actividades de preparación del sitio (desmonte y despalme) en terreno forestal, lo cual requerirá de una autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, todo esto en estricto apego a lo dispuesto en los artículos de la sección relativa al cambio de uso de suelo.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	
Artículo 2, Fracciones I, III, IV Y VIII.	Se vincula con el proyecto para dar cumplimiento mediante medidas preventivas como la instalar y/o destinar sitios para el almacenamiento temporal de residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial que se generen durante la construcción del centro de seguridad para el desarrollo, así como el puntualizar debidamente el uso y destino final de los mismos.
Ley General de Vida Silvestre	
Artículo 19	Se vincula el proyecto con este artículo ya que se deben observar las disposiciones de esta Ley y por consiguiente se adoptaran medidas para evitar y prevenir los efectos negativos que puedan ocurrir sobre la vida silvestre y su hábitat.
Artículo 31	Al momento de ejecutar el programa de rescate y reubicación de fauna es indispensable efectuarlo evitando causar sufrimiento o dolor a los ejemplares, es por ello que se hace la vinculación con este artículo.

Tabla III. 3. Vinculación con Reglamentos de Orden Federal

Reglamento	Precepto Invocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto
Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.	**Artículo 5, Inciso O).**	El proyecto de la se vincula con el precepto ya que establece las obras y actividades que requieren una autorización en materia de impacto ambiental, en este caso por corresponder a una obra que requiere un cambio de uso de suelo de área forestal.
	Artículo 11	Este precepto establece las obras que tienen que realizar su manifestación de impacto ambiental en modalidad particular, ya que en este caso no aplica a ninguna de las fracciones para considerarse regional.
	Artículo 12.	Se vincula con el proyecto ya que establece la información que debe contener la manifestación de impacto ambiental en modalidad particular.
Reglamento de Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	**Artículo 35 y Artículo 40.**	En estos artículos nos establece de qué manera se clasifican los residuos peligrosos que generan las actividades propias de la construcción del proyecto.
	Artículo 42 y Articulo 43.	Se vincula ya que menciona las categorías y la forma de registrarse ante la Secretaria como generadores de residuos peligrosos.
	Artículo 68.	Se hace referencia a este artículo porque menciona el procedimiento a seguir cuando se concluya el proyecto y se dejen de generar residuos peligrosos.

III.3.2. Ámbito de Competencia Estatal

Tabla III. 4. Vinculación con la Constitución Política del Estado de Chihuahua.

	Precepto Invocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto
Constitución Política del Estado de Chihuahua.	**Artículo 173, Párrafo Segundo**.	En este artículo se hace referencia a que los proyectos de obra pública deberán garantizar el desarrollo integral y sustentable, sean evaluables y tiendan a mejorar la calidad de vida y la productividad preservando el equilibrio ecológico, se considera que el proyecto se apega a estos criterios.

Tabla III. 5. Vinculación con las Leyes de Orden Estatal.

Precepto Invocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto
Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Chihuahua.	
Capítulo IV Del Manejo Integral de los Residuos de Manejo Especial, Sección Primera de la Clasificación E Identificación de los Residuos de Manejo Especial.	Contemplamos la vinculación del proyecto con este reglamento debido a que establece las categorías y el manejo que se le debe de dar a los residuos de manejo especial generados en el proyecto.

Con base a la legislación anteriormente citada, están debidamente fundadas y motivadas, a este proyecto, al estudiar y al analizar la presente MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, en todos y cada uno de los preceptos mencionados con antelación, los mismos se encuentran en total y estricto apego a lo mandado por tales legislaciones, sin que en estas hubiese prohibición alguna para llevar a cabo la ejecución del presente proyecto denominado "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua".

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las Dependencias de la Administración Pública Federal, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Las NOM´s que se establecen a continuación son aquellas que estas vinculadas de alguna manera con la ejecución del proyecto en sus obras y actividades a desarrollar en sus diferentes etapas, para facilidad del evaluador se describen de acuerdo a su materia:

Tabla III. 6. Vinculación con las Normas Oficiales Mexicanas.

Precepto Constitucional Evocado	Vinculación y/o Motivación con el Proyecto
NOM-041-SEMARNAT-2015 Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	La presente norma de es observancia obligatoria para las emisiones de CO2, HC, CO y O2, generados por los vehículos automotores que emplean gasolina, el desarrollo de este proyecto generará las emisiones antes mencionadas debido a la operación de la maquinaria empleada durante la etapa de construcción, por lo que la maquinaria contratada para este proyecto deberá de cumplir con su verificación vehicular y programa de mantenimiento preventivo los cuales evidencien el que las emisiones de ésta no rebasen los límites máximos establecidos por la presente norma.

NOM-045-SEMARNAT-2017 Protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	La presente norma de es observancia obligatoria para los límites de emisión de humo generada por los vehículos automotores que emplean diésel, en el desarrollo este proyecto debido a la operación de la maquinaria empleada durante la etapa de construcción, se generan emisiones de humo, por lo que la maquinaria contratada para este proyecto deberá de cumplir con su verificación vehicular y programa de mantenimiento preventivo los cuales evidencien el que las emisiones de ésta no rebasen los límites máximos establecidos por la presente norma.
NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	La presente norma establece el manejo adecuado y la clasificación de los residuos peligrosos que por sus características puedan generar un riesgo para el equilibrio ecológico. El presente proyecto durante la construcción generará RP provenientes de actividades de pintura de señalamiento vehicular y detalles estéticos, el manejo y disposición final de estos deberá de apegarse a lo manifestado en la presente norma.
NOM-059-SEMARNAT-2010 Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección (DOF, 14 de noviembre de 2019).	La aplicación de la Norma, se realizó durante la visita de campo al área del proyecto, ya que fue necesario realizar una identificación de las especies presentes, y una vez identificadas, se prosiguió a realizar un cotejamiento con la NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III, publicado en el DOF el día 14 de noviembre de 2019 en la etapa de elaboración del estudio fue necesaria para poder determinar o excluir a las especies ubicadas en el predio del proyecto con las listadas en la Norma.
NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	La observancia de la presente norma es referente a los límites de emisión de ruido generado por el escape de vehículos automotores, para el desarrollo de este proyecto durante la etapa de construcción, la maquinaria empleada generará emisiones de ruido, por lo cual esta deberá de recibir mantenimiento preventivo para el aseguramiento de un buen funcionamiento, el programa de obra estará sujeto al horario diurno para no causar mayores afectaciones.
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 mismo, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	La presente norma establece los lineamientos a seguir para el manejo, control y disposición de los residuos sólidos urbanos, los cuales por sus características y cantidades sean considerados residuos de manejo especial. El proyecto implementará acciones de manejo, separación y almacenamiento temporal de los residuos generados durante la construcción, para posteriormente disponerlos con empresas autorizadas.

III.4 Relación con Áreas de Importancia Ecológica.

Se analizó la relación del sistema ambiental del proyecto con las áreas de importancia ecológica, como resultado se encontró que se no se ubica dentro de alguna región hidrológica prioritaria y/o región terrestre prioritaria, así como que no se encontró relación con alguna área de importancia para la conservación de las aves.

III.4.1 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

El Sistema ambiental no se encuentra dentro de ninguna Región terrestre prioritaria. El área más cercana corresponde a la Sierra del Nido – Pastizal de Flores Magón, la cual se encuentra a una distancia de 10 km aproximadamente.

III.4.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

En el Sistema Ambiental y por lo tanto en el proyecto no se encuentran dentro de alguna Región Hidrológica Prioritaria, las más cercanas se encuentran entre 19 y 34 km de distancia aproximadamente.

III.4.3 Áreas Naturales Protegidas

En el Sistema ambiental no se ubica dentro de algún Áreas Naturales Protegidas, la más próxima se encuentra a una distancia de 20 km del Sistema Ambiental y aproximadamente a 30 km del proyecto.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA) Y SU INTERACCIÓN CON EL PROYECTO.

El presente apartado describe el entorno del Sistema Ambiental y la interacción con el proyecto, considerando los elementos bióticos y abióticos del ecosistema, así como las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro. La información que sea presentada representará la línea base de la calidad ambiental.

IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental donde pretende establecerse el proyecto

El presente apartado define los límites y criterios empleados para la delimitación del ecosistema o Sistema Ambiental considerando el área donde se desarrollará el proyecto.

Es importante mencionar que el Sistema Ambiental hace una delimitación del ecosistema teniendo en cuenta a los diferentes elementos que lo integran, tanto bióticos como abióticos, en los que se incluyen, suelo, vegetación, hidrología, fauna, fisiografía, clima, entre otras que permitan su delimitación.

IV.1. 1. Justificación de la unidad de análisis delimitada.

Para la delimitación del Sistema Ambiental se consideró establecer un proceso de selección de componentes y delimitación del área, así en base a diversos factores se determinó la uniformidad y la continuidad de sus elementos y de sus procesos ambientales significativos, tales como flora, suelo, hidrología, geología, etc. con los que el proyecto interactuará en espacio y tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se consideró conveniente la delimitación del Sistema Ambiental en el que se ubica el proyecto con la finalidad de determinar el ámbito del ecosistema con relación al proyecto, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se implementó el uso de Sistemas de Información Geográfica, en donde se utilizaron las cartas temáticas del INEGI, escala 1:250,000, donde mediante la integración de capas se pudo analizar la correlación de todos los componentes del ecosistema.

- Que el Sistema Ambiental donde se ubica el área del proyecto tiene una representación del ecosistema forestal en el que se desarrollará el proyecto.

- Abarca los tipos de vegetación presentes en el área donde se desarrollará el proyecto y donde este ejerce su influencia.

- Posteriormente se delimitó en base a los límites de tipo de vegetación, así como su hidrología y geología.

Así mismo se resaltan los siguientes elementos en referencia al Sistema Ambiental:

- El Sistema Ambiental se define como "Espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socio-económico de la región donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento".

- En el Sistema Ambiental ocurren interacciones entre los aspectos económicos y sociales, relacionados a los bienes y servicios producidos en su área o que son proporcionados por el mismo ecosistema, en este caso la canalización del río Casas Grandes, relacionados también a los patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la cuenca y ambientales, relacionados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores. Por ello, las acciones a desarrollarse en el Sistema Ambiental considerar todas estas interacciones.

- Lo anterior implica el uso de un enfoque sistémico, geográfico y administrativo orientado a concretar la necesidad de delimitar un sistema ambiental, éste se puede alcanzar con la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales de homogeneidad relativa, como herramienta inicial para lograr un diagnóstico ambiental de una porción del territorio, con validez para proyectar la evaluación del impacto ambiental.

Por lo anterior la delimitación del Sistema Ambiental en base a todos los factores que componen el o los ecosistemas se estableció como la unidad adecuada como área de estudio o para términos prácticos Sistema Ambiental.

IV.1. 2. Delimitación del área de influencia

La delimitación del área de influencia tiene como finalidad establecer el área mínima de estudio en donde el desarrollo del proyecto tendrá influencia de manera directa (medio circundante inmediato donde las actividades indicen directamente) e indirecta (aquellas zonas alrededor del área de influencia directa que son impactadas indirectamente por las actividades del proyecto). Para definir el área de influencia directa se utilizó una herramienta de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) realizando un buffer de 200 metros a partir de cada lado del polígono donde está establecido el área del proyecto, esta delimitación se realizó a una distancia mayor hacia el lado sureste a fin de considerar todos aquellos impactos que puedan presentarse aguas abajo, resultando una superficie de 35.2370 ha como área de influencia.

IV.1. 3. Dimensión y características del proyecto

El proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua" contempla las obras de urbanización de un complejo industrial.

El proyecto tendrá una superficie total del terreno de 4.7206 m^2 el cual se ubica en la Av. De las industrias y calle Del Ladrillo en el predio de Quintas Carolinas, en la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua.

Así también se cuenta con las diversas acciones de mitigación ambiental, por lo que se prevé que el desarrollo de esta infraestructura tenga un alto grado de sustentabilidad al estar plenamente justificada social, económica y ambientalmente.

IV.1. 4. Priorización de componentes en base a la representatividad con el proyecto y área de influencia

Se consideró identificar y priorizar las capas de información de mayor relevancia para la delimitación del Sistema Ambiental considerando aspectos como:

- Interacción con el proyecto
- Fragilidad
- Escala de distribución

Tabla IV. 1. Priorización de componentes en base a la representatividad con el proyecto y área de influencia.

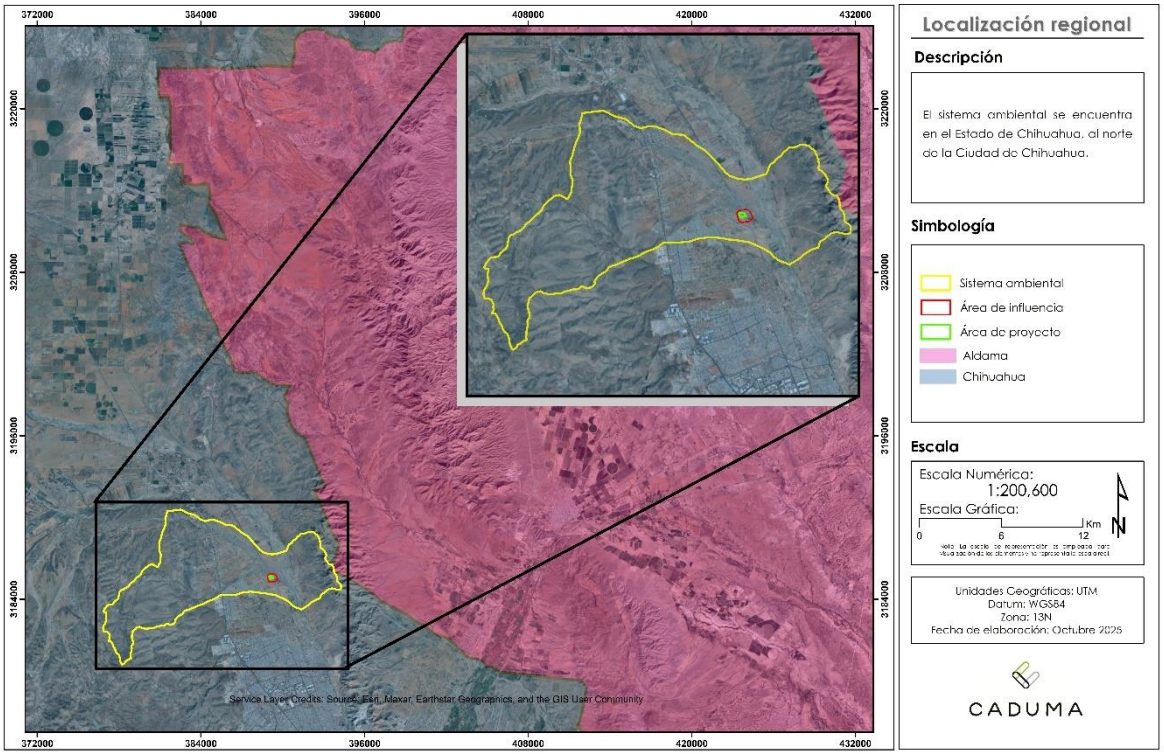
Capas de Información	Prioridad	Criterio de priorización
Uso de Suelo y Vegetación	3	El Sistema Ambiental está ubicado en 9 tipos vegetación.
Hidrología superficial	2	El SA se encuentra dentro de una sola Región Hidrológica denominada Bravo - Conchos
Regiones Hidrológicas Prioritarias	9	Este elemento se asocia con la delimitación de las subcuencas por lo que se emplea como validación de la delimitación.
Sistema de Topoformas	4	La región está representada por dos sistemas de topoformas, predominando por llanuras de piso rocoso con 27.09 %.
Curvas de Nivel	5	No fueron consideradas como significativas para la delimitación del sistema ambiental
Subcuencas y microcuencas hidrológicas	1	El proyecto tendrá una interacción directa con la subcuenca donde se ubica.
Geología	6	El SA se encuentra en distintos tipos de roca, dominado por Riolita Toba-Acida con el 56.82% de la superficie.
Provincias Fisiográficas	10	Presenta una distribución uniforme en el área de influencia y sistema ambiental.
Áreas Naturales Protegidas	11	El proyecto no se encuentra dentro de un Área Natural Protegida por lo que este criterio no tuvo relevancia.
Unidades Climáticas	8	En el área del proyecto se presenta un tipo de clima y no influye en la delimitación del Sistema Ambiental.

Capas de Información	Prioridad	Criterio de priorización
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	12	No se consideró de gran relevancia debido a que no se ubican áreas de importancia en la región, sin embargo, hay áreas cercanas al SA.
Edafología	7	Se identificaron 5 unidades de tipo de suelo en el Sistema Ambiental.

Para la delimitación del Sistema Ambiental, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica y mediante el Modelo Digital de Elevación escala 1:250,000 (INEGI), se utilizaron las cartas temáticas, dando prioridad a las capas de hidrología, y uso de suelo y vegetación, con estos datos se lleva un proceso de delimitación con la cual se obtuvo el Sistema Ambiental.

El Sistema Ambiental tiene una superficie total de 8136.0313 ha. El área de influencia cuenta con una superficie total de 35.2370 ha. Mientras que el área del proyecto solo es de 4.7206 ha.

Figura IV. 1. Delimitación del Sistema Ambiental, área de influencia y área de proyecto.



IV.2 Caracterización y análisis del Sistema Ambiental

En esta sección se determinará la calidad ambiental del ecosistema, tomando en cuenta el conjunto de elementos que lo conforman, así como la afectación de los recursos naturales a los que afectará el proyecto, considerando la integridad funcional y capacidad de carga del ecosistema.

IV.2.1 Medio abiótico

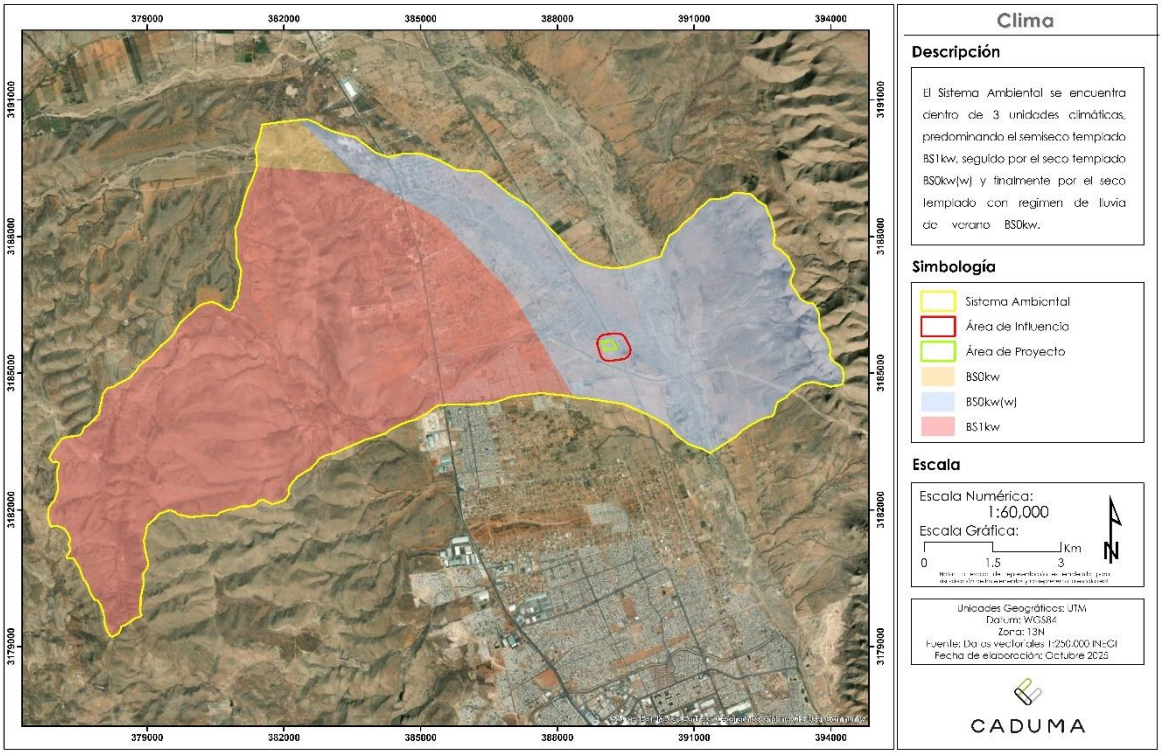
a) Clima

El Sistema Ambiental de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García se encuentra ubicado en las siguientes unidades climáticas:

Tabla IV. 2. Unidades climáticas dentro del Sistema Ambiental.

Clave	Unidad de Clima	% SA	Superficie (ha)
BS0kw	Árido, templado, temperatura entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más 49% frío entre -3°C y 18° C.	1.91%	155.3420
BS1kw	Semiárido templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, 37% temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C	61.37%	4,993.0735
BS0kw(w)	Clima semiseco (seco templado) con temperatura variable entre 12°C y 18°C.	36.72%	2,987.6158
TOTAL		**100.00%**	**8,136.0313**

Figura IV. 2. Unidades de climas



Descripción del tipo de clima en el Sistema Ambiental, de acuerdo con el Diccionario de Datos Climáticos publicado por el INEGI para datos vectoriales:

BS0kw

Árido, templado, temperatura entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más 49% frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

BS1kw

Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

BS0kw(w)

Este clima corresponde a un tipo de clima semiseco (seco templado) caracterizado por tener mayor grado de humedad, con temperas que varían de los 12 a los 18°C y lluvias de verano.

Intemperismo severo (heladas, granizadas, etc.)

Las principales acciones de intemperismo presentes en la región son provocadas por eventos climatológicos como heladas y lluvias torrenciales, sin embargo, las condiciones del sitio no presentan susceptibilidad por estos fenómenos.

Temperatura media

Para determinar la condición climática del área de estudio se recurrió a los datos climatológicos de la estación cercana al área del proyecto. A continuación, se describen los datos climatológicos de las estaciones cercanas al área del proyecto. En la siguiente tabla se presenta el nombre, ubicación y altitud de la estación.

Tabla IV. 3. Estación climática.

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Altura
8040	Chihuahua (OBS)	28.67055556°	-106.1302778	1,509 msnm
8270	La mesa	28.77333333°	-105.9636111	1,250 msnm

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, 2010.

Se presentan los valores climáticos respecto al área que abarcan el Sistema Ambiental, con respecto a la temperatura y precipitación final una vez ponderados los valores de las 2 estaciones climáticas.

Tabla IV. 4. Temperatura media mensual.

Mes	Temperatura (°C)
Enero	10.33
Febrero	13.18
Marzo	16.51
Abril	20.08
Mayo	23.92
Junio	26.98
Julio	26.19
Agosto	24.87
Septiembre	22.79
Octubre	19.49
Noviembre	14.47
Diciembre	10.89
Anual	**19.14**

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, 1951-2010.

Precipitación

Una vez realizada la ponderación de los datos de las precipitaciones registradas en las estaciones climatológicas de referencia muestran los datos de precipitación, los cuales son presentados en la siguiente tabla:

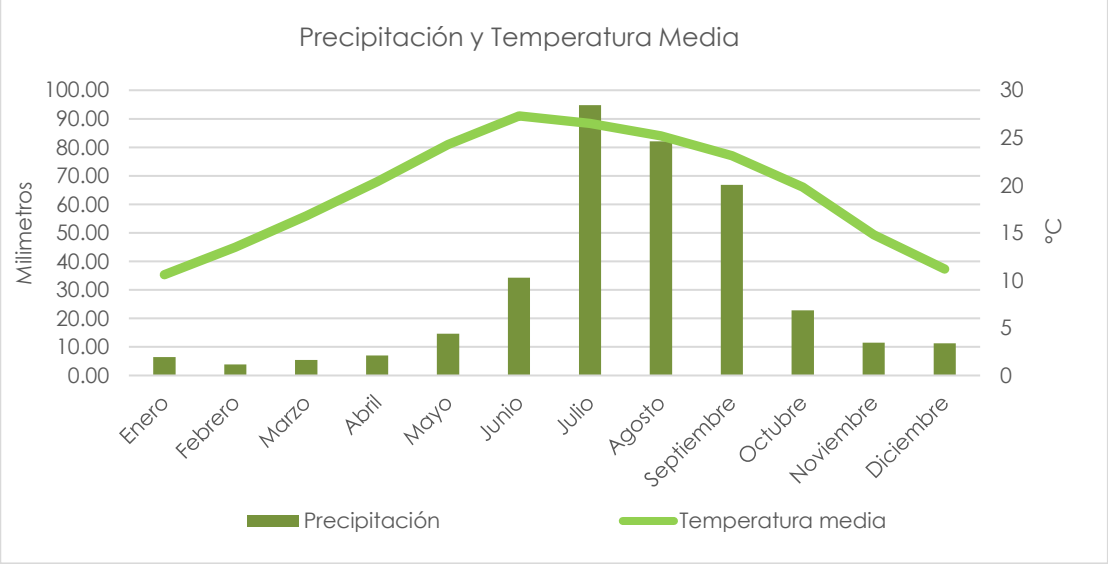
Tabla IV. 5. Precipitación normal.

Estaciones	Precipitación (mm)
Enero	6.47
Febrero	3.90
Marzo	5.40
Abril	6.98
Mayo	14.64
Junio	34.25
Julio	94.76

Estaciones	Precipitación (mm)
Agosto	82.07
Septiembre	66.87
Octubre	22.88
Noviembre	11.54
Diciembre	11.33
Anual	**361.09**

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, 2010.

Gráfica IV. 1. Precipitación normal y temperatura (media).



De acuerdo con los datos disponibles del Sistema Meteorológico Nacional, registrados durante los años 1991 al 2020, se resalta lo siguiente:

De los registros de las temperaturas que se obtuvieron para las estaciones que se tomaron como referencia para el presente estudio, se puede concluir que, en relación a la temperatura, se presentan condiciones extremas en la zona, ya que la oscilación térmica es de 16.65°C entre la temperatura media más alta registrada en verano y la más baja registrada en invierno. Durante el invierno, la temperatura media más baja registrada para la estación fue en el mes de enero con 10.33°C, mientras que en el mes de junio (verano) se registraron de 26.98°C como la temperatura media más alta.

El máximo registro de precipitación fue de 94.76 mm para el mes de julio, mientras que la menor precipitación se presentó con un nivel de 3.9 mm durante el mes de febrero. La precipitación ponderada anual de las estaciones consideradas para el análisis del presente estudio es de **361.09 mm.**

Balance hidrológico

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de mediciones directas en campo y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca (Ordoñez, 2011).

De esta manera la fórmula del balance hidrológico se puede expresar como:

Precipitación (P) = Evapotranspiración (ET) + Infiltración (I) + Escurrimiento (Es)
Para la realización del cálculo de los parámetros que involucran un balance hidrológico, se consideró la información proporcionada por la estación meteorológica mencionada en el apartado de clima.

El balance hidrológico se presenta en mm de lluvia con la finalidad de simplificar su comprensión. En las hojas de cálculo anexas se presentan los valores en mm y m^3 para comparaciones requeridas.

Precipitación anual

Con datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional se estimó una precipitación anual media para el Sistema ambiental de 361.09 mm.

Tabla IV. 6. Precipitación media anual.

Mes	Precipitación (mm)
Enero	6.47
Febrero	3.90
Marzo	5.40
Abril	6.98
Mayo	14.64
Junio	34.25
Julio	94.76
Agosto	82.07
Septiembre	66.87
Octubre	22.88
Noviembre	11.54
Diciembre	11.33
Anual	**361.09**

Fuente: SMN 1951 - 2010.

Evapotranspiración

La evapotranspiración es resultado del proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso y directamente, o a través de las plantas vuelve a la atmósfera en forma de vapor; es decir; la evapotranspiración no es un fenómeno distinto a la evaporación y transpiración, sino la sumatoria de los dos procesos y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podrá hablarse de evaporación (Schulz y García, 2015).

Para el cálculo se utilizó la fórmula de Coutagne:

ETR=P-XP2

Donde:
ETR=evapotranspiración real en m/año
P=precipitación en m/año
T=temperatura media anual en ºC
X= 1/(0,8+0,14 T)

Tabla IV. 7. Datos utilizados para el cálculo de ETR.

Mes	Precipitación (mm/mes)	Precipitación (m/año)	Temperatura media (°C)	X	XP2	ETR (m/año)	ETR (mm/mes)
Enero	6.47	0.0776	10.33	0.45	0.0027	0.0750	6.25
Febrero	3.90	0.0468	13.18	0.38	0.0008	0.0460	3.83
Marzo	5.40	0.0648	16.51	0.32	0.0013	0.0635	5.29
Abril	6.98	0.0838	20.08	0.28	0.0019	0.0818	6.82
Mayo	14.64	0.1757	23.92	0.24	0.0074	0.1682	14.02
Junio	34.25	0.4110	26.98	0.22	0.0369	0.3741	31.17
Julio	94.76	1.1371	26.19	0.22	0.2895	0.8476	70.64
Agosto	82.07	0.9848	24.87	0.23	0.2265	0.7583	63.19
Septiembre	66.87	0.8024	22.79	0.25	0.1614	0.6411	53.42
Octubre	22.88	0.2746	19.49	0.28	0.0214	0.2532	21.10
Noviembre	11.54	0.1385	14.47	0.35	0.0068	0.1317	10.97
Diciembre	11.33	0.1360	10.89	0.43	0.0080	0.1280	10.67
Anual	**361.09**	**4.33**	**19.45**			**3.57**	**297.37**

Infiltración

La estimación de la infiltración se obtuvo mediante la ecuación desarrollada por Schosinsky & Losilla, (2000), en la cual se obtiene un coeficiente de infiltración a partir de datos de permeabilidad del suelo, pendiente y cobertura vegetal. Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (Kfc).

A continuación, se explica el desarrollo de la estimación de infiltración para el SA:

Para realizar el cálculo del coeficiente de infiltración Kfc (fracción que infiltra por textura de suelo) se tienen fórmulas diferentes dependiendo del componente Fc (infiltración básica del suelo).

El componente de infiltración básica del suelo (Fc) dentro del SA es de 13 mm/día, el cual se determinó por el valor de textura légamo arenoso presente en el SA obtenida de la tabla de "Infiltración básica del suelo".

Tabla IV.8. Infiltración básica del suelo

Suelo de tipo natural	Pérd (mm/día)
Arena	25.00 – 250
Légamo arenoso	13.00 – 76
Légamo	8.00 – 20
Légamo arcilloso	2.50 – 15
Arcilla legamosa	0.25 – 5
Arcilla	1.25 – 10

(FAO, Estimación de las necesidades de agua)

1. Si la infiltración básica del suelo (Fc) se encuentra entre 16 y 1,568 mm/día, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.267Ln(fc) - 0.000154\,fc - 0.723$$

2. Si Fc es menor a 16 mm/día, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(fc/16)$$

3. Si Fc es mayor de 1,568 mm/día:

$$\boldsymbol{Kfc} = 1$$

Dónde:

Kfc (adimensional) = Coeficiente de infiltración (Fracción que se infiltra por la textura del suelo).

El valor de Fc en el SA es de 13 mm/día por lo se utiliza la fórmula para Fc menor a 16 mm/día:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(fc/16)$$
$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(13/16)$$
$$\boldsymbol{Kfc} = 0.01$$

Se obtiene que el resultado de Kfc para el SA es de **0.01**.

Después del cálculo anterior, deriva que la fracción que infiltra debido a la textura del suelo, nos permite obtener la infiltración mensual.

Para el cálculo del coeficiente de infiltración (Ci) del suelo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Kp + Kv + Kfc > 1, entonces\ \boldsymbol{Ci = 1}$$
$$Kp + Kv + Kfc\ \leq 1, entonces\ \boldsymbol{Ci = Kp + Kv + Kfc}$$

Dónde:
Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
Kv = Fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal.
Kfc = Fracción que infiltra por textura del suelo.
Ci = Coeficiente de infiltración.

Los datos de que conforman los componentes del coeficiente de infiltración son los propuestos por Schosinsky & Losilla, (2000) para los factores de Kp y Kv son presentados a continuación:

Tabla IV. 9. Componente de pendiente.

Componentes del coeficiente de infiltración				
Por pendiente		Kp	Por cobertura vegetal	Kv
Muy plana	0.02% - 0.06%	0.30	Cobertura con zacate menos del 50%	0.09
Plana	0.3% - 0.4%	0.20	Terrenos cultivados	0.10
Algo plana	1% - 2%	0.15	Cobertura con pastizal	0.18
Promedio	2% - 7%	0.10	Bosques	0.20
Fuerte	mayor de 7%	0.06	Cobertura con zacate más del 75%	0.21

Fuente: Schosinsky & Losilla, 2000.

También se utilizó la tabla de valores Kv modificada por Burns (2009), en la que presenta valores para usos de suelo sin vegetación y urbana.

Tabla IV.10. Componente de vegetación.

Componentes del coeficiente de infiltración	
Por cobertura vegetal	Kv
Agrícola	0.10
Bosque	0.20
Pastizal	0.18
Urbana	0.00
Sin vegetación	0.05

Fuente: Modificada de Schosinsky & Losilla, 2000.

Para obtener el factor Kv, se realizó una ponderación con los diferentes usos de suelo y/o tipos de vegetación dentro del Sistema Ambiental, obteniendo como resultado un valor ponderado del Factor Kv de 0.10.

Tabla IV.11. Ponderación factor KV en el SA.

Concepto	Factor KV	ha SA	% SA	Ponderación
ADV	0.00	14.9435	0.00	0.00
AH	0.00	1339.7271	0.16	0.00
BQ	0.20	1545.3187	0.19	0.03
MDM	0.09	2142.5296	0.26	0.02
PN	0.18	1598.1259	0.20	0.03
RA	0.10	62.8438	0.01	0.00
RP	0.10	3.7597	0.00	0.00
TA	0.10	969.3840	0.12	0.01
VSa/PN	0.18	459.3990	0.06	0.01
			Total	**0.10**

Así mismo, el valor de la pendiente general del SA es mayor a 7% por lo cual le corresponde un valor de factor Kp de 0.06.

Para el cálculo del Coeficiente de Infiltración se estimaron valores que representen las características del área del SA de acuerdo con el escenario actual.

Tabla IV. 12. Valores para cálculo de coeficiente de infiltración. (Escenario Actual).

Kp	Kv	Kfc	Kp+Kv+Kfc	Ci
0.06	0.10	0.01	**0.17**	**0.17**

El coeficiente de infiltración en el escenario actual dentro del SA es de **0.17.**

Para estimar la infiltración dentro del SA se realizó una diferencia de la precipitación ponderada menos el resultado mensual de Es. El resultado de esta diferencia, se multiplica por el coeficiente de infiltración obteniendo así la infiltración mensual del SA. Si el valor de infiltración calculada es menor al de diferencia de precipitación menos Es, la infiltración es igual a dicho resultado, de lo contrario será igual al valor de infiltración calculada.

Tabla IV. 13. Valores obtenidos para infiltración en el SA.

Mes	Infiltración (mm)
Enero	0.03
Febrero	0.01
Marzo	0.01
Abril	0.02
Mayo	0.10
Junio	0.52
Julio	4.10
Agosto	3.20
Septiembre	2.28
Octubre	0.30
Noviembre	0.09
Diciembre	0.11
Anual	**10.77**

Escurrimiento

Para la estimación del escurrimiento se empleó la siguiente fórmula aplicándola mensualmente:

$$\boldsymbol{Escurrimiento}\ (\boldsymbol{E}) = P - ETR - INF$$

Dónde:
P = Precipitación.
ETR_R = Evapotranspiración.
INF = Infiltración.
E= Escurrimiento
A continuación, se presentan los resultados del balance hidrológico del SA, en condición actual.

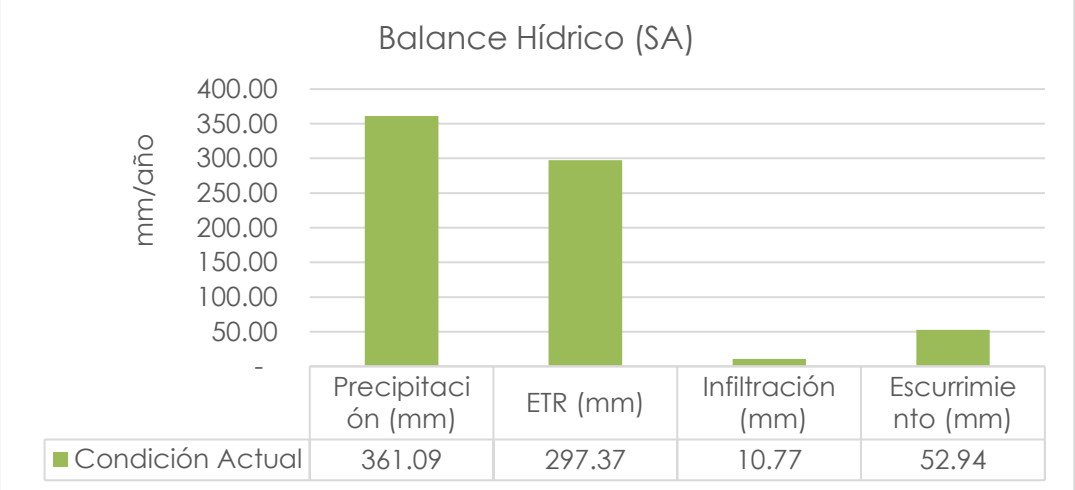
Tabla IV. 14. Resultados del balance hídrico en condición actual en el SA (mm).

Mes	Precipitación (mm)	ETR (mm)	Infiltración (mm)	Escurrimiento (mm)
Enero	6.47	6.25	0.03	0.19
Febrero	3.90	3.83	0.01	0.06
Marzo	5.40	5.29	0.01	0.10
Abril	6.98	6.82	0.02	0.14
Mayo	14.64	14.02	0.10	0.52
Junio	34.25	31.17	0.52	2.56
Julio	94.76	70.64	4.10	20.02
Agosto	82.07	63.19	3.20	15.68
Septiembre	66.87	53.42	2.28	11.17
Octubre	22.88	21.10	0.30	1.48
Noviembre	11.54	10.97	0.09	0.48
Diciembre	11.33	10.67	0.11	0.55
Anual **%**	**361.09** **100%**	**297.37** **82.35%**	**10.77** **2.98%**	**52.94** **14.66%**

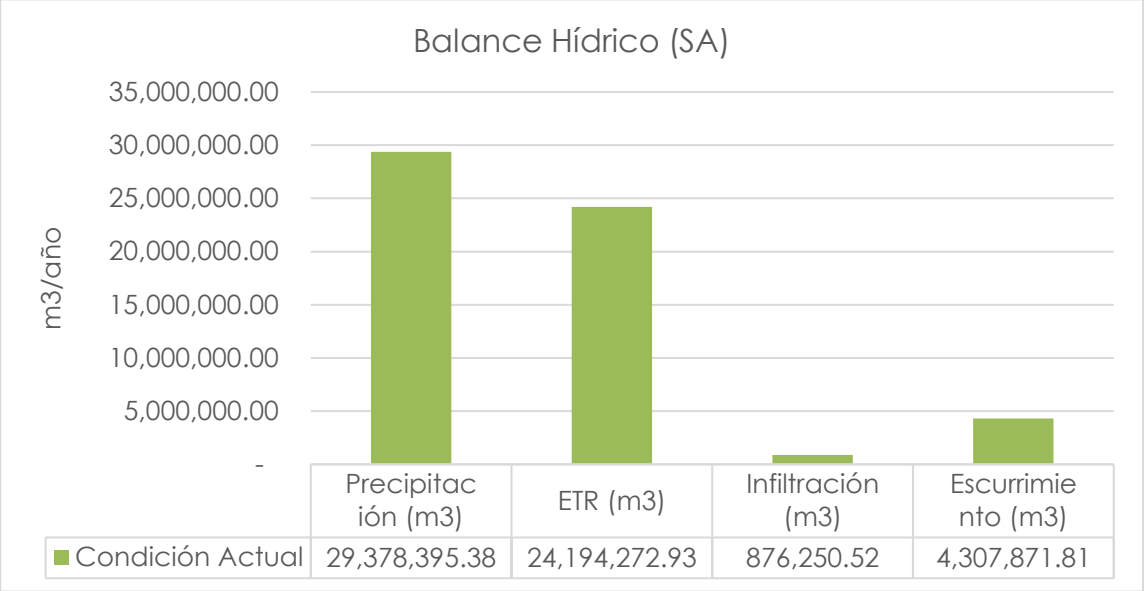
Tabla IV. 15. Resultados del balance hídrico en condición actual el SA (m^3).

Mes	Precipitación (m^3)	ETR (m^3)	Infiltración (m^3)	Escurrimiento (m^3)
Enero	526,401.22	508,206.14	2,440.80	15,754.27
Febrero	317,305.22	311,691.32	813.60	4,800.29
Marzo	439,345.69	430,195.59	813.60	8,336.49
Abril	567,894.98	554,722.94	1,627.20	11,544.83
Mayo	1,191,114.98	1,140,677.48	8,136.03	42,301.46
Junio	2,786,590.72	2,536,374.69	42,307.36	207,908.66
Julio	7,709,703.25	5,746,944.61	333,577.28	1,629,181.36
Agosto	6,677,240.88	5,141,434.93	260,353.00	1,275,452.94
Septiembre	5,440,564.13	4,346,561.65	185,501.51	908,500.96
Octubre	1,861,523.96	1,716,678.97	24,408.09	120,436.89
Noviembre	938,898.01	892,886.75	7,322.42	38,688.82
Diciembre	921,812.34	867,897.86	8,949.63	44,964.84
Anual **%**	**29,378,395.38** **100%**	**24,194,272.93** **82.35%**	**876,250.52** **2.98%**	**4,307,871.81** **14.66%**

Gráfica IV. 2. Balance hidrológico del SA, en condición actual (mm).



Gráfica IV. 3. Balance hidrológico del SA, en condición actual (m^3).



Se concluye que, la evapotranspiración representa el mayor porcentaje con un 82.35% de la precipitación total del SA, el 2.98% se infiltra y el resto se escurre.

El desarrollo y los cálculos para este apartado se presentan anexos al presente estudio.

Balance hidrológico Proyecto

El balance hidrológico en el área de proyecto se realizó en base a la superficie que se afectará por la remoción de vegetación, como se menciona anteriormente, corresponde a 4.7206 ha siendo la totalidad del área de proyecto.

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de mediciones directas en campo y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca (Ordoñez, 2011).

De esta manera la fórmula del balance hidrológico se puede expresar como:

Precipitación (P) = Evapotranspiración (ET) + Infiltración (I) + Escurrimiento (Es)

Para la realización del cálculo de los parámetros que involucran un balance hidrológico, se consideró la información proporcionada por la estación meteorológica mencionada en el apartado de clima.

El balance hidrológico se presenta en mm de lluvia con la finalidad de simplificar su comprensión. En las hojas de cálculo anexas se presentan los valores en mm y m^3 para comparaciones requeridas.

Precipitación anual

Con datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional se estimó una precipitación anual media una precipitación media anual para el SA y el proyecto de 361.09 mm

Tabla IV. 16. Precipitación ponderada anual.

Mes	Precipitación (mm)
Enero	6.47
Febrero	3.90
Marzo	5.40
Abril	6.98
Mayo	14.64
Junio	34.25
Julio	94.76
Agosto	82.07
Septiembre	66.87
Octubre	22.88
Noviembre	11.54
Diciembre	11.33
Anual	**361.09**

Evapotranspiración

La evapotranspiración es resultado del proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso y directamente, o a través de las plantas vuelve a la atmósfera en forma de vapor; es decir; la evapotranspiración no es un fenómeno distinto a la evaporación y transpiración, sino la sumatoria de los dos procesos y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podrá hablarse de evaporación (Schulz y García, 2015).

Para el cálculo se utilizó la fórmula de Coutagne:

$ETR=P-XP^2$

Donde:
ETR=evapotranspiración real en m/año
P=precipitación en m/año
T=temperatura media anual en ºC
X= 1/(0,8+0,14 T)

Tabla IV.17. Datos utilizados para el cálculo de ETR.

Mes	Precipitación (mm/mes)	Precipitación (m/año)	Temperatura media (°C)	X	XP2	ETR (m/año)	ETR (mm/mes)
Enero	6.47	0.0776	10.33	0.45	0.0027	0.0750	6.25
Febrero	3.90	0.0468	13.18	0.38	0.0008	0.0460	3.83
Marzo	5.40	0.0648	16.51	0.32	0.0013	0.0635	5.29

Abril	6.98	0.0838	20.08	0.28	0.0019	0.0818	6.82
Mayo	14.64	0.1757	23.92	0.24	0.0074	0.1682	14.02
Junio	34.25	0.4110	26.98	0.22	0.0369	0.3741	31.17
Julio	94.76	1.1371	26.19	0.22	0.2895	0.8476	70.64
Agosto	82.07	0.9848	24.87	0.23	0.2265	0.7583	63.19
Septiembre	66.87	0.8024	22.79	0.25	0.1614	0.6411	53.42
Octubre	22.88	0.2746	19.49	0.28	0.0214	0.2532	21.10
Noviembre	11.54	0.1385	14.47	0.35	0.0068	0.1317	10.97
Diciembre	11.33	0.1360	10.89	0.43	0.0080	0.1280	10.67
Anual	**361.09**	**4.33**	**19.45**			**3.57**	**297.37**

Infiltración

La estimación de la infiltración se obtuvo mediante la ecuación desarrollada por Schosinsky & Losilla, (2000), en la cual se obtiene un coeficiente de infiltración a partir de datos de permeabilidad del suelo, pendiente y cobertura vegetal. Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (Kfc).

A continuación, se explica el desarrollo de la estimación de infiltración para el área del proyecto:

Para realizar el cálculo del coeficiente de infiltración Kfc (fracción que infiltra por textura de suelo) se tienen fórmulas diferentes dependiendo del componente Fc (infiltración básica del suelo).

El componente de infiltración básica del suelo (Fc) dentro del proyecto es de 13 mm/día, el cual se determinó por el valor de textura légamo arenoso presente en el proyecto obtenido de la "Tabla Infiltración básica del suelo".

Tabla IV. 18. Infiltración básica del suelo

Suelo de tipo natural	Pérd (mm/día)
Arena	25.00 – 250
Légamo arenoso	13.00 – 76
Légamo	8.00 – 20
Légamo arcilloso	2.50 – 15
Arcilla legamosa	0.25 – 5
Arcilla	1.25 – 10

(FAO, Estimación de las necesidades de agua)

4. Si la infiltración básica del suelo (Fc) se encuentra entre 16 y 1,568 mm/día, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.267Ln(fc) - 0.000154\,fc - 0.723$$

5. Si Fc es menor a 16 mm/día, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(fc/16)$$

6. Si Fc es mayor de 1,568 mm/día:

$$\boldsymbol{Kfc} = 1$$

Dónde:
Kfc (adimensional) = Coeficiente de infiltración (Fracción que se infiltra por la textura del suelo).

El valor de Fc en el área del proyecto es de 13 mm/día por lo se utiliza la fórmula para Fc menor a 16 mm/día:

$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(fc/16)$$
$$\boldsymbol{Kfc} = 0.0148(13/16)$$
$$\boldsymbol{Kfc} = 0.01$$

Se obtiene que el resultado de Kfc para el proyecto es de **0.01**.

Después del cálculo anterior, deriva que la fracción que infiltra debido a la textura del suelo, nos permite obtener la infiltración mensual.

Para el cálculo del coeficiente de infiltración (Ci) del suelo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Kp + Kv + Kfc > 1, entonces\ \boldsymbol{Ci = 1}$$

$$Kp + Kv + Kfc\ \leq 1, entonces\ \boldsymbol{Ci = Kp + Kv + Kfc}$$

Dónde:

Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
Kv = Fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal.
Kfc = Fracción que infiltra por textura del suelo.
Ci = Coeficiente de infiltración.

Los datos de que conforman los componentes del coeficiente de infiltración son los propuestos por Schosinsky & Losilla, (2000) para los factores de Kp y Kv son presentados a continuación:

Tabla IV. 19. Componente de pendiente.

Componentes del coeficiente de infiltración				
Por pendiente		Kp	Por cobertura vegetal	Kv
Muy plana	0.02% - 0.06%	0.30	Cobertura con zacate menos del 50%	0.09
Plana	0.3% - 0.4%	0.20	Terrenos cultivados	0.10
Algo plana	1% - 2%	0.15	Cobertura con pastizal	0.18
Promedio	2% - 7%	0.10	Bosques	0.20
Fuerte	mayor de 7%	0.06	Cobertura con zacate más del 75%	0.21

Fuente: Schosinsky & Losilla, 2000.

También se utilizó la tabla de valores Kv modificada por Burns (2009), en la que presenta valores para usos de suelo sin vegetación y urbana.

Tabla IV. 20. Componente de vegetación.

Componentes del coeficiente de infiltración	
Por cobertura vegetal	**Kv**
Agrícola	0.10
Bosque	0.20
Pastizal	0.18
Urbana	0.00
Sin vegetación	0.05

Fuente: Modificada de Schosinsky & Losilla, 2000.

Para el cálculo del Coeficiente de Infiltración se estimaron valores que representen las características del área del proyecto de acuerdo con los escenarios actual, potencial (sin vegetación) y, con proyecto y medidas de mitigación.

- **Escenario Actual**

En el escenario actual se optó por utilizar un valor de factor Kv de 0.09, debido a que el tipo de vegetación presente en el área del proyecto es MDM. Para el factor de Kp se utilizó un valor de 0.10 correspondiente a pendientes entre 2 y 7%.

Tabla IV. 21. Valores para cálculo de coeficiente de infiltración. (Escenario Actual).

Kp	Kv	Kfc	Kp+Kv+Kfc	Ci
0.10	0.09	0.01	**0.20**	**0.20**

El coeficiente de infiltración en el escenario actual dentro del proyecto es de **0.20.**

- **Escenario Sin Vegetación**

Burns (2009) utiliza un valor de 0.05 para usos de suelo sin vegetación, situación que se presentaría en el escenario potencial del proyecto, mientras que el valor para Kp es de 0.10 correspondiente a pendientes entre 2 y 7%.

Tabla IV. 22. Valores para cálculo de coeficiente de infiltración. (Escenario sin vegetación).

Kp	Kv	Kfc	Kp+Kv+Kfc	Ci
0.10	0.05	0.01	**0.16**	**0.16**

El coeficiente de infiltración en el escenario sin vegetación dentro del proyecto es de **0.16.**

Para estimar la infiltración dentro del área del proyecto se realizó una diferencia de la precipitación ponderada menos el resultado mensual de ETR. El resultado de esta diferencia, se multiplica por el coeficiente de infiltración (Ci), obteniendo así la infiltración mensual del área del proyecto. Si el valor de infiltración calculada es menor al de diferencia

de precipitación menos ETR, la infiltración es igual a dicho resultado, de lo contrario será igual al valor de infiltración calculada.

Tabla IV. 23. Valores obtenidos para infiltración en el proyecto.

Mes	Infiltración (escenario actual) (mm)	Infiltración (escenario sin vegetación) (mm)
Enero	0.04	0.03
Febrero	0.01	0.01
Marzo	0.02	0.01
Abril	0.03	0.02
Mayo	0.12	0.09
Junio	0.61	0.49
Julio	4.82	3.85
Agosto	3.77	3.02
Septiembre	2.68	2.15
Octubre	0.35	0.28
Noviembre	0.11	0.09
Diciembre	0.13	0.10
Anual	**12.69**	**10.14**

Tabla IV. 24. Resumen de los escenarios de infiltración con y sin vegetación para el área de proyecto en metros cúbicos.

Escenario	Precipitación (m3)	ETR (m3)	Infiltración (m3)	Escurrimiento (m3)
Condición Actual	17,045.56	14,037.68	598.99	2,408.76
Sin vegetación	17,045.56	14,037.68	478.62	2,529.14
Diferencia	**-**	**-**	**- 120.37**	

Escurrimiento

Para la estimación del escurrimiento se empleó la siguiente fórmula aplicándola mensualmente:

$$\boldsymbol{Escurrimiento}\ (\boldsymbol{E}) = P - \ ETR - INF$$

Dónde:
P = Precipitación.
ETR_R = Evapotranspiración.
INF = Infiltración.
E= Escurrimiento

A continuación, se presentan los resultados del balance hidrológico del proyecto, en condición actual, sin vegetación, obras de ingeniería y proyecto con medidas de mitigación.

Tabla IV. 25. Resultados del balance hídrico en condición actual en el proyecto (mm).

Mes	Precipitación (mm)	ETR (mm)	Infiltración (mm)	Escurrimiento (mm)
Enero	6.47	6.25	0.04	0.18
Febrero	3.90	3.83	0.01	0.06
Marzo	5.40	5.29	0.02	0.09

Abril	6.98	6.82	0.03	0.13
Mayo	14.64	14.02	0.12	0.50
Junio	34.25	31.17	0.61	2.47
Julio	94.76	70.64	4.82	19.30
Agosto	82.07	63.19	3.77	15.11
Septiembre	66.87	53.42	2.68	10.77
Octubre	22.88	21.10	0.35	1.43
Noviembre	11.54	10.97	0.11	0.46
Diciembre	11.33	10.67	0.13	0.53
Anual	**361.09**	**297.37**	**12.69**	**51.03**
%	**100%**	**82.35%**	**3.51%**	**14.13%**

Tabla IV. 26. Resultados del balance hídrico en condición actual en el proyecto (m^3).

Mes	Precipitación (m^3)	ETR (m^3)	Infiltración (m^3)	Escurrimiento (m^3)
Enero	305.42	294.86	1.88	8.66
Febrero	184.10	180.84	0.47	2.78
Marzo	254.91	249.60	0.94	4.36
Abril	329.49	321.85	1.41	6.22
Mayo	691.09	661.83	5.66	23.59
Junio	1,616.80	1,471.62	28.79	116.38
Julio	4,473.24	3,334.42	227.53	911.27
Agosto	3,874.19	2,983.10	177.96	713.12
Septiembre	3,156.66	2,521.91	126.51	508.23
Octubre	1,080.07	996.03	16.52	67.51
Noviembre	544.75	518.06	5.19	21.50
Diciembre	534.84	503.56	6.13	25.14
Anual	**17,045.56**	**14,037.68**	**598.99**	**2,408.76**
%	**100%**	**82.35%**	**3.51%**	**14.13%**

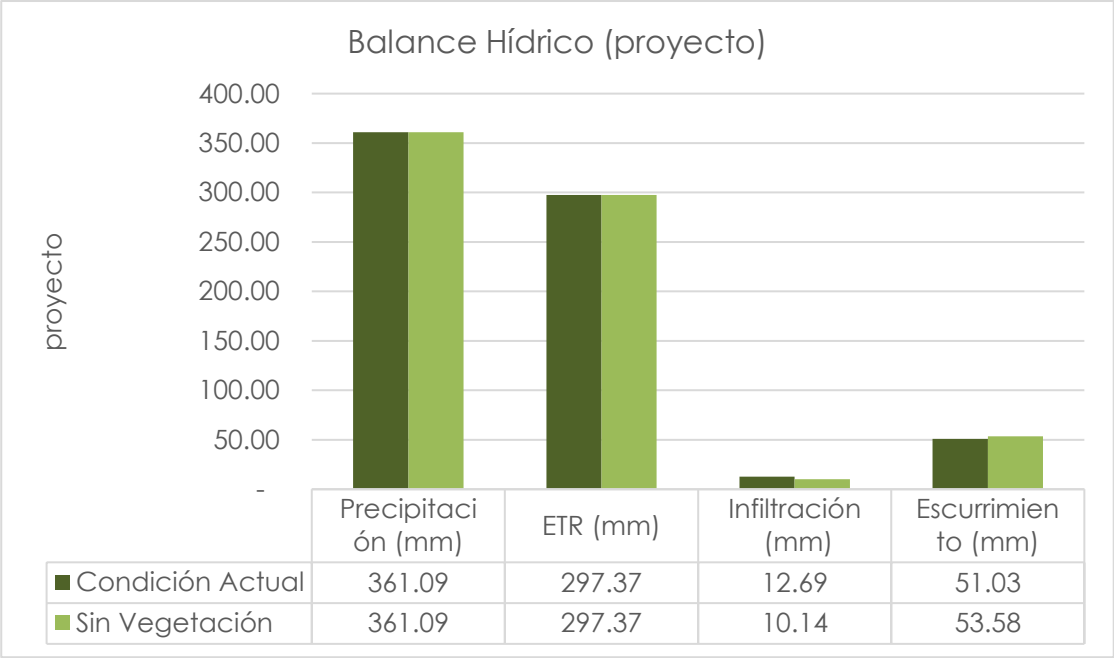
Tabla IV. 27. Resultados del balance hídrico en condición sin vegetación en el proyecto (mm).

Mes	Precipitación (mm)	ETR (mm)	Infiltración (mm)	Escurrimiento (mm)
Enero	6.47	6.25	0.03	0.19
Febrero	3.90	3.83	0.01	0.06
Marzo	5.40	5.29	0.01	0.10
Abril	6.98	6.82	0.02	0.14
Mayo	14.64	14.02	0.09	0.53
Junio	34.25	31.17	0.49	2.59
Julio	94.76	70.64	3.85	20.27
Agosto	82.07	63.19	3.02	15.86
Septiembre	66.87	53.42	2.15	11.30
Octubre	22.88	21.10	0.28	1.50
Noviembre	11.54	10.97	0.09	0.48
Diciembre	11.33	10.67	0.10	0.56
Anual	**361.09**	**297.37**	**10.14**	**53.58**
%	**100%**	**82.35%**	**2.81%**	**14.84%**

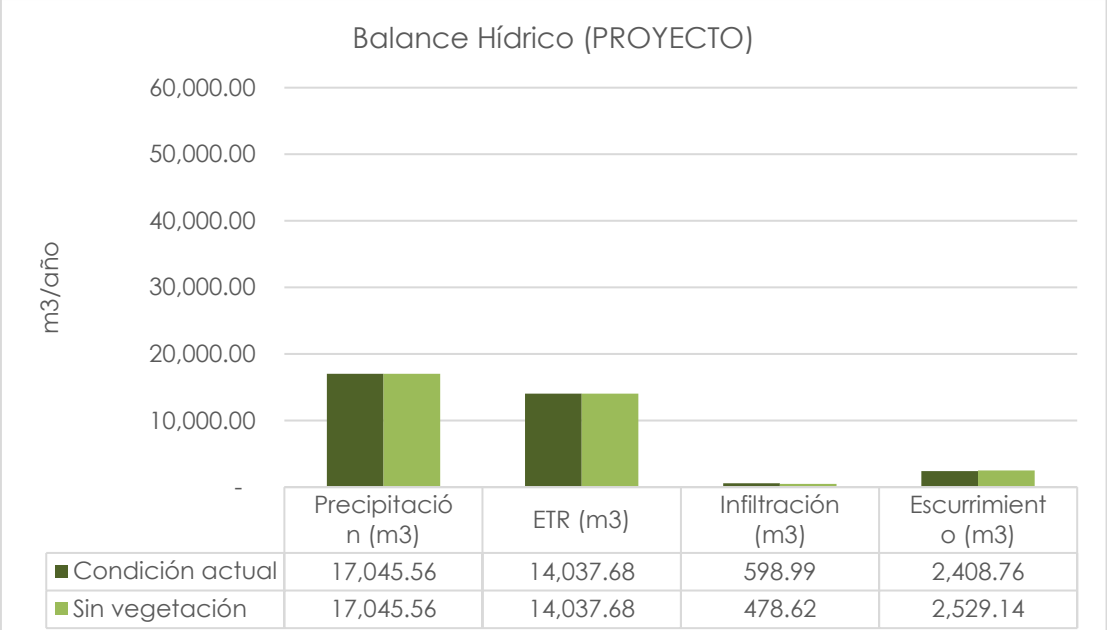
Tabla IV. 28. Resultados del balance hídrico en condición sin vegetación en el proyecto (m^3).

Mes	Precipitación (m3)	ETR (m3)	Infiltración (m3)	Escurrimiento (m3)
Enero	305.42	294.86	1.41	9.14
Febrero	184.10	180.84	0.47	2.78
Marzo	254.91	249.60	0.47	4.83
Abril	329.49	321.85	0.94	6.69
Mayo	691.09	661.83	4.24	25.01
Junio	1616.80	1471.62	23.13	122.04
Julio	4473.24	3334.42	181.74	957.06
Agosto	3874.19	2983.10	142.56	748.52
Septiembre	3156.66	2521.91	101.49	533.25
Octubre	1080.07	996.03	13.21	70.82
Noviembre	544.75	518.06	4.24	22.44
Diciembre	534.84	503.56	4.72	26.56
Anual	**17,045.56**	**14,037.68**	**478.62**	**2,529.14**
%	**100%**	**82.35%**	**2.81%**	**14.84%**

Gráfica IV. 4. Balance hídrico con condición actual y sin vegetación (mm).



Gráfica IV. 5. Balance hídrico con en condición actual y sin vegetación (m^3).



En relación a la infiltración se tiene una disminución de 2.55 mm por motivo de la remoción de la vegetación, lo que implicaría un volumen de 120.37 m^3 en relación a la superficie de cambio de uso de suelo de 4.7206 ha.

Escenario con proyecto

Como se menciona anteriormente, la superficie del proyecto que corresponde en su totalidad a cambio de uso se duelo, 4.7206 ha, se contempla como cambio de uso de suelo permanente, por lo que se propone mitigar la totalidad de infiltración que se verá afectada por la ejecución del proyecto, siendo los 12.69 mm (598.99 m3) que se infiltran actualmente.

Tabla IV. 29. Resumen de los escenarios de infiltración con vegetación y proyecto para el área de estudio en metros cúbicos.

Escenario	Precipitación (m3)	ETR (m3)	Infiltración (m3)	Escurrimiento (m3)
Condición Actual	17,045.56	14,037.68	598.99	2,408.76
Anual (Proyecto)	17,045.56	14,037.68	-	3,007.88
Diferencia	**-**	**-**	**- 598.99**	

Medidas propuestas para mitigar la captación de agua por la ejecución del proyecto

Obras de captación de agua

Zanja bordo: La obra se llevará a cabo en una zona aledaña al área de proyecto, las zanjas bordo tendrá valores de 0.30 m de altura y 550 metros lineales en 2 secciones. Esta obra tendrá la finalidad formar una barrera y disminuir la velocidad de los escurrimientos.

Infiltración de las obras propuestas

Tabla IV.30. Volumen de captación de las obras propuestas, así como su área de influencia (Zanja bordo).

Superficie (ha) Área de influencia de obras	Volumen de captación de obras (m^3)
21.1106	2,475.00

Tabla IV. 31. Estimación de la infiltración real de las obras propuestas (Zanja bordo).

Mes	Escurrimiento típico del AP (mm)	Área de influencia de obras (ha)	Volumen de escurrimiento en área de influencia (m^3)	Volumen de captación de obras (m^3)	Volumen de infiltración real (miles de m^3)	Volumen de infiltración real*eficiencia (m^3)
Enero	0.19	21.1106	40.87	2,475.00	40.87	7.35
Febrero	0.06	21.1106	12.45	2,475.00	12.45	2.24
Marzo	0.10	21.1106	21.63	2,475.00	21.63	3.89
Abril	0.14	21.1106	29.95	2,475.00	29.95	5.39
Mayo	0.52	21.1106	109.75	2,475.00	109.75	19.75
Junio	2.56	21.1106	539.46	2,475.00	539.46	97.10
Julio	20.02	21.1106	4,227.24	2,475.00	2,475.00	445.50
Agosto	15.68	21.1106	3,309.42	2,475.00	2,475.00	445.50
Septiembre	11.17	21.1106	2,357.29	2,475.00	2,357.29	424.31
Octubre	1.48	21.1106	312.49	2,475.00	312.49	56.24
Noviembre	0.48	21.1106	100.38	2,475.00	100.38	18.06
Diciembre	0.55	21.1106	116.67	2,475.00	116.67	21.00
Anual	**52.94**		**11,177.60**	**29,700.00**	**8,590.94**	**1,546.33**

En la estimación anterior, se observa en la tabla "Estimación de la infiltración de las obras propuestas (Zanja bordo).", el escurrimiento típico del Sistema ambiental a través de cada uno de los meses, teniendo como base a este parámetro, se calcula el gasto estimado del área de influencia de las obras. Así también, a pesar de la capacidad de volumen total de las obras es de 8,590.94 m^3, el volumen captado de las obras solo puede ser hasta el máximo escurrido por mes. Posteriormente, se procede a multiplicar por el factor de eficiencia de 0.18, este valor se toma de del estudio "Captación de agua en microcuencas para el desarrollo de zonas áridas" (Boers et al.,1986), en el cual se identifica que la eficiencia de promedio de almacenamiento es igual a 0.18, esto con la finalidad de determinar el volumen final infiltrado el cual para este tipo de obras equivaldría a un volumen real de infiltración de 1,546.33 m^3.

Retención de agua de las medidas propuestas

Con los resultados obtenidos para el escenario actual y potencial se obtiene que se perderán 598.99 m^3 de infiltración por la remoción de la vegetación y ejecución del proyecto, sin embargo, con las medidas de captación propuestas, se estarán reteniendo 1,546.33 m^3 en relación del escurrimiento captado del SA de la precipitación total en el área de influencia, lo que representaría una retención adicional aportado por las obras de 947.34 m^3.

Tabla IV. 32. Resumen de balance hídrico con obras de captación (m^3).

Escenario	Precipitación (m^3)	ETR (m^3)	Infiltración (m^3)	Escurrimiento (m^3)
Condición Actual	17,045.56	14,037.68	598.99	2,408.76
Sin vegetación	17,045.56	14,037.68	-	3,007.88
Diferencia	**-**	**-**	**- 598.99**	
Captación de las obras			1,546.33	
Retención adicional aportado por las obras			947.34	

Ver Anexo 7. Erosión y balance.

b) Geología y Geomorfología

La unidad litológica se describe de acuerdo a la predominancia de tipos de roca de acuerdo a su origen. El Sistema Ambiental está compuesto por suelos de la era del cenozoico, siendo suelos aluviales en su mayoría.

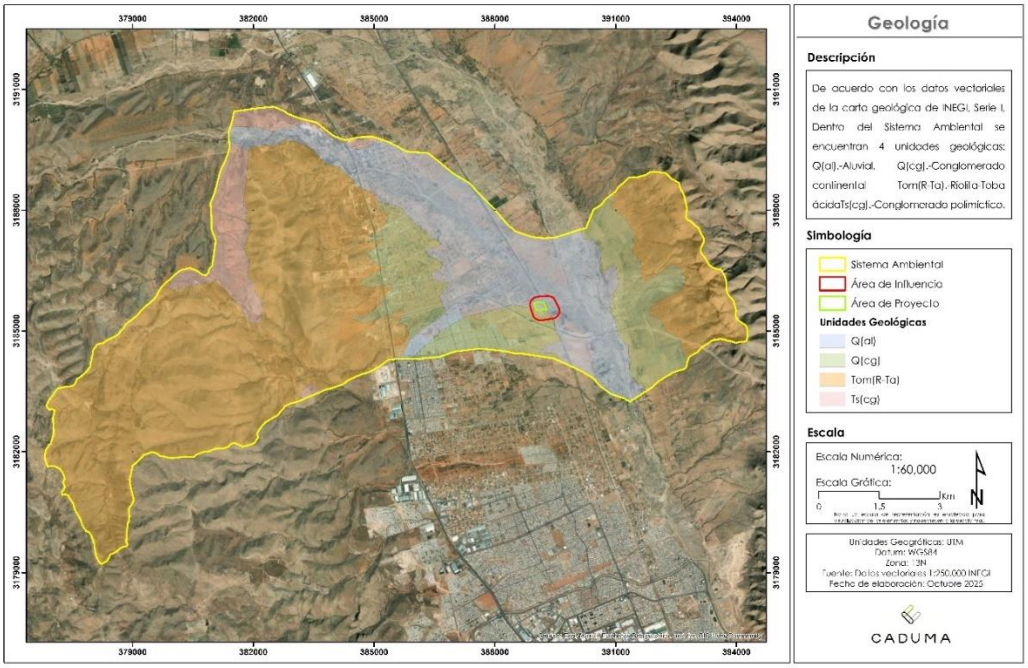
Características litológicas

Características de los sitios con predominancia de roca de acuerdo a la Unidad Cronolitológica.

Tabla IV. 33. Geología presente.

ERA	CLASE	TIPO	CLAVE	Área ha.	% SA
Cenozoico	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Tom(R-Ta)	4623.2383	56.82
	N/A	Aluvial	Q(al)	1828.0576	22.47
	Sedimentaria	Conglomerado	Q (cg)	1213.427	14.91
			Ts(cg)	471.3084	5.79
TOTAL				**8136.0313**	**100%**

Figura IV. 3. Geología



Descripción de tipo de rocas

Aluvial

Suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos.

Riolita-Toba ácida

Roca volcánica que consiste en cuarzo y feldespato alcalino en mayor proporción que la plagioclasa sódica.

Conglomerado

Roca sedimentaria formada por fragmentos redondeados o subredondeados, sementados por una matriz de carbonato cálcico, sílice, entre otros.

Características geomorfológicas

Provincias Fisiográficas

El Sistema Ambiental se encuentra en la Provincia Fisiográfica: Sierras y Llanuras del Norte, y en Sierra Madre Occidental.

El Sistema ambiental del proyecto se encuentra en la Provincia Fisiográfica: Sierras y Llanuras del Norte, y en Sierra Madre Occidental.

Sierras y Llanuras del Norte

Estas sierras ocupan parte de los estados de Chihuahua y Coahuila. Esta provincia enclavada en un ambiente árido y semiárido, se extiende hasta parte de los EE.UU. Sus sierras bajas y abruptas quedan separadas entre sí por grandes bajadas y llanuras; son frecuentes las cuencas endorreicas o bolsones, algunos de ellos salinos, a veces con desarrollo de lagos temporales.

En esta provincia se localiza una parte de la cuenca del río Conchos, afluente del Bravo, y en su centro, el Bolsón de Mapimí. A 50 km al sur de Ciudad Juárez encontramos uno de los campos de dunas (de arena) más extensos del país, el de Samalayuca. Al sur de esta provincia se extiende la Laguna de Mayrán o Bolsón de Coahuila y más al sur se continúa la antigua región lacustre de los bolsones de Viesca, así como una pequeña zona de dunas, la de Bilbao.

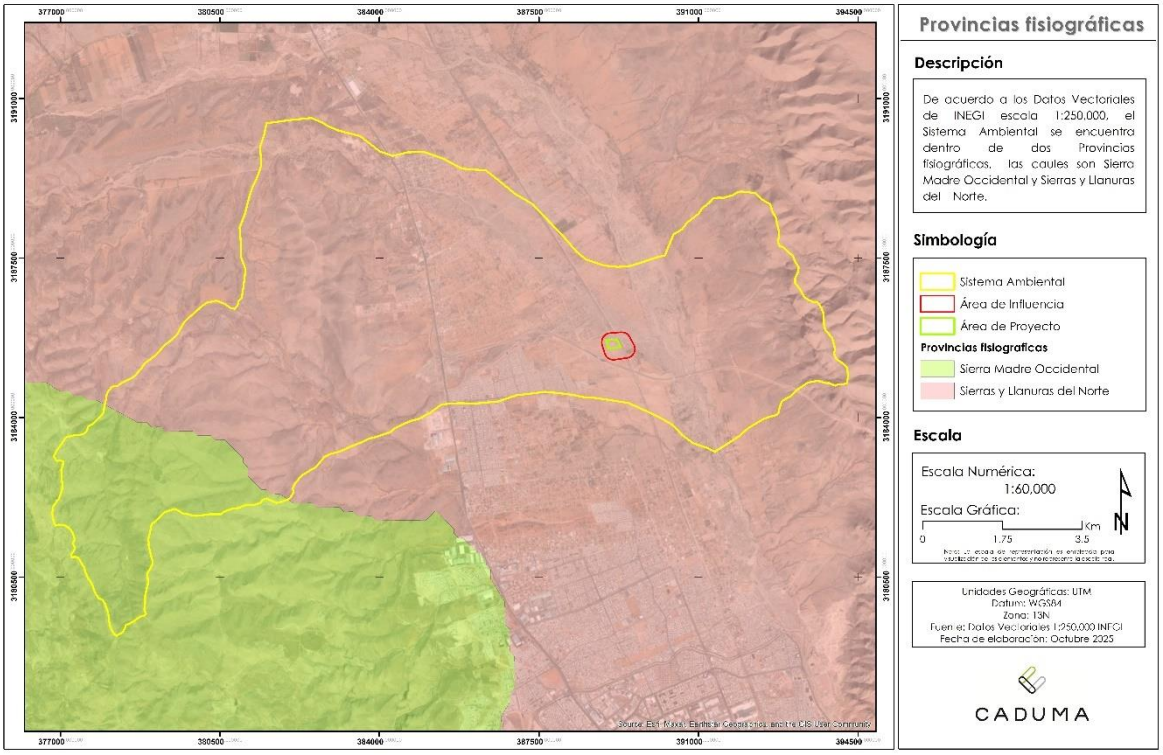
Sierra Madre Occidental

La Sierra Madre Occidental inicia prácticamente desde la frontera con los Estados Unidos de América, dentro de los cuales tiene una pequeña penetración, y se extiende de noroeste a sureste hasta su límite en el sur con la provincia Eje Neovolcánico. Al oeste limita con las provincias Llanura Sonorense y Llanura Costera del Pacífico, al este con la de Sierras y

Llanuras del Norte, la extensión occidental de la Sierra Madre Oriental y la Mesa del Centro. Abarca partes de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit, Aguascalientes y Jalisco.

Esta Sierra, tiene altitudes hasta de 3 300 m y presenta hacia el occidente una imponente escarpa (pendiente muy pronunciada), en tanto que hacia el oriente desciende gradualmente a las regiones llanas del centro.

Figura IV. 4. Provincia Fisiográfica.



Subprovincias Fisiográficas.

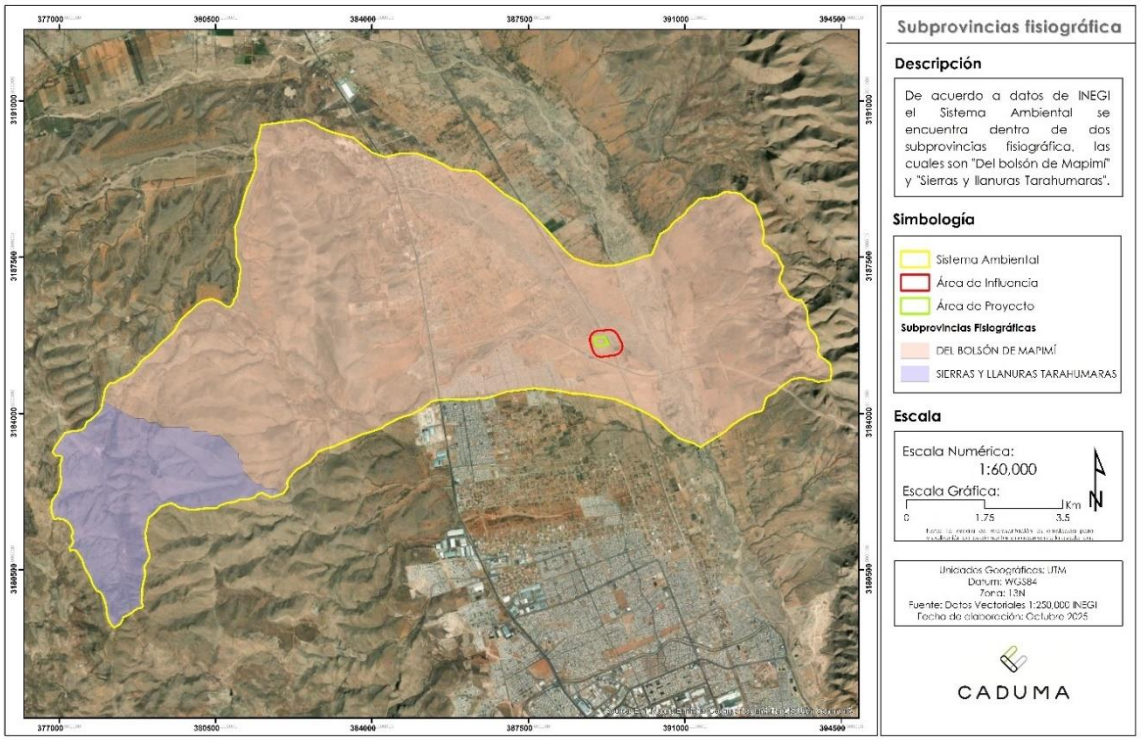
El Sistema Ambiental se ubica dentro de las subprovincias fisiográficas denominadas: Bolsón de Mapimí y Sierras y Llanuras Tarahumaras.

Las subprovincias localizadas en el Sistema Ambiental (SA) son:

Tabla IV.34. Subprovincias presentes en el SA.

Sub provincia fisiográfica	Porcentaje (%)	Superficie (ha)
Sierras y Llanuras Tarahumaras	13.72	1,116.5754
Del bolsón de Mapimí	86.28	7,019.4559
TOTAL	**100.00**	**8,136.0313**

Figura IV. 5. Subprovincia fisiográfica.



Bolsón de Mapimí

Del Bolsón de Mapimí, en la cual se encuentra el 86.28% de la superficie del SA, se caracteriza por sus llanuras y bajadas, sobre todo en las porciones centro y occidental. Sin embargo, existen también sierras y lomeríos orientados al noroeste-sureste, conformadas principalmente por rocas carbonatadas cretácicas, como la Sierra La Trenza, y los lomeríos Boquilla del Lobo, Altos de Morterillos, Alto Galaviza, El Descanso, febrero y El Derrumbadero y cerros altos como El Chilicote, El Corral, Guadalupe, Panales, Puerto de Víctor y Minas Coloradas, entre otros que se localizan hacia el límite oriental del acuífero. La característica más importante de esta subprovincia es el desarrollo de cuencas con drenajes endorreicos, también llamados bolsones, que se pueden identificar en la porción norte, con la presencia de las lagunas El Retiro y La Guitarrilla.

Sierras y Llanuras Tarahumaras

Las sierras están clasificadas como: plegadas (sierras La Amargosa, San José del Prisco, La Lágrima, Los Pilares, La Virgen, Samalayuca, El Pegüis, Matasaguas, La Esperanza, El Morrión y El Fierro, entre otras, así como los picachos La Alcaparra); plegada asociada con mesetas (al noreste de la localidad Pueblito), plegada con lomeríos (al oeste de Rancho Viejo), escarpadas, en menor proporción, localizadas en la parte sur de la zona. Algunas de las sierras están enlazadas a través de lomeríos ramificados, tal como ocurre con las de El Pegüis y La Esperanza; otras por medio de lomeríos ramificados con bajadas, así sucede con La Amargosa y San José del Prisco.

Las llanuras desérticas se localizan en los alrededores de la cabecera municipal Juárez, la del occidente presenta fase de piso rocoso o cementado y la situada en Samalayuca, fase salina. A partir de la población Práxedis G. Guerrero, hacia el sur y de manera dispersa, se distribuyen las llanuras aluviales; la mayor parte de éstas tienen fase salina, por ejemplo, las situadas al oeste de las sierras Los Pilares y La Lágrima, así como en las cercanías de La Amargosa, las restantes son inundables y salinas (al noreste de El Cuervo y en la zona donde se extingue la corriente intermitente El Púlpito).

Sistema de topoformas

El Sistema Ambiental está dentro de cinco sistemas topoformas que se caracterizan principalmente por ser de llanura aluvial y llanuras de piso rocoso o sementado, que se describe como franjas de terreno suavemente inclinado formado en las bases de las cadenas montañosas.

Figura IV. 6. Sistema de topoformas

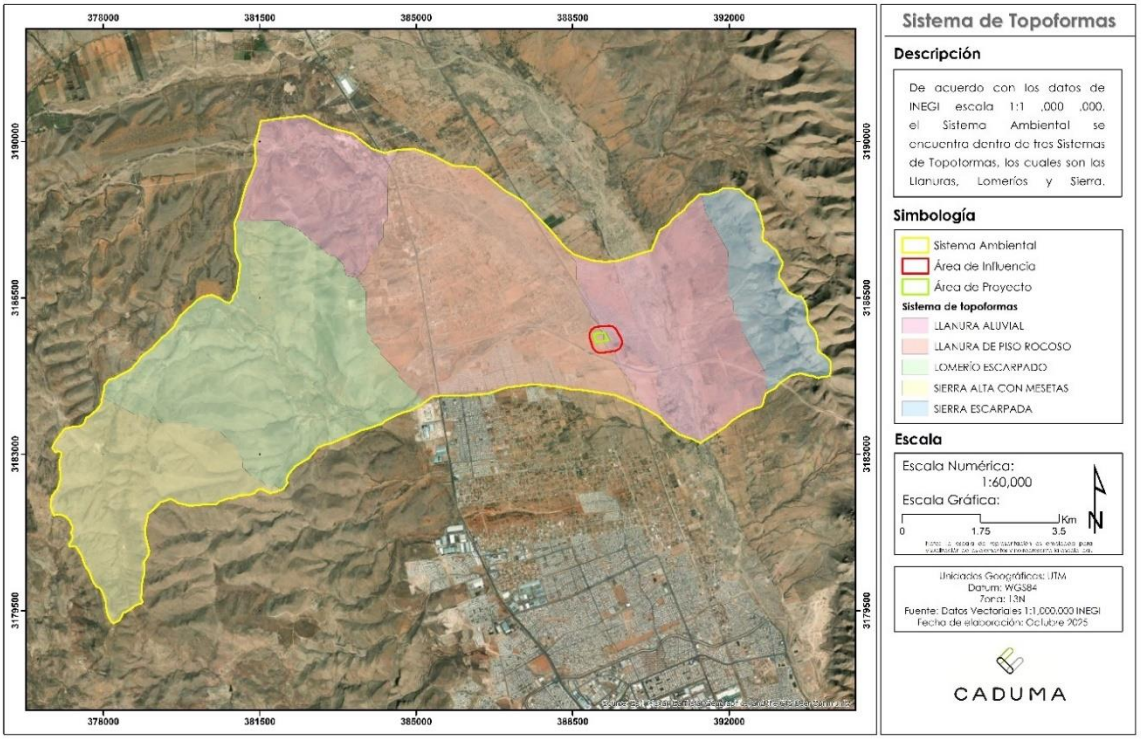


Tabla IV. 35. Sistema de topoformas

Topoforma	% SA	Superficie (ha)
Sierra alta	13.72	1116.5759
Llanura aluvial	25.95	2111.6903
Sierra escarpada	6.84	556.7361
Llanura de piso rocoso	27.09	2203.8549
Lomerío	26.39	2147.1742
TOTAL	**100.00**	**8136.0313**

Principales elevaciones

Existen diferentes elevaciones dentro del área del Sistema Ambiental van desde los 1,440 msnm como mínima a los 1,700 msnm como la altitud máxima identificada dentro del proyecto.

Características del relieve

La principal forma de relieve que se presentan en el Sistema Ambiental está constituida por Llanuras y Lomeríos en su mayoría.

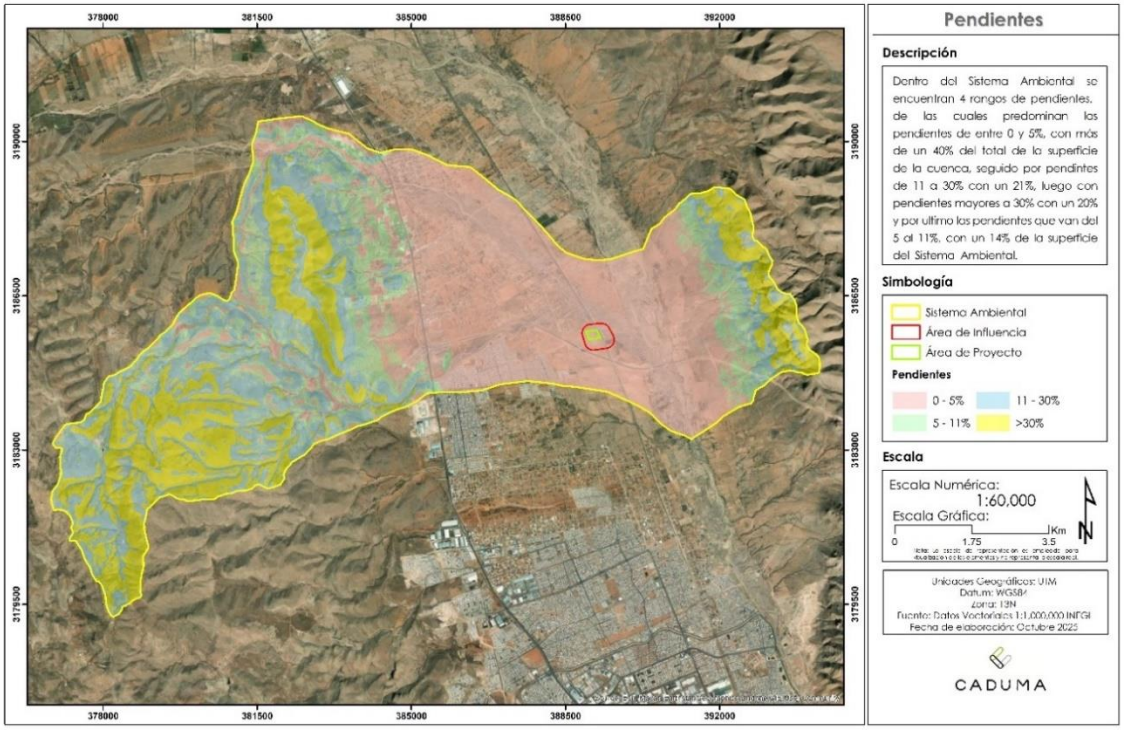
Pendientes

El Sistema Ambiental representada por llanuras con altitudes que van desde los 1,440 a 1,700 msnm. Dadas estas características, predominan pendientes de 0 a 5% ocupando el 43.84% de la superficie del SA, seguido del rango de 11 a 30% con un 21.75% de la superficie. La totalidad de las pendientes representativas del Sistema Ambiental se despliegan en la siguiente tabla:

Tabla IV.36. Grados de pendiente y superficie que ocupa en el Sistema Ambiental.

Pendiente (%)	%SA	Superficie (ha)
0 - 5	43.84	3566.7647
5 - 11	14.39	1170.5593
11 - 30	21.75	1769.9636
>30	20.02	1628.7437
TOTAL	**100.00**	**8,136.0313**

Figura IV. 7. Pendientes



Exposiciones

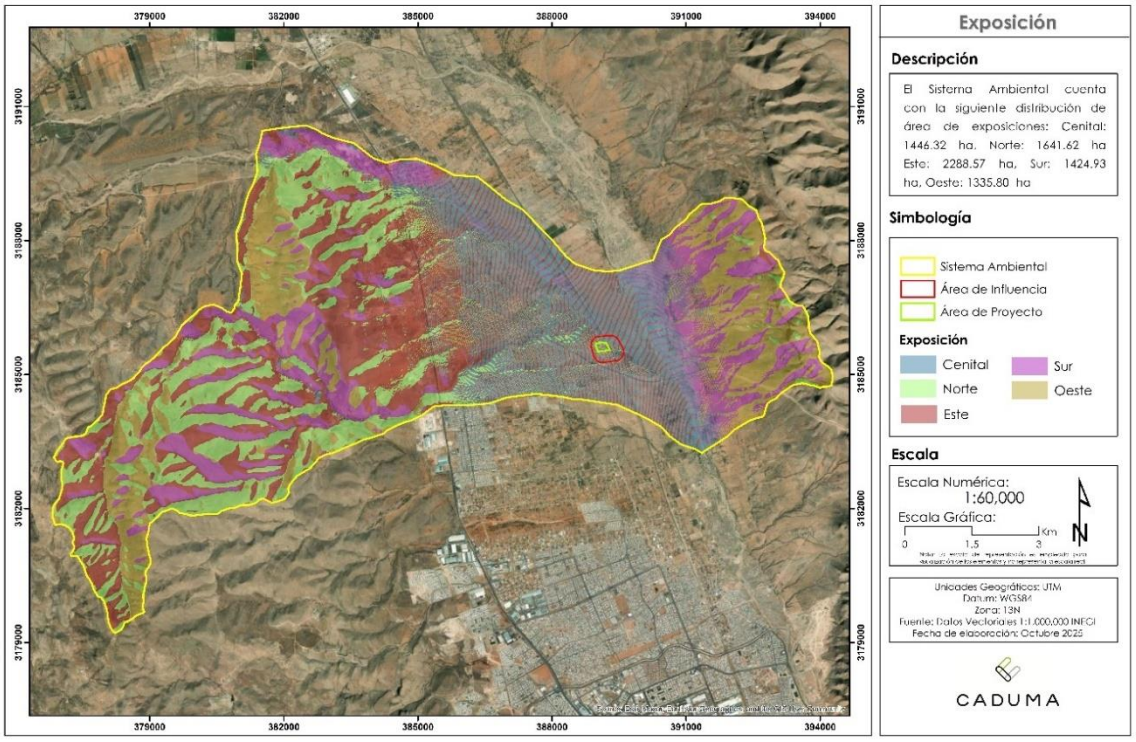
Dependiendo la dirección a la que está el área, se muestran los porcentajes de las exposiciones correspondientes al SA, en la siguiente tabla se puede observar que la exposición Sur predomina con 17.48% de la superficie de la cuenca, la exposición Oeste le sigue ocupando el 16.42% de la superficie, el 17.78% de la superficie tienen exposición Cenital, 20.18 % corresponde a la exposición Norte, mientras que la exposición Este ocupa el 28.13% en sus respectivas superficies.

La siguiente tabla muestra una descripción detallada de las superficies ocupadas por cada exposición.

Tabla IV. 37. Exposición y superficie que ocupa en el Sistema Ambiental

Exposición	%SA	Superficie (ha)
Cenital	17.78	1446.6376
Norte	20.18	1641.9801
Este	28.13	2289.0697
Sur	17.48	1422.2477
Oeste	16.42	1336.0962
TOTAL	**100**	**8136.0313**

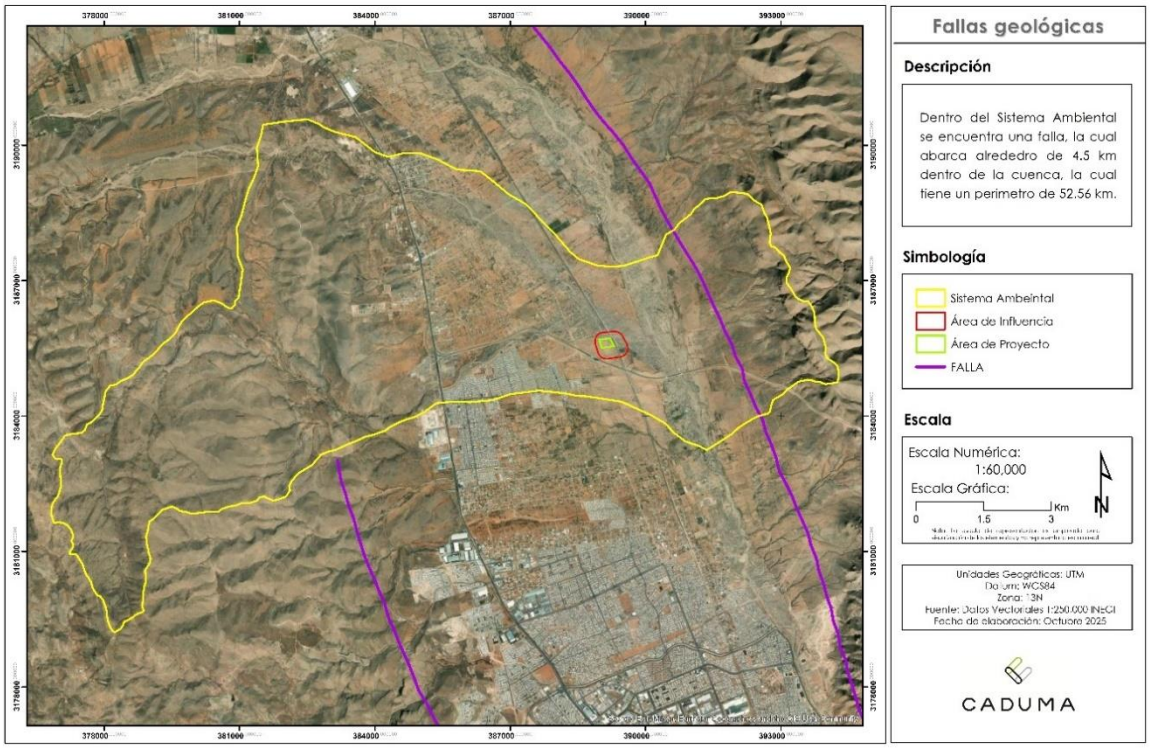
Figura IV. 8. Exposiciones.



Presencia de fallas y fracturas

De acuerdo con los datos vectoriales de la Carta Geológica de INEGI, en el trazo del área del Sistema Ambiental se encuentra una falla.

Figura IV. 9. Fallas y fracturas



Susceptibilidad

Sismicidad

El sitio del proyecto de acuerdo a la zonificación sísmica del Atlas Nacional de Riesgos de México, se encuentra dentro del área que tiene un índice de peligro sísmico muy bajo, así mismo no existen evidencias históricas de sismos destructivos en esta región.

Figura IV. 10. Regionalización sísmica

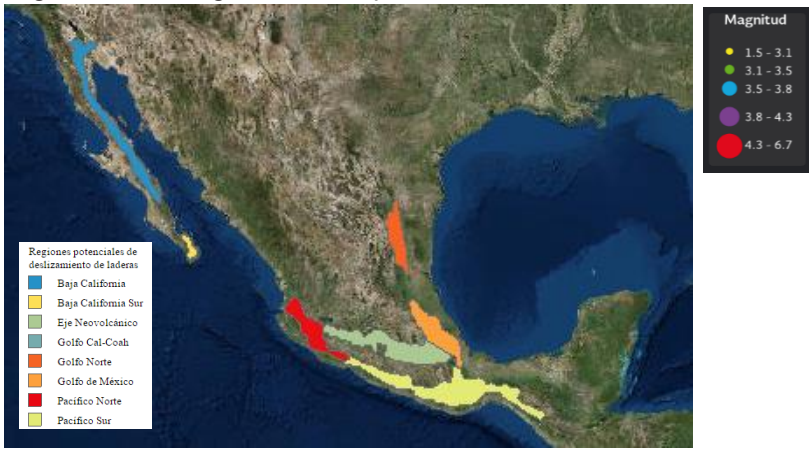


Fuente: Atlas Nacional de Riesgos.

Deslizamientos y Derrumbes

La zona no presenta susceptibilidad de deslizamientos o desprendimientos a nivel regional, por acciones de erosión, intervenciones antropogénicas, u otro que pudiera generar condiciones de riesgo.

Figura IV. 11. Regionalización por deslizamiento a nivel nacional

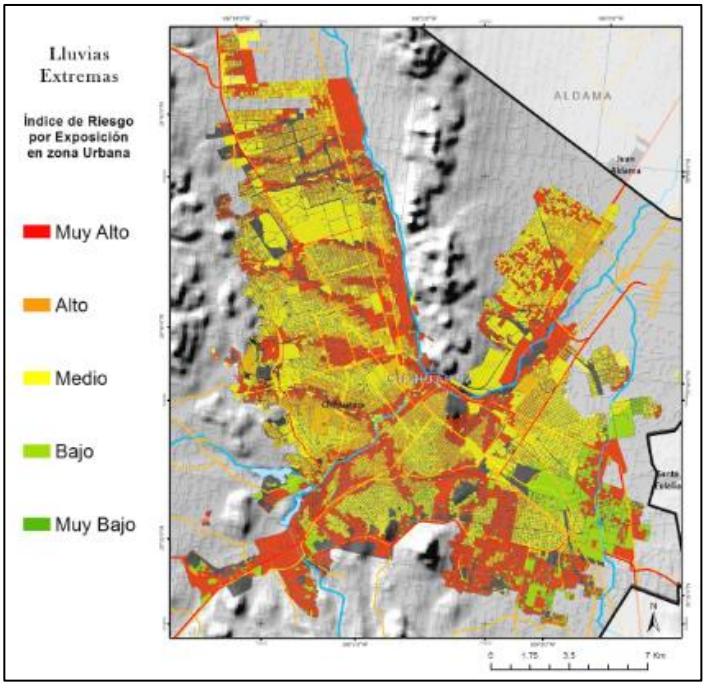


Fuente: CENAPRED

Inundaciones

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, el municipio Chihuahua registra una vulnerabilidad de medio a alto de acuerdo a la probabilidad de presentar lluvias extremas pudiendo causar inundaciones.

Figura IV. 12. Probabilidad de lluvias extremas.



Actividad volcánica

En el Sistema Ambiental y el área del proyecto no hay registro de volcanes cercanos.

c) Suelos

Tipos de suelo

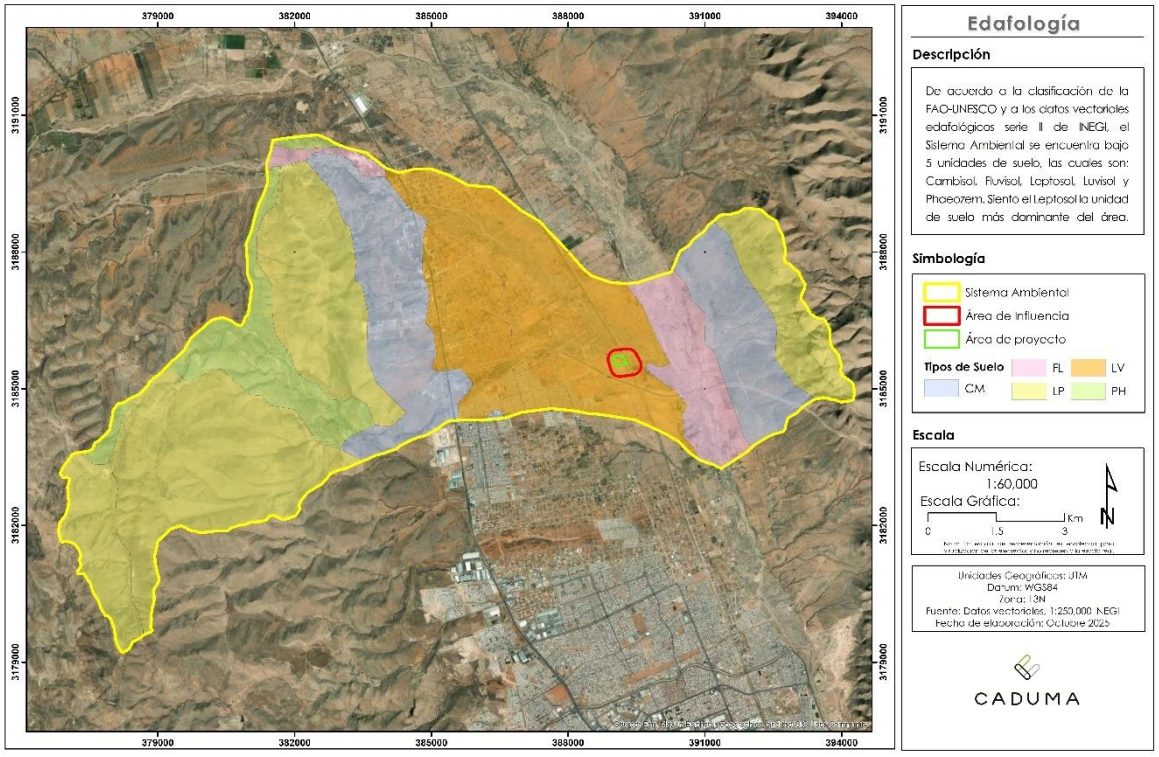
Las unidades de suelo dominantes dentro del Sistema Ambiental, de acuerdo con la clasificación de FAO-UNESCO y los datos vectoriales edafológicos serie II de INEGI son las siguientes:

Tabla IV. 38. Unidades de suelo.

Código	Tipo de suelo	% SA	Superficie (ha)
CM	Cambisol	19.58	1592.8929
FL	Fluvisol	6.91	562.2504
LP	Leptosol	39.74	3233.5407
LV	Luvisol	25.4	2066.8032
PH	Phaeozem	8.36	680.5441
TOTAL		**100.00**	**8136.0313**

Los suelos presentes en el Sistema Ambiental, se describen a continuación, siendo el Leptosol el suelo con más presencia dentro del SA con 39.74%, seguido del Luvisol con 25.40%.

Figura IV. 13. Edafología.



Descripción de los suelos

Descripción de los tipos de suelos

Cambisol

Los cambisoles se consideran suelos jóvenes con un horizonte de alteración con proceso inicial de acumulación de arcilla; en el área se han encontrado cambisoles vérticos, gleicos, eútricos y crómicos. Suelen ser de color intenso por la acumulación de arcillas y óxidos de hierro, en condiciones favorables de humedad y de aportes de materia orgánica, pueden alcanzar un espesor considerable y resultar muy fértiles.

Fluvisol

Suelos con abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en periodos recientes y que están tradicionalmente sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Tienen buena fertilidad natural y son atractivos históricamente para los asentamientos humanos de nuestro país. Los Fluvisoles con influencia de marea son suelos ecológicamente valiosos en los que la vegetación original debe preservarse.

Leptosol

Suelos someros; del griego leptos, fino. Existen varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20 porciento (en volumen) de tierra fina. Se encuentran principalmente tierras en altitud media o alta con topografía fuertemente disectada. Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en regiones secas cálidas o frías), en particular en áreas fuertemente erosionadas. Los Leptosoles tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos.

Luvisol

Son suelos que se forman a partir de una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con marcada estacionalidad de lluvia y sequía. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado, sobre todo para la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Los Luvisoles se extienden por alrededor de 500 a 600 millones de hectáreas en el mundo y en México en 17.3 millones, siendo la Sierra Madre Occidental Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán, algunas de sus zonas de distribución.

Phaeozem

Los Phaeozems vírgenes soportan una vegetación de matorral o bosque, aunque son muy pocos. Son suelos fértiles y son capaces de soportar una gran variedad de cultivos, tanto de secano como de regadío, así como pastizales. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión.

Subuidades de suelo

Las unidades de suelo presentes en el Sistema Ambiental cuentan con diferentes subunidades de los mismos, los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla IV. 39. Unidades y subunidades en el SA.

Tipo de suelo	Subunidades
Cambisol	Crómico
	Esquelético (sk)
Fluvisol	Esquelético (sk)
	Eútrico (eu)
Leptosol	Lítico (Li)
	Esquelético (sk)
	Ócrico (ok)
	Mólico (mo)
	Eútrico (eu)
Luvisol	Álbico (ab)
	Ábrúptico (ap)
Phaeozem	Leptico (lep)
	(len)
	Esquelético (sk)
	Lúvico (lv)

Descripción de las subunidades

Abrúptico

Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente de color rojizo. Tiene una textura franca y gruesa en todo su espesor, con una saturación superior al 50%.

Álbico

Suelos con una capa de suelo donde se ha perdido la arcilla hacia las capas inferiores. Es de color claro, infértil y más arenosa que el resto del suelo.

Crómico

Son suelos de color pardo o rojizo, en algunas ocasiones amarillento. Son de fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas.

Eútrico

Suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos districos.

Esquelético

Tiene 40 por ciento o más (en volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos promediado en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

Lúvico

Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo, generalmente de color rojizo. Tiene una textura franca y gruesa en todo su espesor, con una saturación superior al 50%.

Lítico

Tiene roca continua que comienza dentro de 10 cm de la superficie del suelo.

Profundidad de los suelos y sus horizontes

La mayoría de límites de suelo son zonas de transición más que líneas puntuales de división. La profundidad de los límites superiores e inferiores de cada horizonte se reporta en centímetros; se mide desde la superficie (incluyendo cobertura orgánica y mineral) del suelo hacia abajo.
Las profundidades registradas para los tipos de suelos que existen dentro del sistema ambiental presentan características texturales similares entre los tipos de suelos identificados.

Según lo observado en campo, en la zona existen suelos limitados en profundidad por presencia de roca continua donde el límite de la superficie hasta el estrato rocoso no es muy amplio. A continuación, se presenta una tabla donde se registran las profundidades según la unidad de suelo de acuerdo a la FAO-UNESCO:

Tabla IV. 40. Profundidad de suelos.

Tipo de suelo	Profundidad
Cambisol	Entre 30 a 100 cm
Fluvisol	Entre 1 a 30 cm
Leptosol	Entre 20 y 100 cm
Luvisol	Entre 60 a 150 cm
Phaeozem	Entre 40 y 100 cm

Degradación de suelo

De acuerdo con la Evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000, elaborada por el Colegio de Postgraduados y SEMARNAT, en el Sistema Ambiental cuenta con un tipo de degradación, Perdida del suelo superficial por acción del viento (Es).

Figura IV. 14. Nivel de degradación.

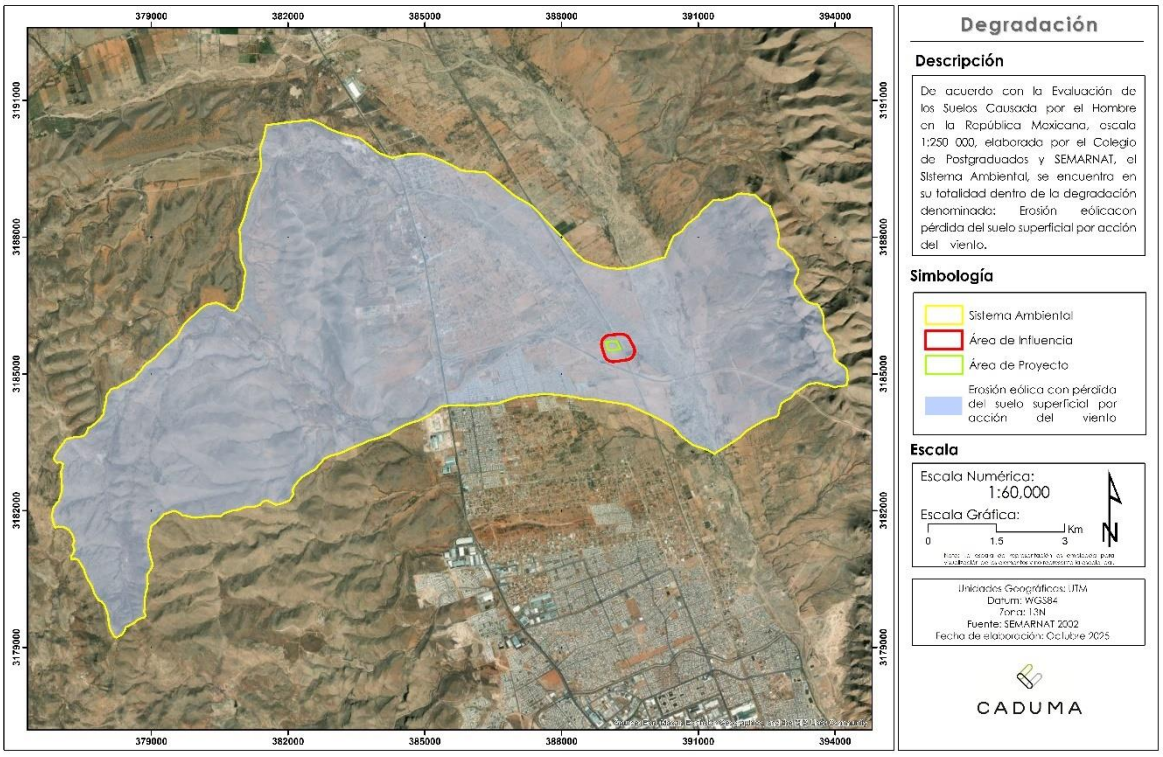


Tabla IV. 41. Tipo de degradación y porcentaje de extensión.

Simbología	Tipo de degradación	Descripción	%SA	Superficie del SA
Es	Pérdida del suelo superficial por acción del viento	Disminución del espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforme del material del suelo por la acción del viento.	100	8136.0313
TOTAL			**100.00**	**8136.0313**

Las posibles causas de la erosión por acción del viento es la insuficiente protección de la cobertura vegetal o del suelo contra el viento, por deficiente humedad o por la destrucción de la estructura del suelo.

Grado de Erosión del suelo

Metodología

- **Erosión Hídrica**

Se determinó la pérdida de suelo para el Sistema ambiental utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

El modelo de la Ecuación universal de perdida de suelo (EUPS), empleado para el proyecto fue desarrollado para estimar la cantidad de pérdida de suelo por efecto de la lluvia en áreas específicas por Wischmeier y Smith en 1978, sin embargo, es ampliamente aceptado en diversas investigaciones científicas y ha sido adaptada para diferentes regiones del mundo entre ellos México. La metodología EUPS es utilizada en estudios recientes publicados por diversos autores en investigaciones científicas realizadas en la República Mexicana, tal es el caso de:

- Mapa nacional de erosión potencial en México realizado por Montes-León et al., (2011).
- Flores I., (2016) en su trabajo de investigación "Estimación de la perdida de suelo por erosión hídrica en tres cuencas de la República Mexicana utilizando la ecuación universal de perdida de suelo".
- Así como la investigación realizada por Ordoñez R. (2017) en la modelación de la erosión hídrica en la cuenca alta del río Conchos, en el estado de Chihuahua.

Entre otros artículos científicos, trabajos de investigación y manuales consultados, de igual manera el uso de esta metodología es aplicada en programas donde participan instituciones tales como CONAFOR y SEMARNAT, estos programas fueron aplicados en diversos estados de la república, entre ellos Chihuahua.

- Programa de Desarrollo Forestal Comunitario PROCYMAF y el Programa de desarrollo sustentable para las comunidades rurales e indígenas del noroeste semiárido PRODESNOS 2010 y 2011 respectivamente (CONAFOR y SEMARNAT).
- Elaboración de "Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras", SEMARNAT (2011).

La EUPS se desarrolla a partir de la siguiente formula:

Erosión Actual A = R* K* LS* C* P

Donde:
A = tasa de erosión anual (ton/ha/año).
R = factor de erosividad de la lluvia (Mj.mm/ha/h).
K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/MJ.mm).
LS = factor topográfico longitud-pendiente.
C = factor de vegetación y cultivo.

P = factor de prácticas de conservación.

Es importante mencionar que se realizaron los análisis para el Sistema ambiental y para el proyecto.

Estimación de la Erosión Actual

La erosión actual es la cantidad de pérdida de suelo, ocasionada por múltiples factores ambientales y topográficos, esta es calculada tomando en cuenta el estado actual del SA es decir sin la realización del proyecto (el cual implica la remoción de la vegetación forestal).

Erosividad (Factor R)

La estimación de R se puede realizar conociendo la energía cinética de la lluvia y la velocidad de caída de las gotas de lluvia, utilizando la ecuación de la energía cinética:

$$Ec = \frac{mv^2}{2}$$

Dónde:
m = Masa de lluvia
v = velocidad de caída de las gotas de lluvia.

Considerando lo complejo de hacer esta estimación se propuso que un mejor estimador de la agresividad de la lluvia sería ∑ EI 30 o sea el valor de erosividad de la lluvia (R). Para estimar R se obtiene el valor de energía cinética por evento se estima por evento como Ec I 10 = .0 119 + .0 0873log donde hay que conocer la intensidad de la lluvia y obtener el Valor de Ec y multiplicarlo por la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos. La suma de estos valores de EI30 en un año da el valor de R. Este procedimiento es complicado cuando no se cuenta con datos de intensidad de la lluvia; por esta razón se buscó correlacionar los datos de precipitación anual con los valores de R estimados en el país utilizando la información de intensidad de la lluvia disponible (Cortés y Figueroa 1991).

El índice de erosividad de la lluvia (EI30) se define como el producto de dos características en una lluvia tempestuosa: La energía total de la lluvia (E) y la intensidad máxima en 30 min (I30), la cual se representa:

EI 30 = E (I30)

Dónde:
E=Energía cinética total de la lluvia (mj ha-1).
I30= Intensidad máxima de la lluvia en 30 min. (mm hra -1).

El factor R empleado en el presente, es ampliamente utilizado para el cálculo de erosión bajo las condiciones de precipitación en la República Mexicana, tomando en cuenta la metodología utilizada por Montes-León et al., (2011), en su trabajo "Mapa nacional de

erosión potencial" en el cual se estima el valor del factor R a partir de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas y la aplicación de las ecuaciones asociadas con los 14 diferentes regiones de la república mexicana determinadas a través del trabajo de Cortés en 1991 "Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados".

De igual manera Castro M., (2013) en su trabajo "Estimación de perdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madin, México", y Flores I., (2016) "Estimación de la perdida de suelo por erosión hídrica en tres cuencas de la república mexicana, utilizando la ecuación universal de perdida de suelo", utilizan estas ecuaciones para la estimación del factor R de acuerdo a la localización del área de estudio y sus respectivas regiones.

Figura IV.15. Regionalización Nacional del Factor "R" (Cortés, 1991).

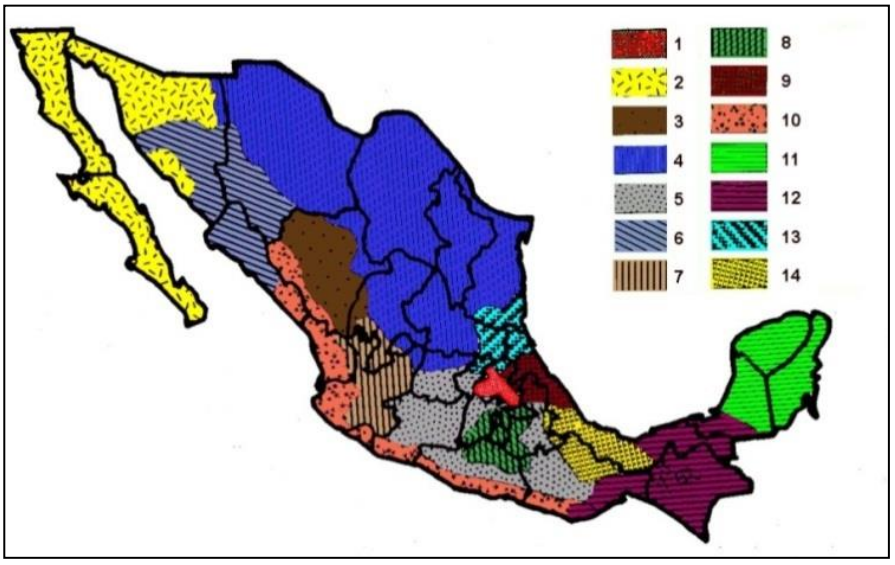


Tabla IV. 42. Ecuaciones Regionales para México que Estiman el Valor de R por Medio de la Precipitación Anual (P) (Cortés, 1991).

Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia ® en la República Mexicana		
Región	**Ecuación**	**R2**
I	R = 1.2078P + 0.002276P2	0.92
II	R = 3.4555P + 0.006470P2	0.93
II	R = 3.6752P - 0.001720P2	0.94
IV	R = 2.8559P + 0.002983P2	0.92
V	R = 3.4880P - 0.00088P2	0.94
VI	R = 6.6847P + 0.001680P2	0.9
VII	R = -0.0334P + 0.006661P2	0.98
VIII	R = 1.9967P + 0.003270P2	0.98
IX	R = 7.0458P - 0.002096P2	0.97
X	R = 6.8938P + 0.000442P2	0.95
XI	R = 3.7745P + 0.004540P2	0.98

Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia ® en la República Mexicana		
Región	**Ecuación**	**R2**
XII	R = 2.4619P + 0.006067P2	0.96
XIII	R = 10.7427P - 0.00108P2	0.97
XIV	R = 1.5005P + 0.002640P2	0.95

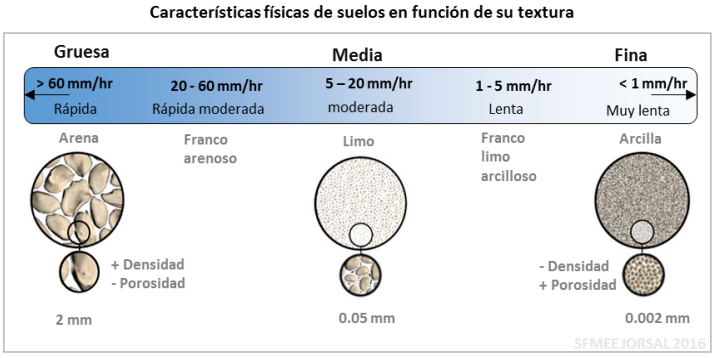
Factor R = 2.8559 (P) + 0.002983 (P)2
P= 361.09 mm
Factor R = 2.8559 (361.09 mm) + 0.002983 (361.09 mm)2
Factor R = 1,420.17

Erosionabilidad (Factor K)

El valor para el factor K utilizado para el presente proyecto se encuentra fundamentado en los trabajos de investigación científica realizados en México, como los presentados por Loredo O., 2007 y Flores I., 2016, los cuales toman como base la metodología realizada por la FAO (1980) la cual emplea unidades de suelo, y la adaptación realizada por INEGI para las condiciones ambientales de México (Figueroa et al., 1991), así como los trabajos presentados por Montes-León et al., (2011), "Mapa Nacional de Erosión Potencial" y López et al., (2012) "Evaluación de la vulnerabilidad de los suelos del Estado de Durango, México en el contexto del cambio climático".

El factor K está ligado al tipo y textura del suelo, la cual indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena (partículas con un diámetro mayor o igual a 2 mm), el limo (partículas con diámetro de 0.5 mm) y la arcilla (diámetro menor o igual a 0.002 mm), en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.

Figura IV. 16. Propiedades físicas del suelo.



La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo y en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Tabla IV. 43. Factor K, de acuerdo con el tipo de suelo y textura.

Nombre	Clave	Textura		
		Gruesa (1)	Media (2)	Fina (3)
Acrisol	AC	0.026	0.04	0.013
Arenosol	AR	0.013	0.02	0.007
Chernozem	CH	0.013	0.02	0.007
Calcisol	CL	0.053	0.079	0.026
Cambisol	CM	0.026	0.04	0.013
Durisol	DU	0.053	0.079	0.026
Fluvisol	FL	0.026	0.04	0.013
Gipsol	GY	0.053	0.079	0.026
Castañozem	KS	0.026	0.04	0.013
Leptosol	LP	0.013	0.02	0.007
Luvisol	LV	0.026	0.04	0.013
Phaeozem	PH	0.013	0.02	0.007
Regosol	RG	0.026	0.04	0.013
Solonchak	SC	0.026	0.04	0.013
Solonetz	SN	0.053	0.079	0.026
Umbrisol	UM	0.026	0.04	0.013
Vertisol	VR	0.053	0.079	0.026
Otros	H2O	1	1	1

Fuente: Montes León et. al., 2011.

De acuerdo con los valores de los datos vectoriales de la carta edafológica de INEGI serie II, con base a la ponderación según la superficie del Sistema Ambiental, se determinó un tipo de suelo y una clase textural, el valor obtenido para el Factor K fue de 0.8134.

Tabla IV. 44. Factor K ponderado, de acuerdo con el tipo de suelo y textura (SA).

Concepto	Textura	Factor K	ha CH	% CH	Ponderación
Cambisol	2 (media)	0.040	1592.8929	19.58%	0.0078
Fluvisol	1 (gruesa)	0.026	562.2504	6.91%	0.0017
Leptosol	2 (media)	2.000	3233.5407	39.74%	0.7948
Luvisol	1 (gruesa)	0.026	1193.6320	14.67%	0.0038
Luvisol	2 (media)	0.040	873.1712	10.73%	0.0042
Phaeozem	1 (gruesa)	0.013	630.6020	7.75%	0.001
Phaeozem	2 (media)	0.020	49.9421	0.61%	0.0001
		Total	8136.0313	100.00%	0.8134

Para el área de proyecto, se estimó un valor para el Factor K de 0.0345.

Tabla IV. 45. Factor K ponderado, de acuerdo con el tipo de suelo y textura (proyecto).

Concepto	Textura	Factor K	ha proyecto	% proyecto	Ponderación
Luvisol	1 (gruesa)	0.026	1.8101	38.34%	0.0099
Luvisol	2 (media)	0.040	2.9105	61.66%	0.0246
		Total	4.7206	100.00%	0.0345

Longitud y Grado de pendiente (Factor LS)

El factor LS fue calculado utilizado el modelo digital de elevación (MDE) de INEGI para el SA, así como las diversas herramientas del programa informático de sistema de información geográfica Arcgis 10.8.1, siguiendo la secuencia y formulas con base a los trabajos de investigación realizados en México.

En las investigaciones de Castro M., (2013), Melchor & Chagoya (2016), Flores I. 2016 y Ordoñez R., (2017) emplea la fórmula propuesta por Velásquez, 2008 para el cálculo del subfactor "L" y los criterios de McCool et al., 1987,1989 para el cálculo del subfactor "S", con ayuda de las herramientas de software de sistemas de información geográfica, y archivos ráster MDE (Modelo Digital de Elevación) obtenido a través del portal de INEGI, una vez obtenido los valores de los subfactores L y S estos son multiplicados para la obtención del valor factor LS.

El modelo digital de elevación consiste en una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Con el uso del modelo digital de elevación se estimaron capas de pendiente, flujos de acumulación del agua y el cálculo del estimador por pixel de acuerdo con las fórmulas que se describen a detalle más adelante.

El factor L: es la longitud de la pendiente que corresponde a la distancia desde el origen de la escorrentía superficial a lo largo de su vía de flujo a la localidad donde se concentra el flujo o donde se deposita el suelo desprendido. Las siguientes fórmulas se utilizan para el cálculo de dicho factor. Para los cálculos del factor L en el SA, se utilizó el área de drenaje aportadora con la siguiente formula (Desmet & Govers, 1996, citado por VELÁSQUEZ, 2008).

$$\boldsymbol{L}(i,j) = \frac{(A_{(i,j)}+D^2)^{m+1}-A_{(i,j)}{}^{m+1}}{\mathrm{x}^m \cdot D^{m+2} \cdot (22.13)^m} \qquad \mathbf{M} = \frac{F}{(1+F)} \qquad \boldsymbol{F} = \frac{sin\beta/0{,}0896}{3(sin\beta)^{0{,}8}+0{,}56}$$

Dónde:
A (i, j) [m] = Área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda)
D = Tamaño del pixel
X = Factor de corrección de forma
Factor de forma = 1
M = Exponente de la longitud de la pendiente
β = Ángulo de la pendiente
Factor S: El ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCOOL et al., 1987,1989, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000).

$$\boldsymbol{S}_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8\ sin\beta_{(i,j)} + 0.03 & tan\beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8\ sin\beta_{(i,j)} - 0.5 & tan\beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Velásquez (2008) nos dice que, cuando se aplica esta fórmula en la herramienta Raster Calculator del programa ArcGIS se debe tomar en cuenta que el ángulo deberá ser convertido a radianes (1 grado sexagesimal = 0,01745 radianes), para que pueda ser multiplicado por los demás componentes de las ecuaciones.

A los factores L y S, se les asignó un valor por pixel (15 m x 15 m), resultado de clasificaciones de las capas de información utilizadas en el programa ArcGIS 10.3.1

Posterior a la aplicación de estas fórmulas obtenemos un modelo digital de elevación final. Este MDE se obtuvo de la multiplicación del valor de L y S.

Factor LS = Factor L * Factor S

El valor del Factor LS en el SA es de **1.8112**, en tanto para el área se proyecto resultó en **0.2935**

Factor de protección de la vegetación (Factor C)

El factor C considera el efecto de la vegetación y las prácticas de manejo en la erosión, ya que estima la tasa de perdida de suelo en las condiciones actuales en relación a aquella que se experimenta bajo condiciones naturales del área (Montes et al., 2014).

En este factor también es considerado la presencia de residuos de plantas muertas, raíces y pastos ya que estos elementos contribuyen a evitar el desprendimiento del suelo.

La obtención del factor C así como la clase de cobertura se realizó con base en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:250,000 Serie VII (INEGI), así como la imagen satelital para hacer una interpretación del tipo de cobertura que representa a través de una clasificación supervisada utilizando el programa ArcGis, y de acuerdo con diversas bibliografías como Roose, 1977 y Wischmeier, W. H., and Smith, D.D. 1978.

Tabla IV. 46. Valores de estimación pérdida de suelo Factor C.

Vegetación y/o Uso de suelo	C	Vegetación y/o Uso de suelo	C
Bosque de ayarin	0.01	Pastizal gipsofilo	0.25
Bosque de cedro	0.01	Pastizal halófilo	0.25
Bosque de encino	0.1	Pastizal inducido	0.02
Bosque de encino-pino	0.01	Pastizal natural	0.07
Bosque de galería	0.1	Popal	0.85
Bosque de oyamel	0.01	Pradera de alta montaña	0.05
Bosque de pino	0.01	Sabana	0.54
Bosque de pino-encino	0.01	Sabanoide	0.54
Bosque de táscate	0.01	Selva alta perenifolia	0.45
Bosque de mesófilo de montaña	0.01	Selva alta subperenifolia	0.45
Chaparral	0.65	Selva baja caducifolia	0.5

Vegetación y/o Uso de suelo	C	Vegetación y/o Uso de suelo	C
Manglar	0.1	Selva baja espinosa caducifolia	0.5
Matorral crasicaule	0.65	Selva baja espinosa subperennifolia	0.5
Matorral de coníferas	0.2	Selva mediana caducifolia	0.45
Matorral desértico micrófilo	0.25	Selva mediana perennifolia	0.45
Matorral desértico rosetófilo	0.25	Selva mediana subcaducifolia	0.45
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45	Tular	0.1
Matorral rosetófilo costero	0.25	Vegetación de desiertos arenosos	0.85
Matorral sarcocaule	0.25	Vegetación de dunas costeras	0.85
Matorral sarco-crasicaule	0.25	Vegetación de galería	0.85
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25	Vegetación halófila	0.85
Matorral submontano	0.35	Zona urbana	0.005
Matorral subtropical	0.12	Cuerpos de agua	1
Mezquital	0.65	Agricultura en riego	0.55
Palmar inducido	0.75	Agricultura de temporal	0.75
Palmar natural	0.75	Agricultura de humedad	0.25

Fuente: Montes et al., 2011, Mapa Nacional de Erosión Potencial.

El valor ponderado del Factor C resultó en 0.3624, este valor se obtuvo considerando la superficie que ocupa cada tipo de vegetación y uso de suelo en el área del Sistema ambiental.

Tabla IV. 47. Valor ponderado del factor C para el área del Sistema ambiental.

Concepto	Factor C	SA ha	% SA	Ponderación
Área desprovista de vegetación	1	14.9435	0.18%	0.0018
Asentamientos humanos	1	1339.7271	16.47%	0.1646
Bosque de encino	0.1	1545.3187	18.99%	0.0189
Matorral desértico micrófilo	0.25	2142.5296	26.33%	0.0658
Pastizal natural	0.07	1598.1259	19.64%	0.0137
Agricultura de riego anual	0.55	62.8438	0.77%	0.0042
Agricultura de riego permanente	0.55	3.7597	0.05%	0.0002
Agricultura de temporal anual	0.75	969.3840	11.91%	0.0893
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	0.07	459.3990	5.65%	0.0039
	Total	8136.0313	100.00%	0.3624

El área de proyecto se encuentra únicamente en la vegetación de Matorral desértico micrófilo, el cual tiene un valor de Factor C de 0.25.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los factores contemplados para estimar la erosión hídrica actual en el Sistema ambiental y área de proyecto.

Tabla IV. 48. Valores usados en el cálculo de erosión hídrica actual SA y proyecto:

Factor	SA	Proyecto
R	1,420.17	1,420.17
K	0.8134	0.0345
LS	1.8112	0.2935
C	0.3624	0.2500

Erosión Hídrica Actual SA y área de proyecto

El producto total de los cinco factores (R, K, L, S, C) es el valor erosivo actual en el sitio; esto es, la pérdida de suelo con la que cuenta el sitio aun con la protección que ofrece la cobertura vegetal y la resistencia que ésta opone ante la erosión. Cabe mencionar que los cálculos de área de proyecto corresponden a la superficie de vegetación forestal que será removida para el desarrollo de las obras en el presente estudio.

El en Sistema ambiental se identificó que la tasa de erosión es de clasificación "Muy alta", sin embargo, el área de proyeto resultó como "Ligera, esto con base en la tabla "Valores de la erosión laminar.

Tabla IV. 49. Erosión actual.

Erosión Actual SA (RKLS+C)			
Zona	Superficie (ha)	Tasa de Erosión Actual (Ton/ha/año)	Volumen de Erosión Actual (Ton/ha/año)
Sistema ambiental	8,136.0313	758.2267	6,168,956.1636
Área de proyecto	4.7206	3.59	16.9469

Nivel de erosión laminar

Los valores para asignar el nivel de erosión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 50. Valores de la erosión laminar.

Valores de erosión laminar (ton / [Ha*año])	
Ligera	Menor de 12
Moderada	De 12 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

(CONAFOR, 2010)

<u>Erosión Eólica actual</u>

La erosión eólica es una función principalmente del clima, el suelo y la vegetación, los cuales, al conjugarse bajo determinadas condiciones propician o restringen este tipo de

erosión. La erosión eólica ocurre bajo las siguientes condiciones: escasa precipitación, fuertes oscilaciones de temperatura entre el día y la noche, así como vientos suficientemente fuertes para provocar el movimiento de las partículas del suelo.

La metodología para el cálculo de la erosión por efecto del viento según la FAO y el-Colegio de Posgraduados (Publicado por la SEDUE, 1989) y la expresión para determinar la pérdida de suelos:

EROEO = IAVE * CATEX * CAUSO

Dónde:
IAVE: Índice de Agresividad del viento
CATEX: Valor de acuerdo Textura
CAUSO: Valor de uso del suelo

Cada una de las variables se determina por una serie de valores que se estiman a partir de ecuaciones ya determinadas y valores predeterminados de acuerdo a las características de cada variable.

Índice de Agresividad del viento (IAVIE)

Para obtener el valor de IAVIE primeramente se tiene que obtener el período de crecimiento (PECRE). Se obtiene con el siguiente cálculo:

$$PECRE = 0.2408\ (PRECIPITACIÓN) - 0.0000372\ (PREC)^2 - 33.1019$$

Dónde:
PRECIPITACIÓN = Precipitación anual (mm) 734.10 mm
PECRE = 0.2408 (**361.09 mm**) – 0.0000372 (**361.09 mm**)^2 – 33.1019
PECRE = 48.99 mm

Calculo para obtener IAVIE:
IAVIE: Índice de agresividad del viento, se obtiene a partir de la siguiente formula:
IAVIE= 160.8252-0.7660 (PECRE)
IAVIE= 160.8252-0.7660 (48.99 mm)
IAVIE= 123.29

Así mismo se enlistan los valores para PECRE e IAVIE, obtenidos mediante las fórmulas antes mencionadas.

Tabla IV. 51. Valores de Precipitación Anual, PECRE y IAVIE

PREC. (mm)	PECRE (mm)	IAVIE
361.09	48.99	123.29

Calificación de la Textura. (CATEX)

De la información de las unidades de suelo, se debe establecer si se trata o no de suelos calcáreos. Los suelos calcáreos son los siguientes:

Tabla IV. 52. Subunidades de suelos.

Suelos Calcáreos	
skn	Calcisol (CL)
sk	Leptosol (LP)
eu	Leptosol (LP)
ca	Leptosol (LP)
szw	Vertisol (VR)

En el caso de que los suelos no sean calcáreos, proceden a calificar la textura y la fase (CATEX), considerando las texturas 1, 2, 3 y las fases gravosas y pedregosas.

Tabla IV. 53. Valor CATEX para suelos no calcáreos.

Catex	Textura y fase de suelos no calcáreos
1.75	2 (media)
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.87	Pedregosa o gravosa
3.5	3 (fina)

(INE, 1988)

En el caso de que las unidades de suelo sean calcáreas, calificar la textura y la fase de acuerdo con los siguientes valores:

Tabla IV. 54. Valor CATEX para suelos calcáreos.

Catex	Textura y fase de suelos calcáreos
3.5	3 (fina)
1.75	2 (media)
1.85	1 (Gruesa)
0.87	Pedregosa o gravosa

(INE, 1988)

Valor de uso del suelo (CAUSO)

Los valores de la variable CAUSO se muestran en la siguiente tabla.

Se continuó el procedimiento calificando el uso del suelo (CAUSO), a partir de la siguiente tabla:

Tabla IV. 55. Valores para el cálculo de CAUSO.

CAUSO	Vegetación
0.7	Agricultura de Temporal
0.2	Agricultura de Riego
0.15	Monte o Matorral
0.3	Pastizal
0.2	Bosque

(INE, 1988)

En caso de que existan varios usos de suelo, implica el cálculo ponderado, según el porcentaje que ocupa sobre en el SA y área de proyecto.

Resultados de erosión eólica actual en el SA y área de proyecto:

Tabla IV. 56. Resumen de los cálculos erosión eólica actual SA.

Zona	Superficie	PREC. (mm)	PECRE (mm)	IAVIE	CATEX	CAUSO	EROEO (Ton/ha/año)	Volumen de erosión actual (Ton/año)
Sistema ambiental	8,136.0313	361.09	48.99	123.29	1.0519	0.4043	52.4331	426,597.3427
Área de proyecto	4.7206				1.4799	0.1500	27.36	129.1556

Nivel de erosión eólica

Los valores para asignar el nivel de erosión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 57. Valores de la erosión eólica.

Clase de degradación	Valor de la erosión eólica ton/ha/año
Sin erosión	Menor de 12
Ligera	**De 12 a 50**
Moderada	De 50 a 100
Alta	De 100 a 200
Muy alta	Mayor de 200

(INE, 1988)

De acuerdo a la tabla de "Valores de la erosión eólica", en el Sistema ambiental se identificó un valor considerado como "Moderada" y en el área de proyecto se clasifica como "Ligera".

Erosión hídrica Potencial (proyecto)

Una vez obtenidos los valores para los factores R, K y LS para el área del proyecto (4.7206 ha), estos son multiplicados siguiendo la metodología de la ecuación universal de perdida de suelo (USLE) para el cálculo de erosión hídrica potencial (R*K*LS), el producto (tasa de

erosión potencial) es ponderado de acuerdo a la superficie de cada polígono dentro de proyecto.

Para esta fórmula se omite el valor de C (vegetación) debido a que el proyecto implica la remoción de la vegetación en esta área, por lo que el valor de C puede no incluirse en la operación o ser sustituido por el valor de 1 (área sin vegetación aparente).

Como se menciona anteriormente, los cálculos de erosión se estimaron por año. La tasa de erosión potencial para el área del proyecto es de **14.38 Ton/ha/año,** por lo que se cataloga como tasa de erosión "Moderada" de acuerdo con la clasificación de la tabla de Valores de la erosión laminar.

Tabla IV. 58. Tasa de erosión hídrica potencial obtenido en el área del proyecto.

Erosión Potencial proyecto (RKLS+C)			
Factor R	**Factor K**	**Factor LS**	**Tasa de Erosión Potencial proyecto (Ton/ha/año)**
1,420.17	0.0345	0.2935	14.38

En términos de volumen de erosión hídrica potencial, para la superficie del proyecto se calcularon 67.8822 Ton/año.

Tabla IV. 59. Volumen de erosión hídrica actual obtenida por periodo del proyecto.

Superficie (ha)	**Tasa de erosión potencial (Ton/ha/año)**	**Volumen de erosión potencial (Ton/año)**
4.7206	14.38	67.8822

Resumen de la Erosión hídrica de los diferentes tipos de escenario para el área de proyecto

Para la estimación de pérdida de suelo se utilizó el mismo procedimiento y fórmulas descritas anteriormente.

Se determinó la pérdida de suelo en el área del proyecto de **4.7206** hectáreas, considerado distintos escenarios los cuales se muestran a continuación:

Erosión Actual (RKLS+C).

En el área de proyecto se estimó un valor volumétrico de erosión hídrica actual de **16.9469 ton/año.**

-Erosión Potencial (RKLS).

En el área del proyecto se determinó la pérdida de volumen de suelo Potencial, considera la cantidad de suelo que pudiera erosionarse en el área al no existir cobertura vegetal, se estima un volumen de erosión hídrica potencial de **67.8822 ton/año**

Tabla IV.60. Erosión hídrica en los diferentes escenarios.

Escenario	Tasa de erosión Ton/ha/año	Volumen de erosión Ton/año
Erosión Actual	3.59	16.9469
Erosión Potencial	14.38	67.8822

Posteriormente se realizada el cálculo de la diferencia del volumen de erosión potencial menos el volumen de erosión actual, lo cual da como resultado es el volumen de erosión hídrica a mitigar durante el proyecto, que es de **50.9353 Ton/año.**

Volumen de erosión potencial – volumen de erosión actual = volumen de erosión a mitigar

Tabla IV. 61. Volumen de erosión hídrica a mitigar estimado.

Actual Ton/año	Potencial Ton/año	A mitigar durante el proyecto (Ton/año)
16.9469	**67.8822**	**50.9353**

Erosión Eólica Potencial (proyecto)

Para obtener la erosión eólica potencial se usó la misma fórmula de la erosión eólica actual (EROEO). La única diferencia será el sustituir el valor de **CAUSO de 0.15 a 1**. El valor de 1 es el valor más crítico para representar el escenario sin vegetación. Esto se determinó, puesto que los rangos de la tabla "Valores para el cálculo de CAUSO" van de 0 a 1, lo cual nos dice que los valores más cercanos a "0" representa una mayor cobertura de vegetación y los valores más cercanos a "1" representan una menor vegetación o ausencia de ella.

EROEO = IAVE * CATEX * CAUSO
EROEO = 123.29 * 1.4799 * 1
EROEO = 182.45 Ton/ha/año

La tasa de erosión eólica potencial obtenido es de **182.45 Ton/ha/año** catalogado como "Alta" de acuerdo con la clasificación de la tabla "Valores de la erosión eólica", tomando en cuenta que la superficie del proyecto es de 4.7206 ha, se estima un volumen de 861.2734 Ton/año.

Tabla IV. 62. Erosión eólica potencial en el área del proyecto.

Superficie (ha)	IAVIE	CATEX	CAUSO	EROEO (Ton/ha/año)	Volumen de erosión (Ton/año)
4.7206	**123.29**	**1.4799**	**1.00**	**182.45**	**861.2734**

La diferencia de los valores de tasa de erosión eólica en los diferentes escenarios da como resultado la erosión a mitigar estimada por la implementación del proyecto en el área solicitada (4.7206 ha).

Resumen de la Erosión hídrica de los diferentes tipos de escenario para el área de proyecto

En términos volumétricos se multiplicaron los valores de tasa de erosión eólica de cada escenario por la superficie correspondiente al proyecto, obteniendo un volumen de erosión a mitigar de **732.1178 Ton/año**.

Tabla IV. 63. Volumen de erosión eólica a mitigar estimada, área de proyecto.

Erosión eólica actual (Ton/año)	Erosión eólica potencial (Ton/año)	Erosión a mitigar (Ton/año)
129.1556	861.2734	732.1178

Mitigación de la erosión hídrica y eólica con las medidas propuestas.

Las medidas de mitigación fueron seleccionadas por su eficiencia y costo de elaboración ajustando el número de obras de acuerdo a los requerimientos de protección de la erosión del suelo del proyecto.

Tabla IV.64.Obra de conservación de suelo y captación de agua propuesta.

Tipo de obra
Zanja bordo

Coordenadas y mapa de ubicación de las obras de mitigación para erosión hídrica, Zanja bordo.

A continuación, se muestran las coordenadas por tipo de obra, numero de obra y cauce o sección donde se encuentran, el sistema de coordenadas empleado es el de WGS 84 UTM 13 N, estas obras se muestra en la Figura "Ubicación de obras de mitigación", en el cual se muestra también el área de la microcuenca donde se ubica el área de proyecto.

Tabla IV.65. Coordenadas de ubicación de las zanjas bordos.

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
1	1	388959.8698	3185499.4047
	2	388959.2496	3185501.0825
	3	388958.7257	3185502.7909
	4	388958.3174	3185504.5603
	5	388958.0090	3185506.3584
	6	388957.7685	3185508.1763
	7	388957.1912	3185513.6792
	8	388956.9670	3185515.5102
	9	388956.6862	3185517.3300
	10	388956.3365	3185519.1244
	11	388955.5753	3185522.7083
	12	388955.1861	3185524.8852
	13	388954.7868	3185527.6190
	14	388954.1455	3185532.5330
	15	388953.8624	3185534.3148
	16	388953.5356	3185536.0496
	17	388953.0063	3185538.3985
	18	388951.8652	3185542.8432
	19	388951.5070	3185544.6986
	20	388951.2570	3185546.5328
	21	388951.1700	3185547.4461
	22	388950.9975	3185550.4350
	23	388950.8981	3185551.7751
	24	388950.8081	3185552.5527
	25	388950.6977	3185553.2787
	26	388950.4560	3185554.3648
	27	388950.0496	3185555.2446
	28	388949.3823	3185555.9093

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
	29	388948.4900	3185556.4855
	30	388946.5081	3185557.6691
	31	388941.8324	3185560.7931
	32	388940.1779	3185562.0319
	33	388938.4414	3185563.4885
	34	388935.8951	3185565.8202
	35	388934.2462	3185567.4680
	36	388933.1239	3185568.6516
	37	388932.0299	3185569.8627
	38	388930.9736	3185571.1046
	39	388929.9667	3185572.3831
	40	388929.0239	3185573.7061
	41	388928.0518	3185575.2623
	42	388927.2824	3185576.6582
	43	388926.5691	3185578.0883
	44	388925.9015	3185579.5451
	45	388924.6760	3185582.5171
	46	388922.6790	3185587.9081
	47	388920.8673	3185592.4610
	48	388919.4647	3185595.8064
	49	388917.7577	3185599.6019
	50	388916.3951	3185602.3916
	51	388913.7033	3185607.5678
	52	388912.2874	3185610.3769
	53	388911.5569	3185611.7097
	54	388909.4616	3185615.0605
	55	388909.0573	3185615.7878
	56	388908.5034	3185617.0785
	57	388908.2337	3185618.0799
	58	388908.0906	3185619.1058
	59	388908.0438	3185620.5072
	60	388908.0465	3185622.8714
	61	388908.0045	3185623.9302
	62	388907.9173	3185624.9648
	63	388907.7735	3185625.9840
	64	388907.5458	3185627.0285
	65	388907.2381	3185627.9741
	66	388906.8017	3185628.9452
	67	388906.2552	3185629.8420
	68	388905.5901	3185630.6439
	69	388904.5660	3185631.5067

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
2	1	389337.9779	3185149.7500
	2	389338.3447	3185151.6750
	3	389339.8827	3185158.6311
	4	389340.4344	3185161.4595
	5	389340.8860	3185163.9988
	6	389341.2717	3185166.4593
	7	389341.5106	3185168.2808
	8	389341.7762	3185171.1049
	9	389341.8451	3185172.5167
	10	389341.8565	3185174.1576
	11	389341.7923	3185175.7954
	12	389341.6495	3185177.4273
	13	389341.3874	3185179.3146
	14	389340.3240	3185185.2983
	15	389339.9597	3185187.5321
	16	389339.7321	3185189.1657
	17	389339.5497	3185190.7911
	18	389339.4250	3185192.4040
	19	389339.3787	3185193.6498
	20	389339.4035	3185195.1810
	21	389339.5505	3185196.6867
	22	389339.8691	3185198.2144
	23	389340.1651	3185199.1923
	24	389340.5196	3185200.1566
	25	389340.9820	3185201.2365
	26	389341.4945	3185202.3027
	27	389343.5523	3185206.1679
	28	389344.0077	3185207.0769
	29	389344.4338	3185208.0005
	30	389345.0048	3185209.4279
	31	389345.6264	3185211.3478
	32	389345.9760	3185212.6443
	33	389346.3394	3185214.2093
	34	389347.5944	3185220.4061
	35	389347.8412	3185221.7564
	36	389347.9807	3185222.7125
	37	389348.1008	3185223.9782
	38	389348.1540	3185225.3090
	39	389348.1457	3185226.6471
	40	389348.0670	3185228.2681
	41	389347.9119	3185229.9349

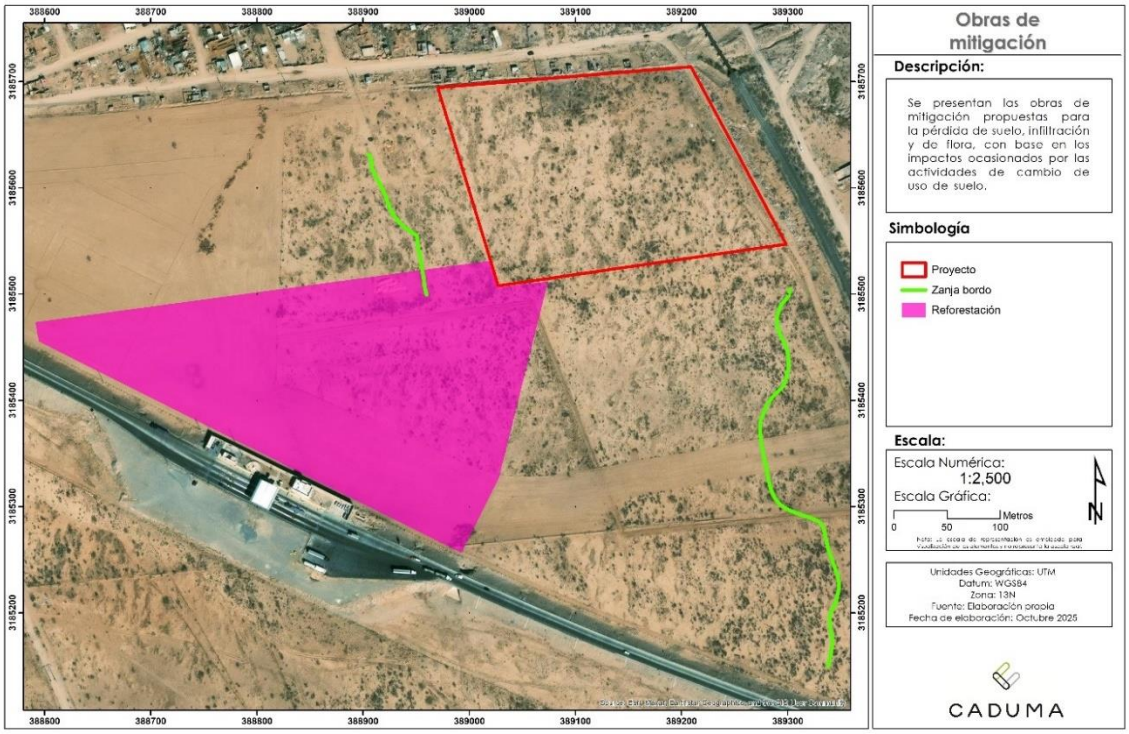
Zanja Bordo	Vértice	X	Y
	42	389347.6716	3185231.5963
	43	389347.4224	3185232.8515
	44	389346.9652	3185234.6550
	45	389346.0878	3185237.4682
	46	389343.7247	3185244.1715
	47	389340.2322	3185253.6346
	48	389339.4832	3185255.8445
	49	389338.3405	3185259.4972
	50	389337.3290	3185263.0652
	51	389336.1604	3185267.6815
	52	389335.2850	3185271.5546
	53	389334.4214	3185275.9428
	54	389334.0839	3185277.5012
	55	389333.6809	3185279.0252
	56	389333.3798	3185279.9603
	57	389333.0362	3185280.8666
	58	389332.5638	3185281.8981
	59	389331.9571	3185282.9511
	60	389331.2452	3185283.9212
	61	389330.1628	3185285.0315
	62	389328.7559	3185286.0776
	63	389327.1889	3185286.9552
	64	389325.9347	3185287.5290
	65	389323.2998	3185288.5656
	66	389318.7405	3185290.2511
	67	389308.6534	3185293.7125
	68	389305.8483	3185294.7475
	69	389304.1575	3185295.4259
	70	389301.4965	3185296.5913
	71	389299.2304	3185297.7098
	72	389298.1161	3185298.3204
	73	389296.3824	3185299.3814
	74	389294.5757	3185300.6408
	75	389293.6313	3185301.3675
	76	389292.7170	3185302.1264
	77	389291.8642	3185302.8962
	78	389290.8930	3185303.8685
	79	389289.9818	3185304.8951
	80	389288.9127	3185306.2805
	81	389287.9452	3185307.7433
	82	389287.0214	3185309.3786

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
	83	389286.1917	3185311.0744
	84	389285.5641	3185312.5195
	85	389284.9444	3185314.1195
	86	389284.3772	3185315.7456
	87	389283.5196	3185318.4956
	88	389282.7965	3185321.0902
	89	389281.9979	3185324.3138
	90	389281.5858	3185326.2429
	91	389281.0731	3185329.1153
	92	389280.1912	3185334.4096
	93	389279.6206	3185337.3924
	94	389278.8745	3185340.7388
	95	389277.4878	3185346.3501
	96	389277.0707	3185348.3017
	97	389276.4754	3185351.5866
	98	389275.3405	3185358.6286
	99	389274.7723	3185362.5479
	100	389274.5209	3185364.6370
	101	389274.2277	3185367.5081
	102	389273.9330	3185371.1906
	103	389273.8577	3185373.6821
	104	389273.8847	3185375.1911
	105	389273.9823	3185376.6929
	106	389274.0639	3185377.4429
	107	389274.3320	3185379.1385
	108	389274.6974	3185380.8211
	109	389275.1424	3185382.4912
	110	389275.7012	3185384.2946
	111	389276.4286	3185386.3739
	112	389276.8481	3185387.4684
	113	389278.0395	3185390.2664
	114	389279.1028	3185392.5036
	115	389279.9453	3185394.1592
	116	389280.8243	3185395.7936
	117	389281.7417	3185397.4027
	118	389283.0355	3185399.4972
	119	389284.0725	3185401.0172
	120	389284.8041	3185401.9995
	121	389286.2883	3185403.7879
	122	389287.4634	3185405.0759
	123	389289.5053	3185407.1356

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
	124	389292.2467	3185409.7548
	125	389293.6885	3185411.2645
	126	389294.5030	3185412.2360
	127	389295.2510	3185413.2529
	128	389295.7398	3185414.0113
	129	389296.3499	3185415.0935
	130	389296.8937	3185416.2146
	131	389297.5240	3185417.7615
	132	389298.0400	3185419.2931
	133	389298.4935	3185420.8565
	134	389299.2597	3185423.8654
	135	389299.8336	3185426.4542
	136	389300.1999	3185428.4788
	137	389300.5063	3185430.7454
	138	389300.6500	3185432.5015
	139	389300.6985	3185434.1029
	140	389300.6816	3185435.7609
	141	389300.6063	3185437.5050
	142	389300.4029	3185440.3014
	143	389300.1725	3185442.4477
	144	389299.8061	3185444.9036
	145	389299.3081	3185447.3318
	146	389298.8379	3185449.1004
	147	389298.2969	3185450.7722
	148	389297.7851	3185452.1098
	149	389297.4595	3185452.8665
	150	389296.8489	3185454.1471
	151	389294.8826	3185457.8236
	152	389294.2283	3185459.1054
	153	389293.3992	3185460.8762
	154	389292.6334	3185462.6794

Zanja Bordo	Vértice	X	Y
	155	389291.9477	3185464.4591
	156	389291.3319	3185466.2618
	157	389290.9121	3185467.6812
	158	389290.5034	3185469.3253
	159	389290.1797	3185470.9827
	160	389289.9535	3185472.6506
	161	389289.8400	3185474.2757
	162	389289.8297	3185475.9024
	163	389289.9229	3185477.5247
	164	389290.1291	3185479.1862
	165	389290.4344	3185480.8321
	166	389290.8276	3185482.4571
	167	389291.2529	3185483.8965
	168	389291.6877	3185485.1504
	169	389292.1798	3185486.3755
	170	389292.5195	3185487.1246
	171	389293.1298	3185488.3113
	172	389293.9049	3185489.6101
	173	389294.7445	3185490.8501
	174	389295.6293	3185492.0309
	175	389296.4345	3185493.0230
	176	389299.2165	3185496.2237
	177	389299.9729	3185497.2948
	178	389300.2515	3185497.8115
	179	389300.5852	3185498.6734
	180	389300.7601	3185499.3619
	181	389301.1924	3185501.9137
	182	389301.3883	3185502.7070
	183	389301.6467	3185503.4824
	184	389301.9741	3185504.2493
	185	389302.3580	3185504.9781

Figura IV.17. Ubicación de las obras de mitigación.



Criterios que se tomaron en cuenta para proponer y colocar las obras de mitigación

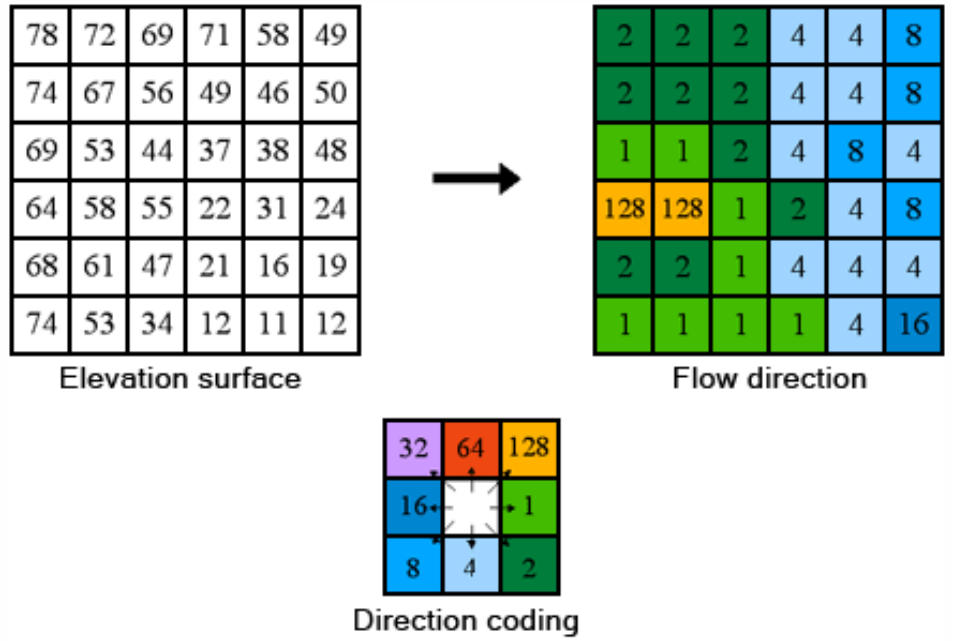
Se realizaron los análisis de superficie y sus características como lo es la elevación, hidrología superficial, pendiente y dirección de flujo de los escurrimientos, se localizaron las secciones del proyecto con mayor tasa de erosión potencial próximos de proyecto mediante la metodología USLE y valores antes señalados para el cálculo de la tasa de erosión hídrica potencial y la herramienta Raster Calculator del programa ArcGis.10.8.2.

La determinación del área de influencia de las obras propuestas "zanja bordo" fue realizada a través del análisis de las características del terreno a partir del MDE (modelo digital de elevación) de la SA (Sistema ambiental), tipo de suelo, pendiente, tipo de vegetación, curvas a nivel y dirección de flujo.

Metodología para la obtención del de mapa dirección de flujo

Para realizar el mapa de dirección de flujo, se empleó la herramienta flow direcction y el MDE antes mencionado, con el producto de esta operación se utilizó la herramienta Resample con una cuadricula de 50 x 50 m realizando un promedio del valor obtenido para la dirección de flujo por pixel, por último, la conversión de raster a polígono de puntos y la sustitución de la simbología por flechas con ángulos de acuerdo a los valores de cada punto.

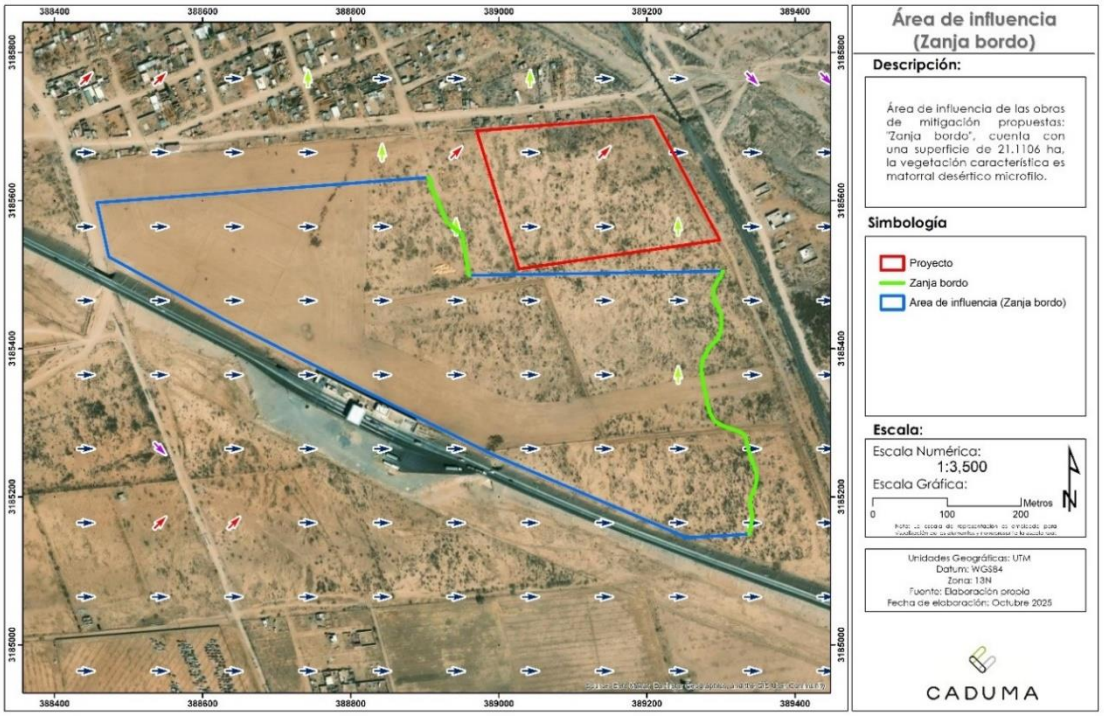
Figura IV.18. Codificación de la dirección de flujo, modelo de flujo de ocho direcciones.



Fuente: ArcGis for Descktop, basado en el trabajo de Jenson & Domingue (1988).

En la figura 3 se muestra la dirección de flujo de los escurrimientos formados en eventos de lluvia, la dirección de los escurrimientos es representada por flechas, las cuales se tomaron como guía para la delimitación del área de influencia de las obras de mitigación "Zanja bordos".

Figura IV.19. Análisis de dirección de flujo, escurrimientos en eventos de precipitación.



Las obras de mitigación que se describirán a continuación tienen como finalidad minimizar y/o compensar la erosión generada durante el proyecto el cual este tendrá una duración de un año aproximadamente, las obras propuestas fueron analizadas, seleccionadas y ubicadas siguiendo criterios como la pendiente, tipo de suelo, tipo de vegetación, material disponible, etcétera.

Para el cálculo de las obras de conservación de suelos se consideraron los niveles de erosión actual en el área de proyecto y área de reforestación, así mismo se realizaron los cálculos correspondientes por obra para determinar la cantidad de retención de cada una siguiendo el manual de CONAFOR, 2018 "Protección, restauración y conservación de suelos forestales".

Retención de erosión hídrica con las Zanja bordo

Son excavaciones en curvas a nivel de 0.3 metros de ancho x 0.3 metros de profundidad y 2 metros de longitud, sirven para reducir la erosión hídrica, interceptar los escurrimientos superficiales, incrementar la infiltración del agua de lluvia.

De acuerdo con las características de altura y metros lineales, se estima una capacidad volumétrica de 2,475.00 m^3 y considerando la densidad de suelo (Franco arenoso 1.5 gr/ml) se estima una capacidad de retención total de 3,712.50 toneladas de suelo.

Se realizaron los cálculos correspondientes siguiendo las fórmulas para el cálculo de la captación de sedimentos y espaciamiento entre obras para el control de erosión laminar presentes en el "Manual de Obras y Prácticas, Protección, retención y conservación de suelos forestales, CONAFOR, 2013." Estos cálculos se realizaron por cauce y por cada tipo de obras de mitigación, obteniendo la capacidad de retención de suelo en Ton/año, los resultados se muestran en la tabla "Resultados de retención por obras", las características de las obras se presentan en el Anexo "Cálculo de Retención de suelo e infiltración" se observan los cálculos y formulas empleadas.

Para obtener el calcular el volumen de retención de suelo de las zanja bordo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{tan}(\propto) = \frac{a}{b}$$

Dónde:
$\tan(\propto)$= Valor de la pendiente
a = Altura efectiva

Sustituyendo el valor de la pendiente en la ecuación y el valor de "a", se despeja la fórmula para obtener el valor de "b":

$$\mathbf{b} = \frac{a}{\tan(\propto)} = m$$

A continuación, el área de retención es igual a:

$$\text{Á}\boldsymbol{rea} = \frac{b * a}{2}$$

Posteriormente para obtener el volumen se multiplica el valor del área por la cantidad de metros lineales:

$$\boldsymbol{Volumen} = \text{Á}rea * metros\ lineales$$

Lo que sería igual al volumen de retención en un metro de obra, posteriormente se calcula el volumen de suelo en peso. Para esto se consulta el cuadro de densidad aparente con base a las clases que señala el manual "Protección, restauración y conservación de suelos forestales" pág. 18 de CONAFOR (2013).

Tabla IV.66.Textura de suelo y densidad aparente.

Textura de suelo y densidad aparente	Densidad aparente (gramos/mililitro)
Arena	1.6
Franco arenoso	1.5
Franco	1.4
Franco limoso	1.3
Franco arcilloso	1.2
Arcilla	1.1

$$\boldsymbol{Peso} = (Densidad\ aparente)\ (Volumen)$$

Teniendo el resultado del peso del suelo retenido en toneladas, se aplica la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Total\ de\ toneladas\ de\ suelo} =$$
$$(Volumen\ estimado\ por\ metro\ lineal)(Metro\ lineal\ por\ obra)(Densidad\ aparente)(Número\ de\ obras)$$

Se especifica que la referencia bibliográfica para el cálculo de retención de suelo y captación de agua fue el "Manual de obras y prácticas: Protección, restauración y conservación de suelos forestales en su 5ª edición". Este manual cuenta con un apartado en el cual se especifica las mismas formulas empleadas para la memoria de cálculo de retención de suelo y captación de agua, así como la justificación del razonamiento empleado para el cálculo de obras.

Tabla IV.67. Capacidad de retención de las zanja bordo.

	Zanja bordo				
Área de influencia	**Metros lineales**	**Volumen total de la obra (m3)**	**Capacidad de retención de las obras VT (m³)**	**Por obra metros lineales c/u (ton)**	**Capacidad total de retención de suelo las obras (Ton)**
1	550	2,475.00	**2,475.00**	3,715.50	**3,712.50**

Si bien la capacidad total de retención de suelo de las obras es de 3,712.50 Toneladas, el volumen aportado por el área de influencia es de 65.9241 Ton/año. Se describe a continuación el análisis para determinar la erosión hídrica que se genera en el área de influencia y que posteriormente retendrán las zanja bordo.

Cálculo de erosión hídrica para el área de influencia de las zanja bordo

Erosión hídrica Zanja bordo

La estimación de la pérdida de suelo para el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo, fue calculada utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), así mismo para saber el suelo que se retendrá de acuerdo al área de influencia de las zanja bordo.

La EUPS se desarrolla a partir de la siguiente fórmula:

$$A = R^* K^* LS^* C^* P$$

Dónde:
E = Erosión del suelo t/ha/año.
R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr.
K = Erosionabilidad del suelo.
LS = Longitud y Grado de pendiente.
C = Factor de vegetación.
P = Factor de prácticas mecánicas.

Erosividad (Factor R)

De acuerdo con los resultados obtenidos el factor R presente en el área de influencia (21.1106) es de 1,420.17

Erosionabilidad (Factor K)

Tabla IV.68. Factor K, de acuerdo con el tipo de suelo y textura.

		Textura		
Nombre	Clave	Gruesa (1)	Media (2)	Fina (3)
Acrisol	AC	0.026	0.04	0.013
Arenosol	AR	0.013	0.02	0.007
Chernozem	CH	0.013	0.02	0.007
Calcisol	CL	0.053	0.079	0.026
Cambisol	CM	0.026	0.04	0.013
Durisol	DU	0.053	0.079	0.026
Fluvisol	FL	0.026	0.04	0.013
Gipsol	GY	0.053	0.079	0.026
Castañozem	KS	0.026	0.04	0.013
Leptosol	LP	0.013	0.02	0.007
Luvisol	LV	0.026	0.04	0.013
Phaeozem	PH	0.013	0.02	0.007

Nombre	Clave	Textura		
		Gruesa (1)	Media (2)	Fina (3)
Regosol	RG	0.026	0.04	0.013
Solonchak	SC	0.026	0.04	0.013
Solonetz	SN	0.053	0.079	0.026
Umbrisol	UM	0.026	0.04	0.013
Vertisol	VR	0.053	0.079	0.026
Otro	H_2O	1	1	1

Fuente: Montes León et. al., 2011.

De acuerdo con los valores de los datos vectoriales de la carta edafológica de INEGI serie II, se determinó un tipo de suelo y una clase textural, a las cuales se tomó el valor de la tabla anterior y se le asignó un factor dependiendo el tipo de suelo y textura.

Tabla IV.69. Factor K.

Concepto	Textura	Factor K	ha Área de influencia	% Área de influencia	Factor K
Luvisol (LV)	1 (gruesa)	0.026	0.1900	0.90%	0.0002
Luvisol (LV)	2 (media)	0.040	20.9206	99.10%	0.0396
				Total	**0.0398**

El valor de factor K ponderado presente en el área de influencia es de **0.0398**

Longitud y Grado de pendiente (Factor LS)

El valor del Factor LS en el área de influencia es de **0.2210**

Factor de protección de la vegetación (Factor C)

Tabla IV.70. Valores de estimación pérdida de suelo Factor C.

Vegetación y/o Uso de suelo	C	Vegetación y/o Uso de suelo	C
Bosque de ayarin	0.01	Pastizal gipsofilo	0.25
Bosque de cedro	0.01	Pastizal halófilo	0.25
Bosque de encino	0.1	Pastizal inducido	0.02
Bosque de encino-pino	0.01	Pastizal natural	0.07
Bosque de galería	0.1	Popal	0.85
Bosque de oyamel	0.01	Pradera de alta montaña	0.05
Bosque de pino	0.01	Sabana	0.54
Bosque de pino-encino	0.01	Sabanoide	0.54
Bosque de táscate	0.01	Selva alta perenifolia	0.45
Bosque de mesófilo de montaña	0.01	Selva alta subperenifolia	0.45
Chaparral	0.65	Selva baja caducifolia	0.5
Manglar	0.1	Selva baja espinosa caducifolia	0.5
Matorral crasicaule	0.65	Selva baja espinosa subperennifolia	0.5
Matorral de coníferas	0.2	Selva mediana caducifolia	0.45
Matorral desértico micrófilo	0.25	Selva mediana perennifolia	0.45
Matorral desértico rosetófilo	0.25	Selva mediana subcaducifolia	0.45
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45	Tular	0.1

Vegetación y/o Uso de suelo	C
Matorral rosetófilo costero	0.25
Matorral sarcocaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25
Matorral submontano	0.35
Matorral subtropical	0.12
Mezquital	0.65
Palmar inducido	0.75
Palmar natural	0.75

Vegetación y/o Uso de suelo	C
Vegetación de desiertos arenosos	0.85
Vegetación de dunas costeras	0.85
Vegetación de galería	0.85
Vegetación halófila	0.85
Zona urbana	0.005
Cuerpos de agua	1
Agricultura en riego	0.55
Agricultura de temporal	0.75
Agricultura de humedad	0.25

Fuente: Montes et al., 2011, Mapa Nacional de Erosión Potencial.

El valor para el factor C dentro de la superficie del área de influencia es de **0.25,** el cual corresponde al tipo de vegetación Matorral Desértico Micrófilo (MDM).

El producto total de los cinco factores (R, K, L, S, C) es el valor erosivo en el área de influencia contemplando la ejecución del proyecto; esto es, la pérdida de suelo con la que cuenta el sitio aun con la protección que ofrece la cobertura vegetal y la resistencia que ésta opone ante la erosión.

Tabla IV.71. Tasa de erosión hídrica en el área de influencia.

Polígono	Superficie	Tipo de suelo	Tasa (ton/ha/año)	Escenario 1 Volumen (ton/año)
Área de influencia	21.1106	Luvisol, textura gruesa y media	3.1228	65.9241

Al relacionar el volumen obtenido de la obra de las zanja bordos 65.9241 ton/año, con la superficie de proyecto 4.7206 ha, se obtiene una tasa de erosión de 13.9651 ton/ha/año.

En la estimación de la vida útil de la obra, se estimó un total de 56.31 años, sin embargo, este dato únicamente es de carácter descriptivo, debido que, la erosión hídrica se mitiga en el 1er año de ejecución de las obras

Tiempo de vida útil = Capacidad total de retención / Volumen de erosión durante proyecto (área de influencia)

56.31 años = (3,712.50 Ton/año) / (65.9241 Ton/año)

Tabla IV.72. Resultados de retención por obras.

Área de influencia	Superficie (ha)	Tasa de erosión del área de influencia (Ton/ha/año)	Tasa de erosión del área de influencia en relación a la superficie del proyecto (Ton/ha/año)	Volumen de erosión durante proyecto (Ton/año)	Capacidad total de retención de suelo las obras (Ton)	Tiempo de vida útil (años)
1	21.1106	3.1228	13.9651	65.9241	3,712.50	56.31

Se aclara que la estimación de la vida útil se realizó considerando la capacidad real de las obras de suelo (3,712.50 toneladas), dividido entre la erosión al año en el área propuesta (65.9241 ton/año). Considerando lo anterior, se tendría que las obras podrían captar lo equivalente a la erosión de 56.31 años en el área propuesta para medidas de mitigación.

Es importante señalar que la vida útil podría verse modificada a lo largo del tiempo por factores como eventos climáticos externos, incendios u otros eventos.
Teniendo en cuenta lo anterior, se justifica que la capacidad de las obras propuestas supera significativamente la tasa de erosión anual, lo que permite asegurar su eficiencia en el largo plazo. Es importante señalar que se estimó una eficiencia de hasta el 91.1% de su capacidad al 6to año de proyecto, considerando el volumen que captarían con base a la tasa de erosión de suelo en el área propuesta para su compensación.

Por otro lado, es importante resaltar que la superficie de cambio de uso de suelo es de 4.7206 ha y la superficie en donde se implementaran las obras de retención de suelo es de 21.1106, lo que implica una superficie significativamente mayor a la del proyecto.

Resultados para los distintos escenarios de erosión hídrica durante el proyecto empleando Zanja bordos

La tasa de erosión actual estimado dentro del área de proyecto es de **3.59** Ton/ha/año con un volumen de erosión actual de **16.9469** Ton/año tomando en cuenta una superficie de **4.7206** ha. La tasa de erosión potencial calculada por el efecto generado de las actividades del proyecto es de **14.38** Ton/ha/año y un volumen de **67.8822** Ton/año, la diferencia de la tasa de erosión actual y potencial nos da un total de **10.79** Ton/ha/año como tasa de erosión hídrica a mitigar durante el proyecto y un volumen de **50.9353** Ton/año.

Para poder hacer la comparación de la tasa de erosión retenida por las obras y la tasa de erosión a mitigar durante proyecto, se toma el valor de volumen retenido por las zanja bordo el cual es de **65.9241** Ton/año entre el valor de la superficie de proyecto el cual es de **4.7206** ha, dando como resultado una tasa de retención de la obra de **13.9651** Ton/ha/año en relación a la superficie de proyecto.

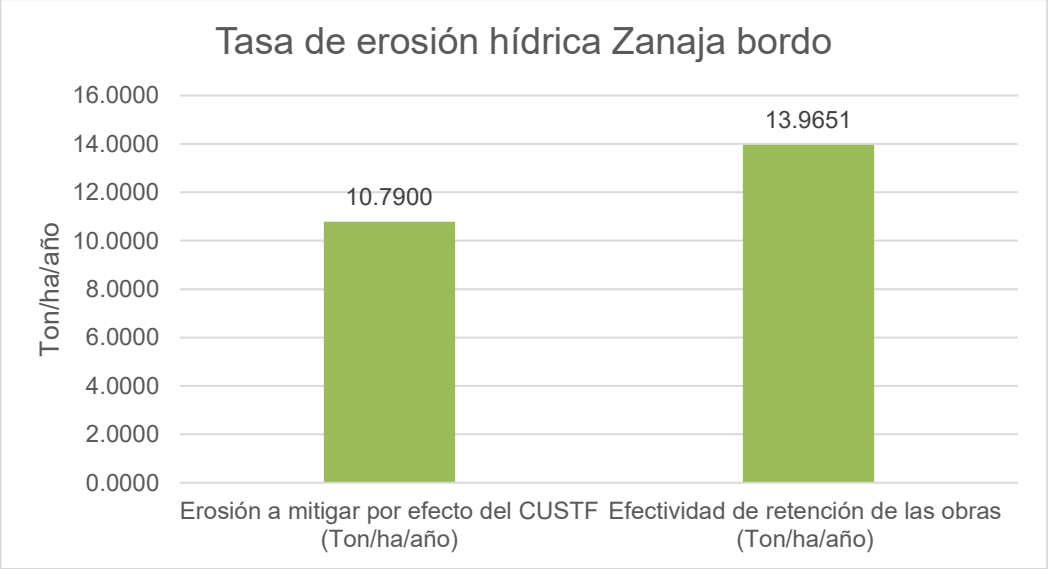
Tasa de retención de las obras = volumen retenido por las obras / superficie de proyecto
13.9651 Ton/ha/año = (**65.9241** Ton/año) / (**4.7206** ha)

Tabla IV.73. Tasa de erosión hídrica, efectividad de retención de las obras de mitigación.

Erosión Actual proyecto (Ton/ha /año)	Erosión Potencial durante el proyecto (Ton/ha/año)	Erosión a mitigar por efecto del proyecto Ton/ha/año)	Efectividad de retención de las obras (Ton/ha/año)
3.59	14.38	10.79	13.9651

A continuación, se presentan los gráficos gráficamente de la tasa de erosión hídrica en los diferentes escenarios.

Gráfica IV.6. Tasa de erosión hídrica en los diferentes escenarios empleando Zanja bordo.



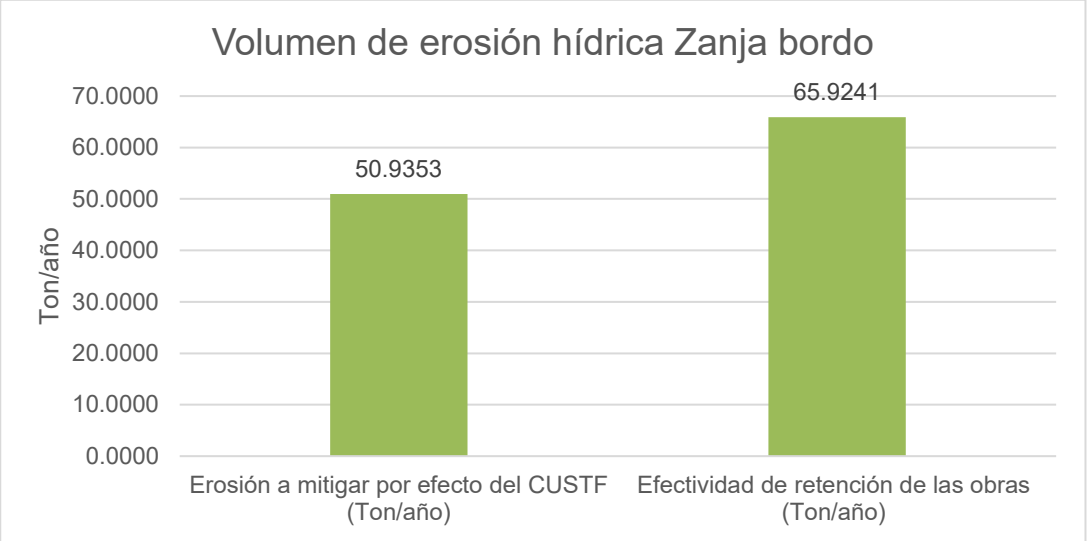
Así mismo, se presentan los valores volumétricos de erosión hídrica en los diferentes escenarios, si bien la capacidad de retención de la obra de las Zanja bordo es alto, estas solo pueden retener **65.9241** Ton durante proyecto (1 año), debido a que es la cantidad de volumen que se genera en el área de influencia. Con un volumen de erosión a mitigar de **50.9353** Toneladas durante proyecto (1 año).

Tabla IV.74. Volumen de erosión hídrica, efectividad de retención de las obras de mitigación.

Erosión Actual proyecto (Ton/año)	Erosión Potencial durante el proyecto (Ton/año)	Erosión a mitigar por efecto del proyecto (Ton/año)	Efectividad de retención de las obras (Ton/año)
16.9469	67.8822	50.9353	65.9241

A continuación, se presentan los gráficos gráficamente de volumen de erosión hídrica en los diferentes escenarios empleando Zanja bordo.

Gráfica IV.7. Volumen de erosión hídrica en los diferentes escenarios empleando zanja bordo.



El valor estimado de tasa de erosión a mitigar es de **10.79** Ton/ha/año, la tasa de erosión con obras es de **13.9651** ton/ha/año, la diferencia de estas da como resultado un valor de **3.1751** ton/ha/año adicionales. Con lo que se demuestra que se mitiga la tasa de erosión hídrica generada por las actividades de cambio de uso de suelo en el área de proyecto.

Tabla IV.75. Tasa de erosión hídrica, efectividad de retención de las obras de mitigación.

Erosión Actual proyecto (Ton/ha /año)	Erosión Potencial durante el proyecto (Ton/ha/año)	Erosión a mitigar por efecto del proyecto (Ton/ha/año)	Efectividad de retención de las obras (Ton/ha/año)	Capacidad de retención adicional (Ton/ha/año)
3.59	14.38	10.79	13.9651	**3.1751**

Tasa de erosión adicional mitigada = Tasa de erosión mitigada – Tasa de erosión a mitigar

3.1751 Ton/ha/año = 13.9651 Ton/ha/año – 10.79 Ton/ha/año

En términos de volumen, el valor estimado de volumen de erosión a mitigar es de **50.9353** Ton/año, el volumen de captación con obras es de **65.9241** ton/año, la diferencia de estas da como resultado un valor de **14.9888** ton/año adicionales. Con lo que se demuestra que se mitiga el volumen de erosión hídrica generada por las actividades de cambio de uso de suelo en el área de proyecto.

Tabla IV.76. Volumen de erosión hídrica, efectividad de retención de las obras de mitigación.

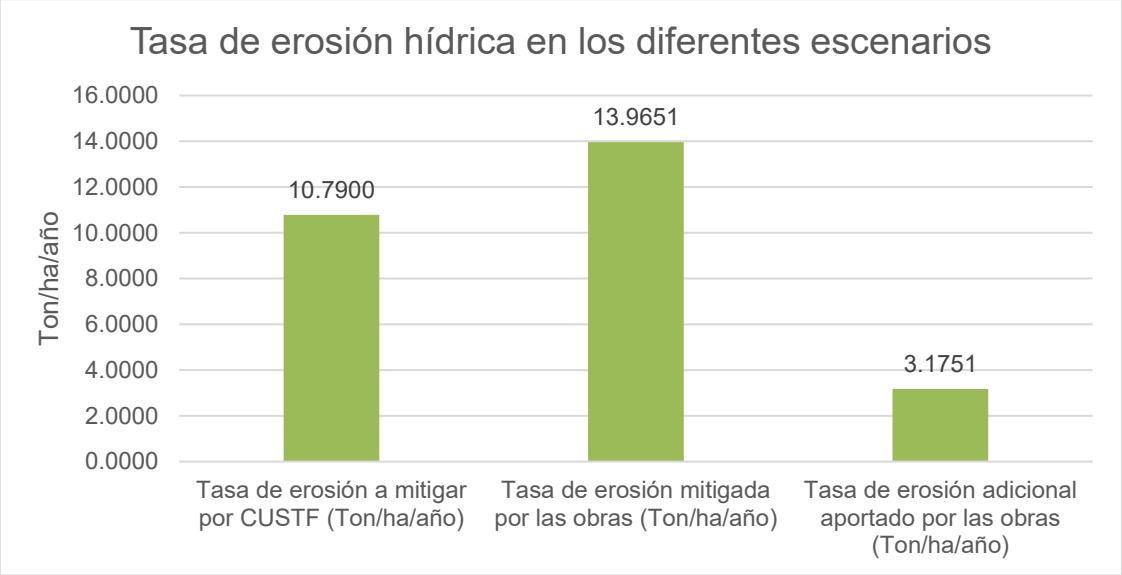
Erosión Actual proyecto (Ton/año)	Erosión Potencial durante el proyecto (Ton/año)	Erosión a mitigar por efecto del proyecto (Ton/año)	Efectividad de retención de las obras (Ton/año)	Capacidad de retención adicional (Ton/año)
16.9469	67.8822	50.9353	65.9241	**14.9888**

Volumen de erosión adicional mitigada = Volumen de erosión mitigada– Volumen de erosión a mitigar

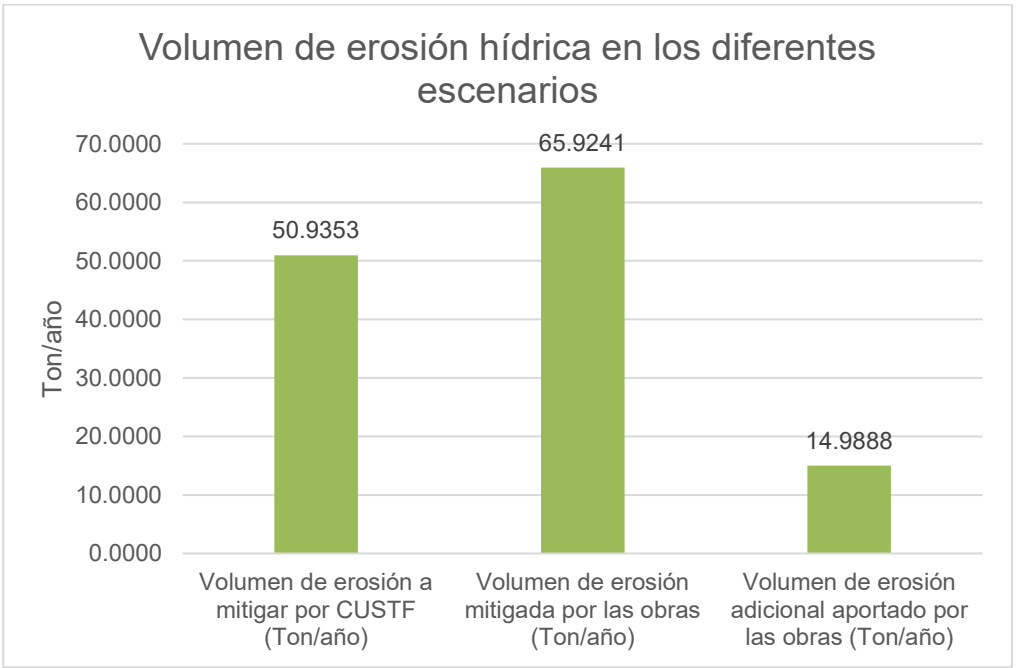
14.9888 Ton/ha/año = 65.9241 – 50.9353 Ton/año

A continuación, se presentan los gráficos gráficamente de la tasa de erosión hídrica en los diferentes escenarios, contemplando las obras de mitigación.

Gráfica IV. 8. Tasa de erosión hídrica en los diferentes escenarios empleando obras de mitigación.



Gráfica IV. 9. Volumen de erosión hídrica en los diferentes escenarios empleando obras de mitigación.



Descripción de la mitigación de erosión eólica con la medida de Reforestación

Se propone obras de reforestación en áreas colindantes con el proyecto con la finalidad de reducir la tasa de erosión eólica estimada durante el proyecto.

Tabla IV.77. Obras de conservación de suelo.

Tipo de obra y/o medidas de mitigación
Reforestación

La reforestación consiste en rehabilitar un área degradada sin vegetación aparente o vegetación secundaria producto de una perturbación en la zona, esto con la siembra de especies vegetales de las cuales se tiene registro que se encontraban en esa región (vegetación originaria), la reforestación beneficia al medio ambiente en varios aspectos entre ellos la retención de suelo susceptible a la erosión además de algunos aspectos como captura de dióxido de carbono, incremento en la tasa de infiltración, entre otras.

Coordenadas y mapa de ubicación de las obras de mitigación hídrica y eólica, Reforestación.

Se ubicó el área de reforestación tomando en cuenta los siguientes criterios: tipo de vegetación actual y estado del mismo, tipo de suelo, pendiente y exposición.

El área propuesta para la reforestación y resiembra de pastos (especies herbáceas caracteristicas que se identificaron en el área de proyecto), se compone de 1 polígono delimitado siguiendo la imagen de satélite, sobre una superficie sin vegetación aparente con un valor total de 7.0 ha.

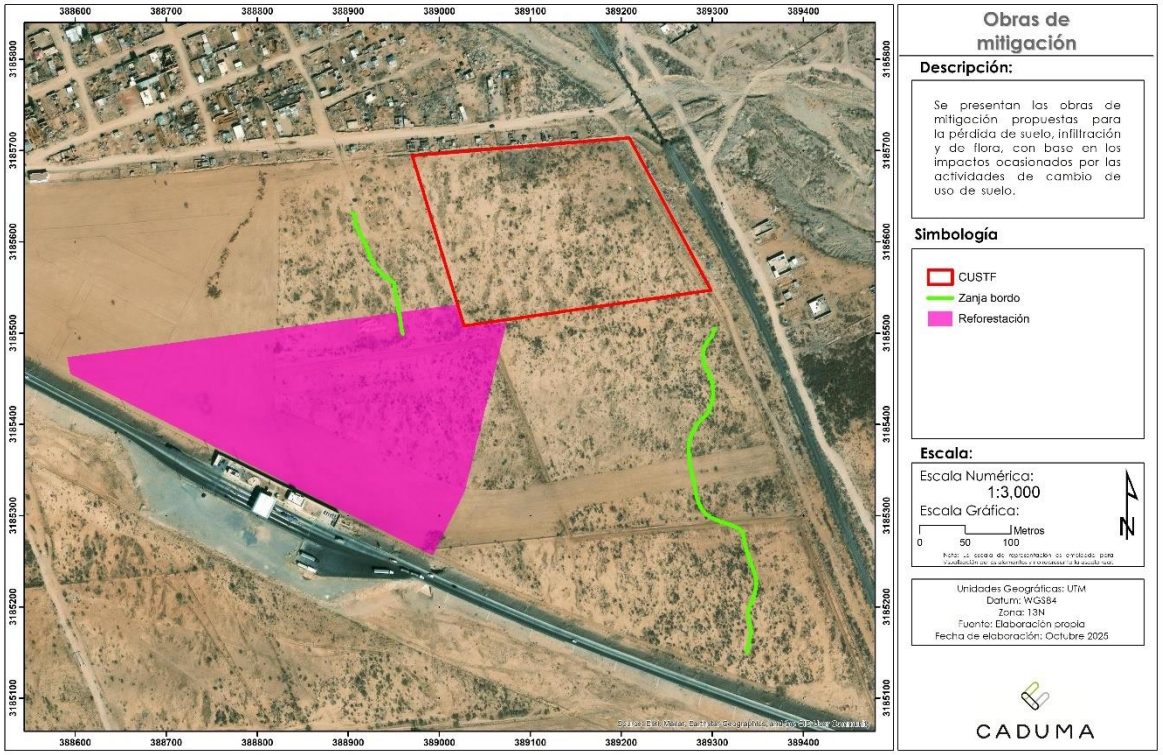
Tabla IV.78 Superficie de reforestación por polígono.

Polígono de reforestación	Superficie (ha)
2	7.0

Tabla IV.79. Coordenadas del área seleccionada para reforestación.

Coordenadas Geográficas UTM, Datum WGS84		
Zona 13N		
Área de reforestación		
Vértice	X	Y
1	388855.4552	3185324.7071
2	388594.7827	3185455.6406
3	388591.2369	3185473.4647
4	389018.3265	3185531.0098
5	389026.7802	3185506.2702
6	389073.8382	3185511.7853
7	389027.6419	3185326.7883
8	388992.5228	3185256.7265
1	388855.4552	3185324.7071

Figura IV.20. Mapa de ubicación de las obras de reforestación.



A continuación, se muestra las características físicas y biológicas de los polígonos propuestos para reforestación.

Tabla IV.80. Características físicas y biológicas en los sitios, obras de mitigación.

Polígono	Tipo de obra	Tipo de suelo/ textura	Pendiente media %	Clima	Tipo de vegetación / estado	Tipo de degradación presente
1	Reforestación	Luvisol (media)	1.31	Seco templado	El tipo de vegetación en que se encuentra es Matorral desértico micrófilo, actualmente se encuentra con baja, casi nula, presencia de individuos	Es, pérdida del suelo superficial por acción del viento

Retención de erosión eólica de la Reforestación y resiembra de pastos

Se utilizó la siguiente metodología para el cálculo de la erosión por efecto del viento en el escenario actual del área de reforestación, desprovista de vegetación, según la FAO y el-Colegio de Posgraduados (Publicado por la SEDUE, 1989) y la expresión para determinar la pérdida de suelos (anteriormente descrita en los Capítulos III y IV):

EROEO = IAVE * CATEX * CAUSO

Dónde:
IAVE: Índice de Agresividad del viento
CATEX: Valor de acuerdo Textura
CAUSO: Valor de uso del suelo

La primer variable obtenida es el CATEX, el cual se obtiene en función al tipo de suelo encontrado en el área de reforestación, para este caso es el suelo de tipo Kastañozem, subunidad Calcico (cc), con una textura 2 (media) y fase gravosa o pedregosa y un valor de CATEX de 0.87.

Tabla IV.81. Clasificación de CATEX ponderado en proyecto.

Concepto	Concepto	Subunidad	Textura	CATEX	Superficie (ha)	% AR	Ponderado
Área de reforestación	Luvisol	ap	2 (media)	1.25	7.0	100%	1.25

El CAUSO es el valor asignado según el tipo de vegetación encontrada en el área de reforestación, para este caso, debido que son zonas desprovistas de vegetación le corresponde el valor de 1.0

Tabla IV.82. Clasificación de CAUSO ponderado en el proyecto.

Concepto	CAUSO	Superficie (ha)	% AR	CAUSO
Área de reforestación	1.0	7.0	100%	1.0

Tabla IV.83. Cálculo de la erosión actual por efecto del viento en el proyecto.

Concepto	Superficie (ha)	PREC. (mm)	PECRE (mm)	IAVIE	CATEX	CAUSO	EROEO (Ton/ha/año)	Volumen de erosión actual (Ton/año)
Área de reforestación y resiembra de pastos	7.0	361.09	48.99	123.29	1.25	1.0	**154.11**	1078.77

Para estimar la erosión eólica potencial (una vez ejecutada la Reforestación), se contemplaron los siguientes valores para el factor CAUSO de acuerdo a 3 periodos de años: 1-4 años, 5-8 años y >9 años.

Debido al tamaño inicial de los individuos en la reforestación es el promedio a un año de vida de los mismos, el efecto de mitigación no puede ser clasificado como el de un bosque, por lo cual se realizaron estimaciones con base a los trabajos de investigación de Martínez S. M., *et al*., (2013) en su trabajo Influencia de variables físicas en la productividad de *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* en el sur de Chihuahua, y de Dusan K. (1983) Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.

Se identificaron 3 periodos dentro de la línea de tiempo de desarrollo promedio para especies arbóreas semejantes a las que se emplearan en el área de reforestación; periodo del 1er al 4to año, del 5to al 9° año y mayor al >9° año de implementación, esto con la finalidad de estimar el efecto de mitigación de la reforestación con respecto al tiempo.

Tabla IV.84. Valor de CAUSO por periodo.

Periodo	CAUSO
Durante proyecto	1
1er al 4to año	0.3
5to al 9° año	0.15
>9° año	0.15

Se procede a calcular la tasa y volumen de erosión en las áreas de reforestación aplicando la medida de mitigación donde el valor de CAUSO pasará de 1.00 (sin medida de mitigación) a 0.3 debido a que la reforestación no tendrá el mismo efecto que un matorral desértico microfilo dentro de los primeros años.

Tabla IV.85. Cálculo de la erosión con medida de mitigación por efecto del viento (Áreas de Reforestación) por periodo.

Periodo	PREC. (mm)	PECRE (mm)	IAVIE	CATEX	CAUSO	EROEO (Ton/ha/año)	Volumen de erosión (Ton/año)
1er al 4to año	361.09	48.99	123.29	1.25	0.30	**46.23**	323.6100
5to al 9no año	361.09	48.99	123.29	1.25	0.15	**23.11**	161.7700
>9no año	361.09	48.99	123.29	1.25	0.15	**23.11**	161.7700

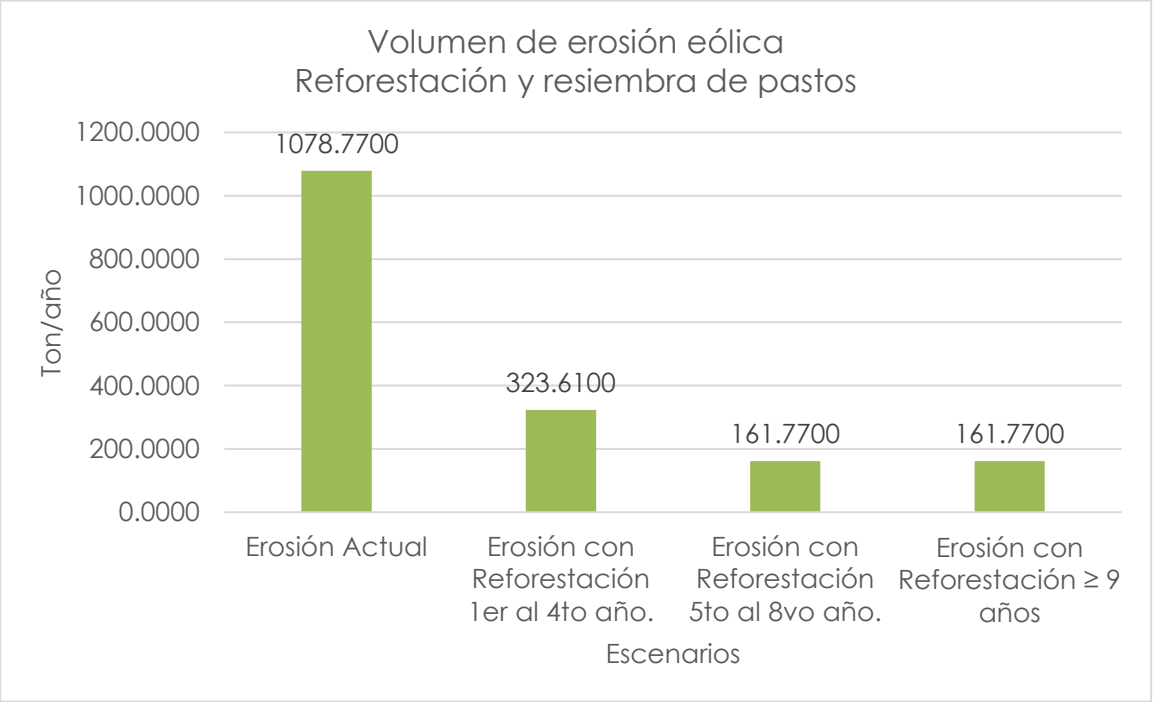
Posteriormente se calculó el volumen de erosión mitigado por la reforestación, si el volumen de erosión actual es de **1078.7700** ton/año, y el volumen de erosión al 1er año de la

reforestación es de **323.6100** ton/año, se obtiene que se retendrá un total de **755.1600** ton/año.

Tabla IV.86. Erosión en el área de reforestación y mitigación en los diferentes periodos.

Periodo	Tasa de erosión (Ton/ha/año)	Volumen de erosión (Ton/año)	Volumen de erosión mitigado (Ton/año)
Actual	**154.11**	1078.7700	-
1er al 4to año	**46.23**	323.6100	755.1600
5to al 9no año	**23.11**	161.7700	917.0000
>9no año	**23.11**	161.7700	917.0000

Gráfica IV.10. Volumen de erosión eólica en el área de reforestación a través del tiempo.



En términos de tasa, se obtiene que la medida de reforestación retendrá un volumen de **755.1600** Ton/año dentro del primer periodo (1-4 años). Al relacionar el volumen con la superficie de uso de cambio de uso de suelo **4.7206** ha, se obtiene que la tasa de erosión con medidas de mitigación es de **159.9711** ton/ha/año.

Retención adicional de la medida de mitigación para erosión eólica

En términos de volumen, el valor estimado de volumen de erosión a mitigar es de **732.1178** Ton/año, el volumen de captación con obras es de **755.1600** ton/año, la diferencia de estas da como resultado un valor de **23.0422** ton/año adicionales. Con lo que se demuestra que se mitiga el volumen de erosión eólica generada por las actividades de cambio de uso de suelo en el área de proyecto.

Volumen de erosión adicional mitigada Reforestación = Volumen de erosión mitigada por Reforestación – Volumen de erosión a mitigar

23.0422 Ton/ha/año = 755.1600 Ton/año – 732.1178 Ton/año

El valor estimado de tasa de erosión a mitigar es de **155.09** Ton/ha/año, la tasa de erosión con obras en relación a la superficie de cambio de uso de suelo es de **159.9711** ton/ha/año, la diferencia de estas da como resultado un valor de **4.8811** ton/ha/año adicionales. Con lo que se demuestra que se mitiga la tasa de erosión eólica generada por las actividades de cambio de uso de suelo en el área de proyecto.

Tasa de erosión adicional mitigada Reforestación = Tasa de erosión mitigada por Reforestación – Tasa de erosión a mitigar

4.8811 Ton/ha/año = 159.9711 Ton/ha/año – 155.09 Ton/ha/año

Análisis de escenarios de erosión del suelo

La vegetación del área del proyecto brinda una protección contra la erosión hídrica y eólica, el tipo de vegetación presente es Matorral Desértico Micrófilo (MDM), el cual cubre en su totalidad el área sujeta a proyecto.

Las características propias del proyecto implican el desmonte del área sujeta a proyecto incrementando así la tasa de erosión del suelo, debido a que este quedará desprotegido al remover las barreras naturales que le protegen de los escurrimientos, por lo tanto, se propone la construcción de Zanja bordo y Reforestación.

En las siguientes tablas se hace la comparación de la tasa y volumen a mitigar, con lo mitigado por las obras de zanja bordo y reforestación, así mismo se agrega una columna que permite identificar la tasa y volumen adicional que será aportado por las obras.

Tabla IV.87. Tasas de erosión en el área de proyecto sin remoción de vegetación, con remoción de vegetación y con medidas de mitigación.

Tipo de erosión	Tasa de erosión actual (Ton/ha/año)	Tasa de erosión potencial (Ton/ha/año)	Tasa de erosión mitigada por las obras (Ton/ha/año)	Tasa de erosión a mitigar por proyecto (Ton/ha/año)	Tasa de erosión adicional aportado por las obras (Ton/ha/año)
Hídrica	3.5900	14.3800	13.9651	10.7900	3.1751
Eólica	27.3600	182.4500	159.9711	155.0900	4.8811
Total	30.9500	196.8300	173.9362	165.8800	8.0562

Tabla IV.88. Volúmenes de erosión en el área de proyecto sin remoción de vegetación, con remoción de vegetación y con medidas de mitigación.

Tipo de erosión	Volumen de erosión actual (Ton/año)	Volumen de erosión potencial (Ton/año)	Volumen de erosión mitigada por las obras (Ton/año)	Volumen de erosión a mitigar por proyecto (Ton/año)	Volumen de erosión adicional aportado por las obras (Ton/año)
Hídrica	16.9469	67.8822	65.9241	50.9353	14.9888
Eólica	129.1556	861.2734	755.1600	732.1178	23.0422
Total	146.1025	929.1556	821.0841	783.0531	38.0310

Anexo 2. Programas.
Anexo 7. Erosión y balance.

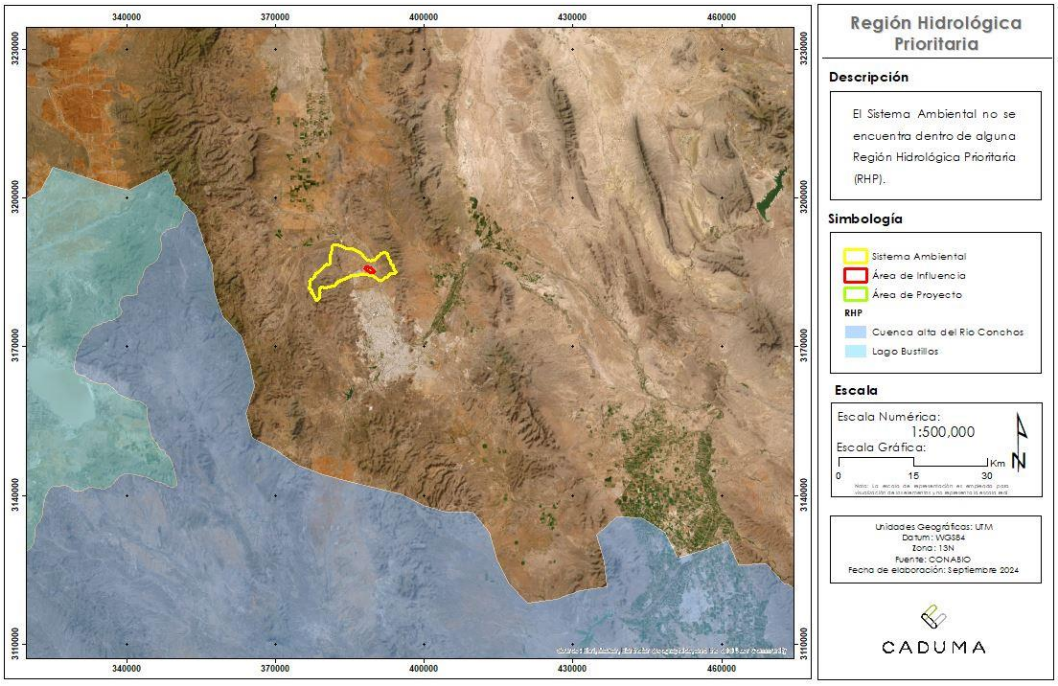
d) Hidrología superficial y subterránea

Hidrología superficial

El Sistema Ambiental se localiza dentro de una región hidrológica:

RH-24 Región Hidrológica No. 24, denominada Bravo-Conchos, esta región se localiza en la Mesa del Norte, se distribuye en el estado de Chihuahua, ocupando 31.55 % de su territorio y en una pequeña porción de Durango y Coahuila de Zaragoza. Es la región hidrológica de mayor relevancia en la entidad y en ella queda incluida la corriente superficial más importante en el estado, el río Conchos, que se origina en las estribaciones de mayor altitud de la Sierra Madre Occidental en Chihuahua; sus aguas son utilizadas en la actividad agrícola y consumo humano. El drenaje es poco definido y en algunas porciones dendrítico y en otras subparalelo, está conformado por corrientes que tienden a desembocar en el Río Bravo y éste a su vez en el Golfo de México. La Región Hidrológica 24 se divide en 14 cuencas, quedando incluidas siete dentro del estado de Chihuahua: L K, N, M, J, H e I.

Figura IV. 21. Región Hidrológica 24.

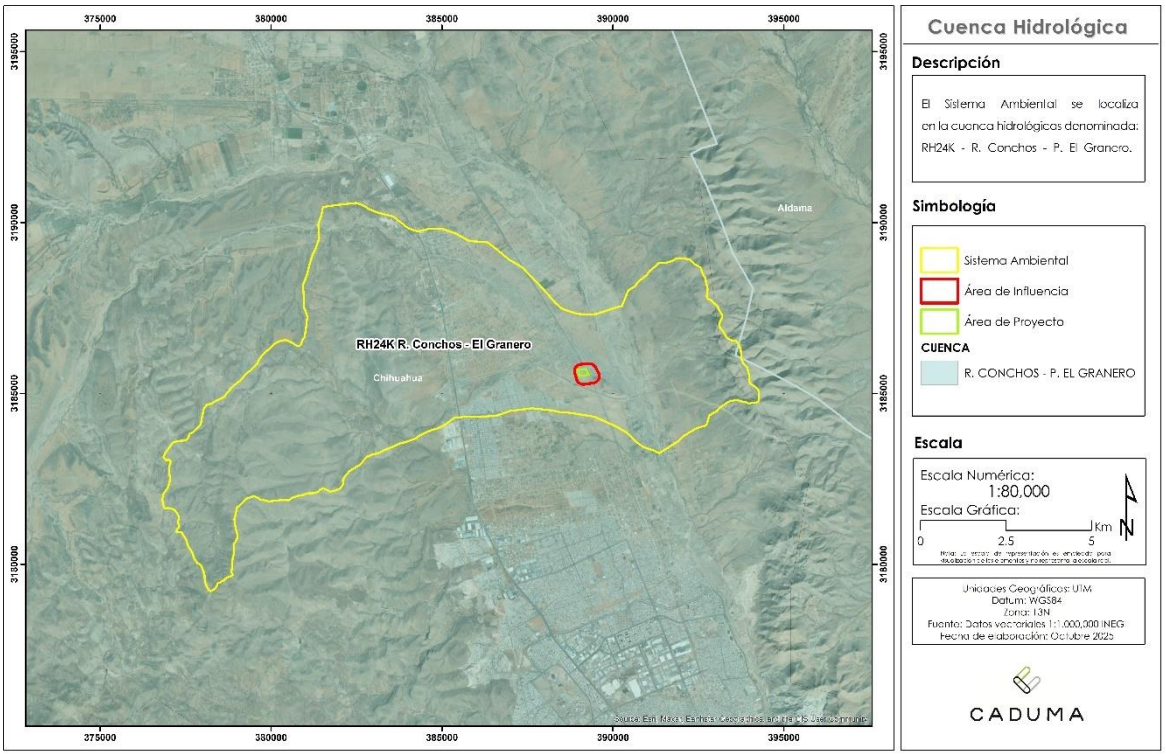


Cuenca

Son divisiones de las Regiones Hidrológicas y debe haber cuando menos dos cuencas por cada región. La cuenca de una corriente principal y sus tributarios, es el área que les proporciona una parte o la totalidad de su flujo de agua y que se limita por parteaguas.
El Sistema Ambiental se encuentra dentro de la cuenca denominada R. Conchos – El Granero. Esta cuenca se localiza completamente en la porción central de la entidad, comprende 5.0% de su territorio y es drenada por corrientes de tipo intermitente y perenne, la principal es el río Conchos, con una pendiente de 0.12% en este tramo.

El rasgo hidrográfico más importante del área lo constituye el río Conchos que prácticamente atraviesa el área del acuífero de sur a norte, pasando por la localidad El Potrero y posteriormente dobla hacia el noreste para tributar sus aguas a la presa Luís L. León (El Granero), recibiendo antes afluentes intermitentes de relativa importancia como los ríos Chuvíscar y Bachimba, además de numerosas corrientes efímeras u ocasionales.

Figura IV. 22. Cuenca Hidrológica



Subcuenca

Se considera como una subdivisión de la cuenca; cada cuenca tiene por lo menos dos subcuencas. Cada cuenca es una unidad con características específicas de drenaje y extensión con respecto a las cuencas y se pueden separar para su estudio en módulos.

El Sistema Ambiental se encuentra ubicado dentro de 2 subcuencas; RH24Kc - R. Chuvíscar y RH24Kd – R. Sacramento

Figura IV. 23. Subcuenca Hidrológica.

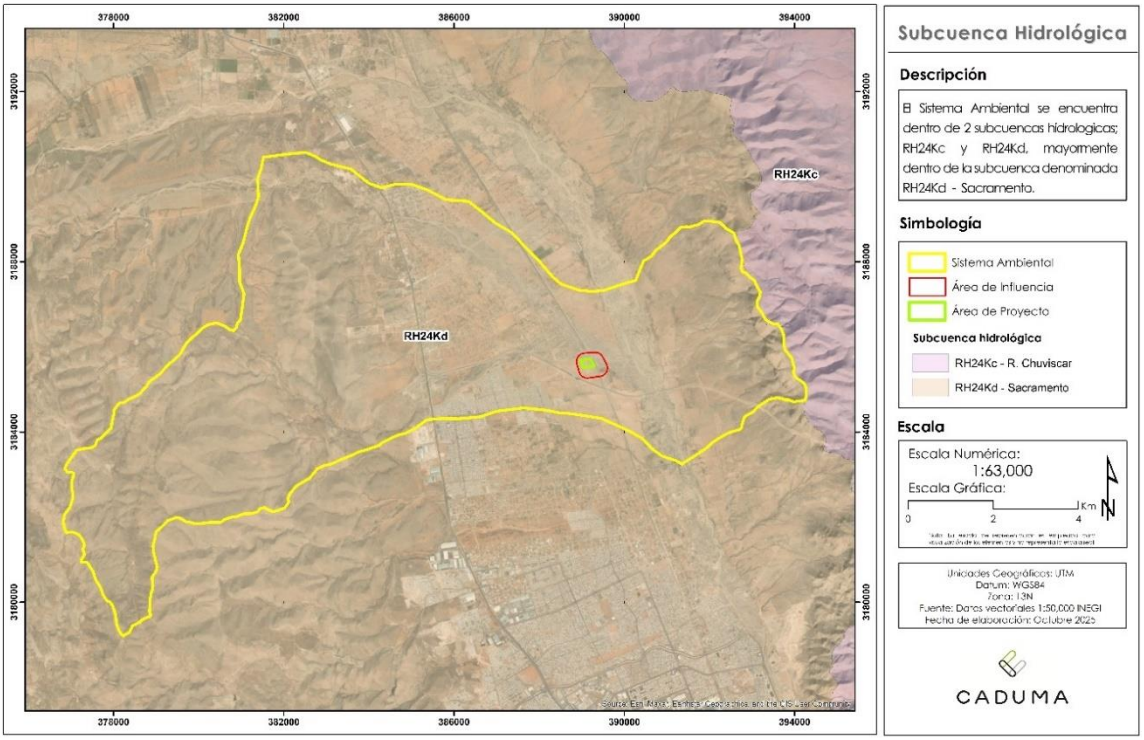
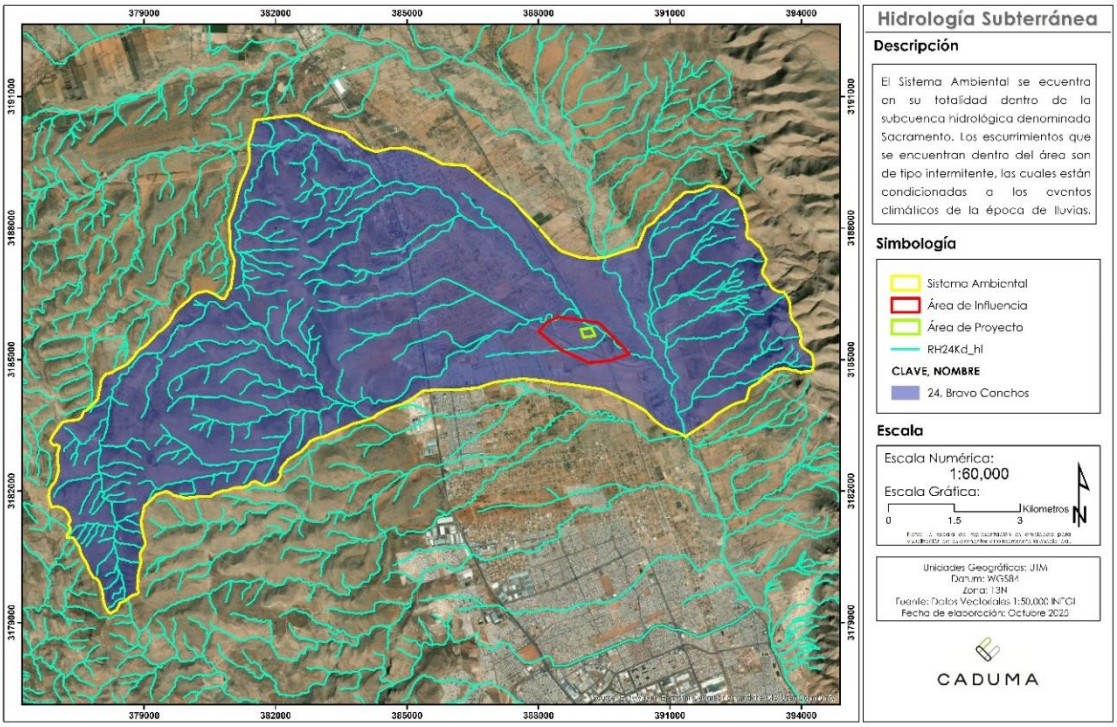
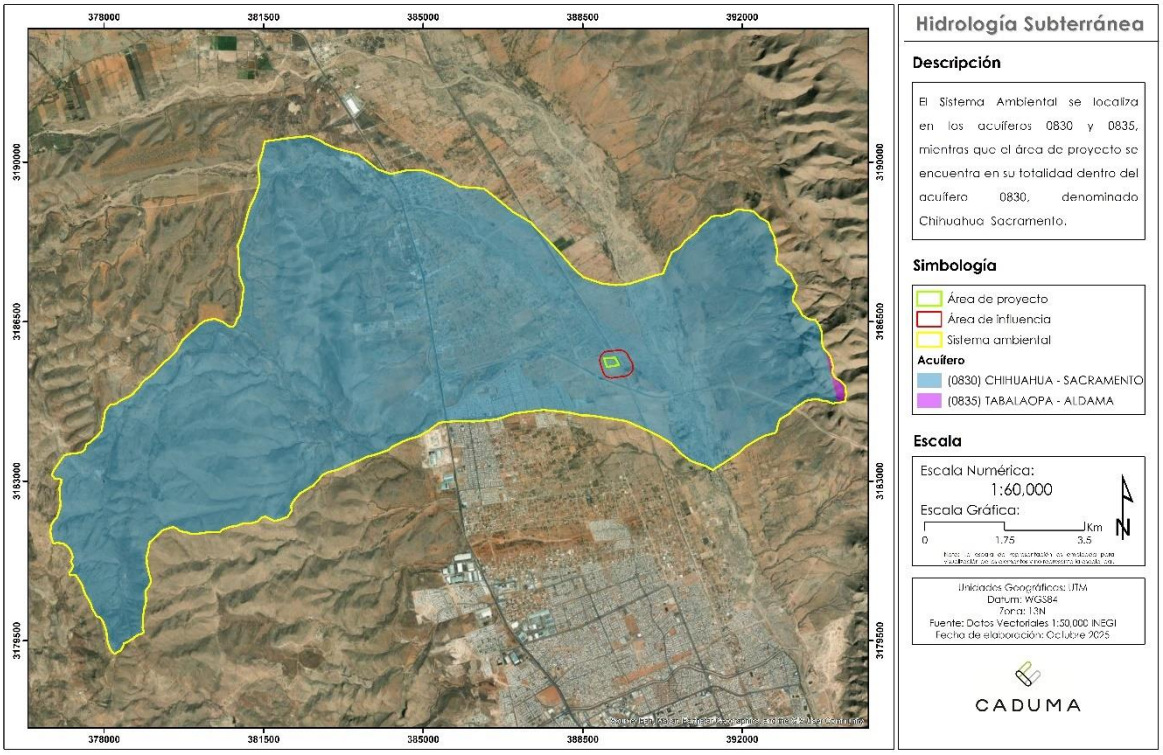


Figura IV. 24. Red Hidrológica.



Hidrología subterránea

Figura IV. 25. Hidrología subterránea.



El Sistema Ambiental se localiza en el área de un acuífero, el cual es descrito a continuación:

<u>Chihuahua – Sacramento 0830</u>

El acuífero Chihuahua - Sacramento, definido con la clave 0830 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción central del estado de Chihuahua, cubriendo una superficie de 1,889 km^2. Geográficamente, la zona se encuentra ubicada entre los paralelos 28°26’ y 28°56' de latitud Norte y entre los meridianos 105°58’ y 106°32’ de longitud Oeste.

Fisiografía y geomorfología

La sección oriental del acuífero Chihuahua-Sacramento, identificado como clave 0830, se encuentra en la Provincia Fisiográfica de Sierras y Llanuras del Norte, caracterizada por sierras bajas y empinadas, intercaladas con grandes llanuras, algunas de las cuales son conocidas como bolsones. Esta provincia se origina del plegamiento de las secuencias marinas del Mesozoico, que se formaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico, así como por el llenado de fosas tectónicas con sedimentos continentales que resultaron en cuencas endorreicas. La región del acuífero presenta una morfología de bolsones, con cuencas de drenaje interno rodeadas de sierras que descienden en aluviones. Las sierras son escarpadas, elevándose entre 500 y 1,000 metros sobre las llanuras y de 2,000 a 3,000 metros sobre el nivel del mar. Esta parte del acuífero pertenece a la Subprovincia Bolsón

de Mapimí, que se caracteriza por amplias y áridas llanuras de pendientes suaves, con una composición arcillosa y salina en su zona central.

Al oeste se encuentra la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental, que es la más extensa y continua de los sistemas montañosos de México, predominantemente formada por rocas ígneas extrusivas del Terciario Inferior y Medio, con espesores que varían entre 1,500 y 1,800 metros. En el este del acuífero hay cadenas montañosas y valles dispuestos en dirección noreste-suroeste, resultado de los fallamientos que acompañaron el levantamiento durante el Pleistoceno. La parte occidental del acuífero Chihuahua-Sacramento se sitúa en la Subprovincia Sierras y Llanuras de Durango y Sierras y Llanuras Tarahumaras, caracterizada por la amplia extensión de llanuras alargadas separadas por sierras de rocas volcánicas, inclinadas hacia el noreste y organizadas en un patrón típico de bloques de fallas escalonadas.
El acuífero Chihuahua-Sacramento, clave 0830, consiste en un valle alargado orientado noroeste-sureste, con una altitud promedio de 1,450 metros sobre el nivel del mar, delimitado por elevaciones topográficas. Al este se encuentra la Sierra Nombre de Dios, compuesta por rocas volcánicas, que alcanza 1,700 metros de altura; al oeste, el acuífero es limitado por la Sierra de Majalca, la cual presenta un flanco oriental rectilíneo debido a un fallamiento normal, mostrando un relieve accidentado con numerosas cañadas y barrancas en su mayoría sobre rocas volcánicas. El valle está formado por abanicos aluviales en el punto de cambio de pendiente, que se suavizan hacia la parte central, donde el Río Sacramento se une a las aguas del Río Chuvíscar, en el extremo sur de la Sierra Nombre de Dios.

Piezometría

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea se cuenta con la información piezométrica de los años 1983 a 2012.

Profundidad al nivel estático

Los niveles estáticos más profundos para el año de 1983, se encontraban entre los 35 y 45 metros y se localizaban a lo largo de casi todo el valle, con excepción de sus sectores norte y sur, donde los niveles se encontraban a profundidades de 15 a 30 metros y de 20 a 30 metros, respectivamente. En el año 2012, la profundidad al nivel estático variaba de 20 a 100 metros; los niveles someros del agua subterránea se presentaban en las localidades Nuevo Majalca y Ocampo, al norte y noroeste del acuífero, registrados en norias perforadas en las cercanías del Río Sacramento.

Evolución del nivel estático

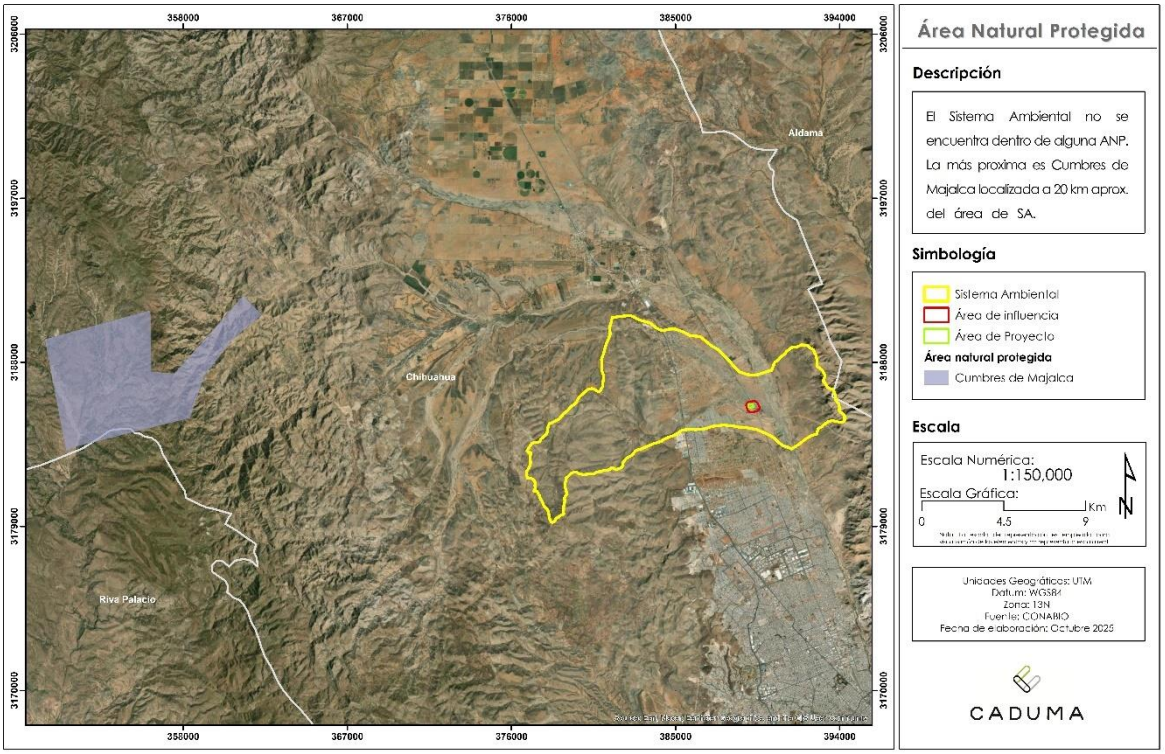
El nivel estático fue analizado durante un periodo de 29 años de 1983 hasta 2012, y en él se observaron evoluciones negativas en toda la zona norte del acuífero; los abatimientos variaban de 20 a 50 metros, lo que representaba un abatimiento medio de 68 centímetros

a 1.72 metros anuales. En el área central del valle se observaban recuperaciones de 5 metros en el periodo, así como áreas en donde el abatimiento no se había manifestado.

e) Área Natural Protegida

En el Sistema ambiental no se ubica dentro de algún Áreas Naturales Protegidas, la más próxima se encuentra a una distancia de 20 km del Sistema Ambiental y a 30 km del proyecto.

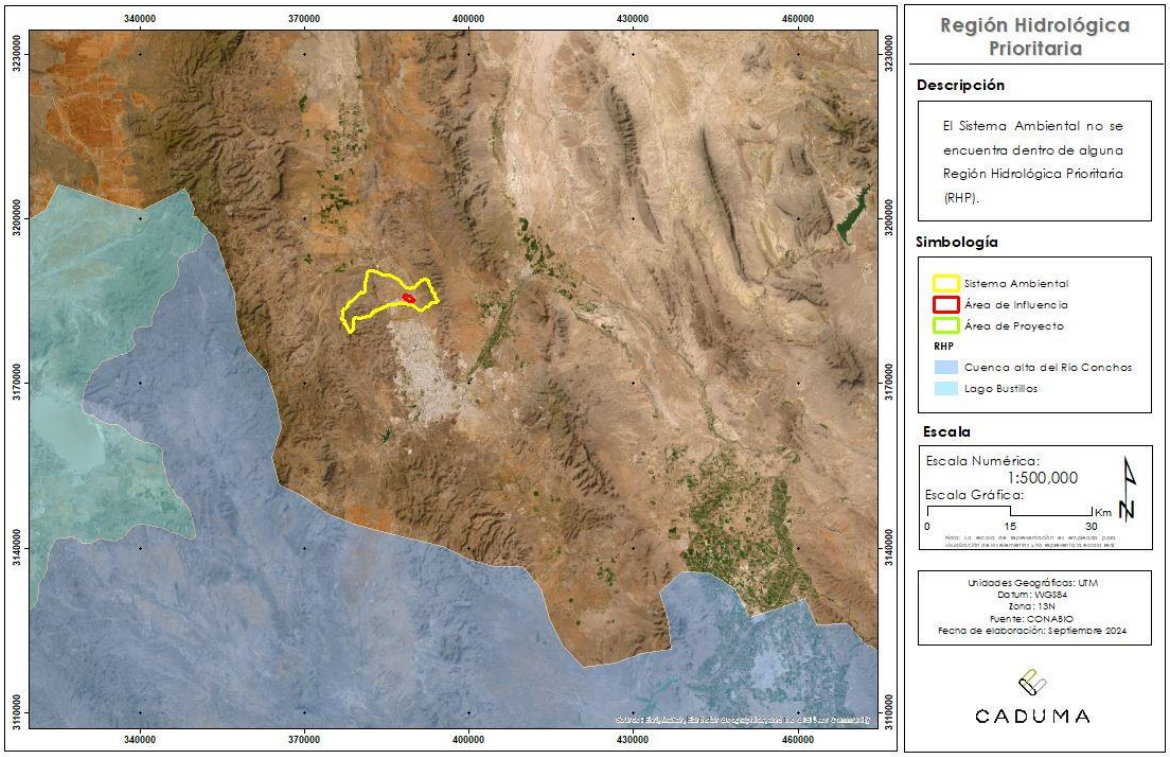
Figura IV.26. Área Natural Protegida.



f) Región Hidrológica Prioritaria

En el Sistema Ambiental y por lo tanto en el proyecto no se encuentran dentro de alguna Región Hidrológica Prioritaria, las más cercanas se encuentran aproximadamente a 19 y 34 km.

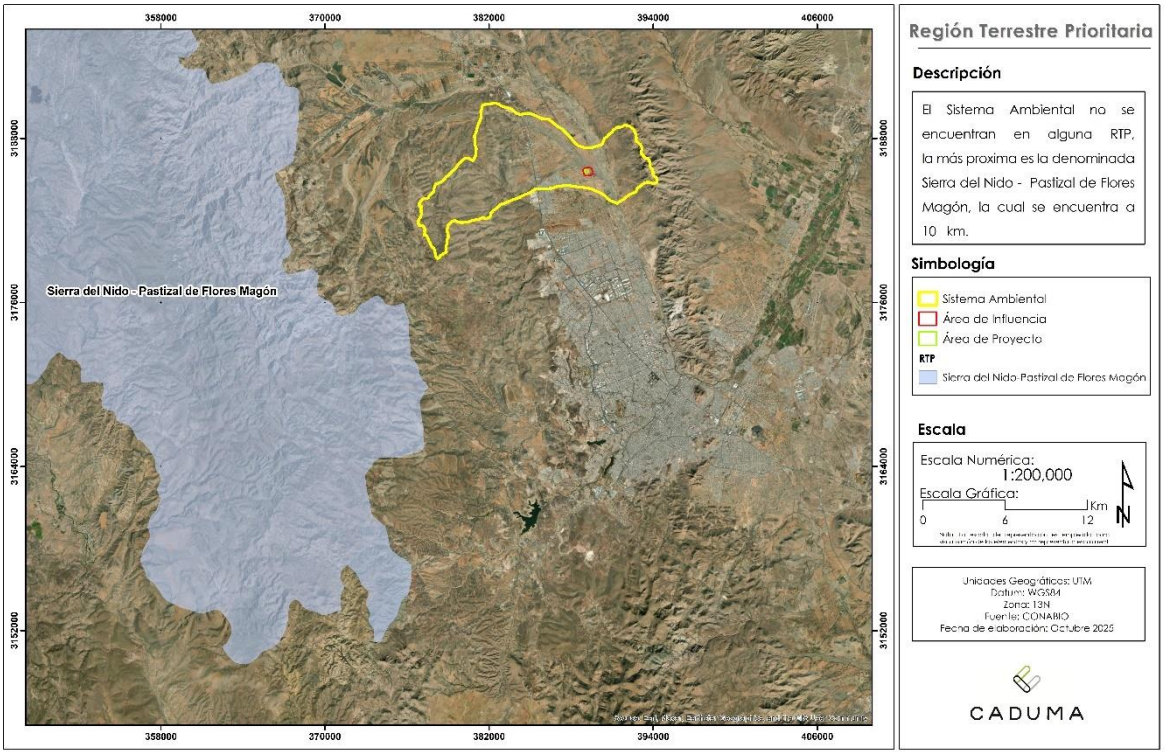
Figura IV.27. Regiones Hidrológicas Prioritarias en la zona del proyecto y el Sistema Ambiental



g) Región Terrestre Prioritaria

El Sistema ambiental no se encuentra dentro de ninguna Región terrestre prioritaria. El área más cercana corresponde a la Sierra del Nido – Pastizal de Flores Magón, la cual se encuentra a una distancia de 10 km aproximadamente.

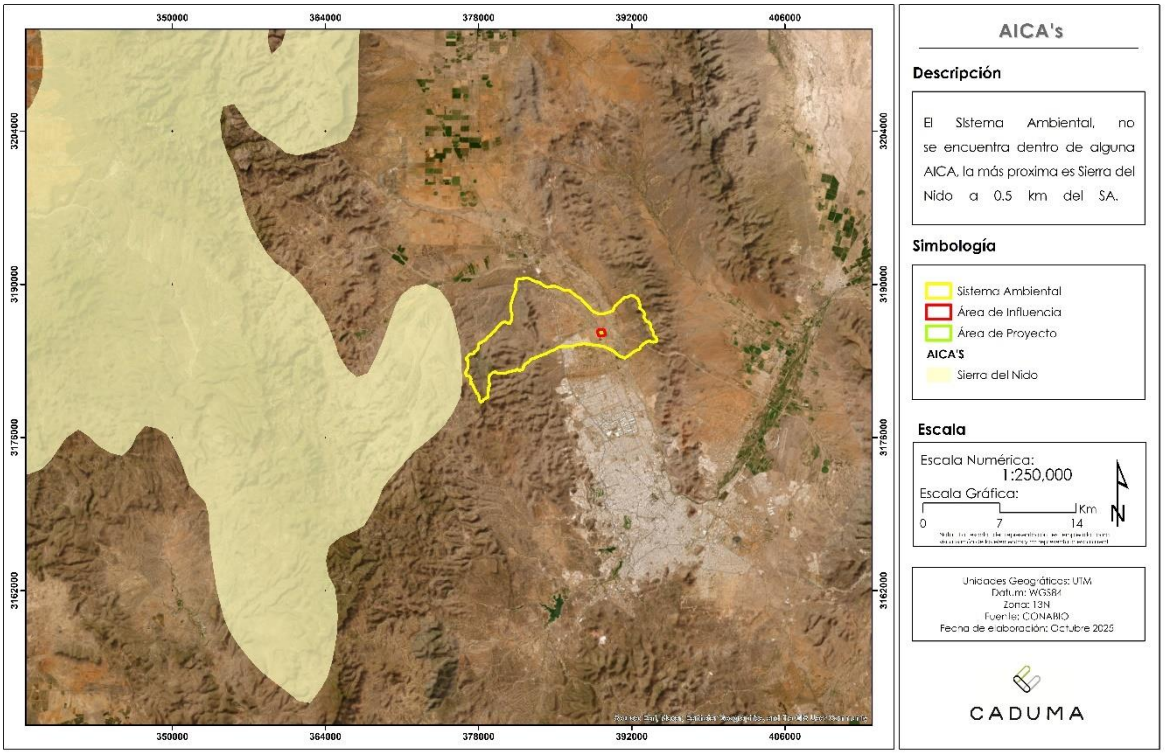
Figura IV. 28. Regiones Terrestres Prioritarias en la región.



h) Áreas de Importancia para la Conservación de Aves

Dentro del Sistema ambiental no se ubican Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA). La más próxima se ubica a 0.5 km y corresponde a Sierra del Nido.

Figura IV. 29. Áreas de importancia para la conservación de aves en la región.



IV.2.2 Medio biótico

a) Vegetación terrestre

Para este apartado se consideró realizar su análisis de acuerdo con las siguientes actividades:

- Identificación de los tipos de vegetación según la clasificación de INEGI.
- Descripción de los tipos de vegetación del Sistema Ambiental y Área del proyecto.
- Identificación de las especies presentes del Sistema Ambiental y Área del proyecto.
- Determinación del valor de importancia e índices de las especies.

Identificación de tipos de Vegetación

En el área en del Sistema Ambiental delimitada para el proyecto **"Complejo ambiental de Gestión de Residuos de Municipio de Chihuahua"** se identifican distintos tipos de vegetación, en la siguiente imagen se identifican:

Figura IV. 30. Vegetación de acuerdo a INEGI Serie VII.

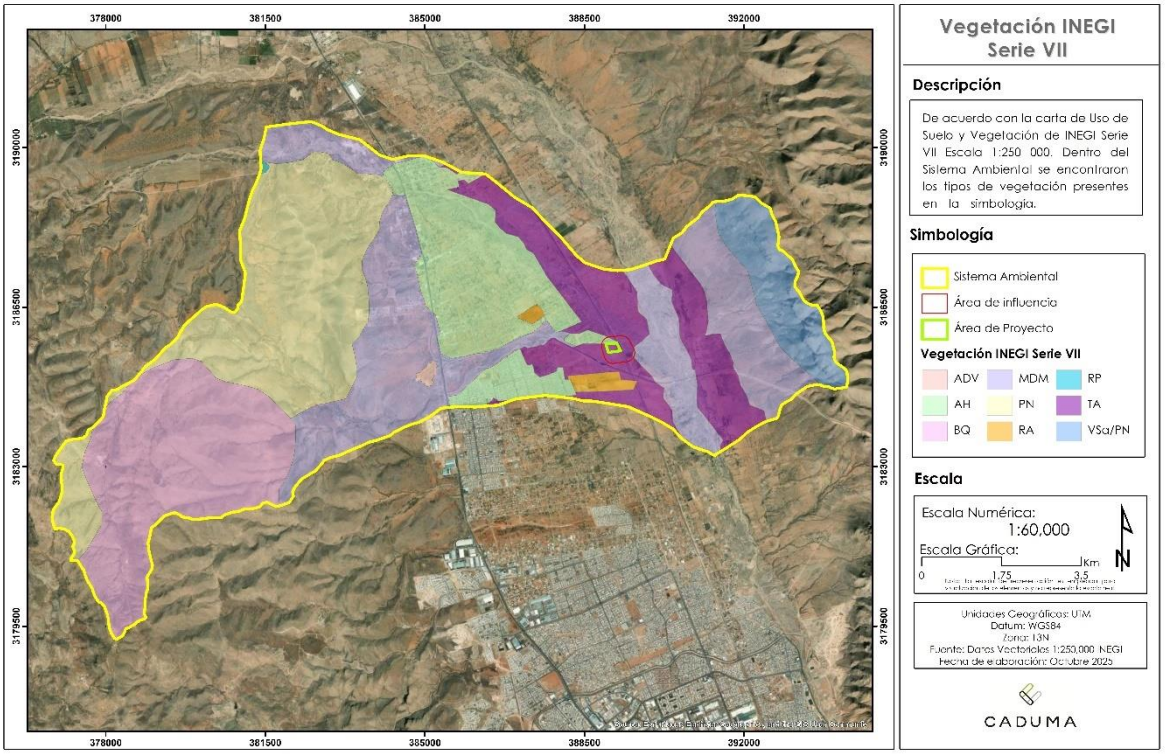


Tabla IV. 89. Tipos de vegetación de acuerdo a INEGI Serie VII.

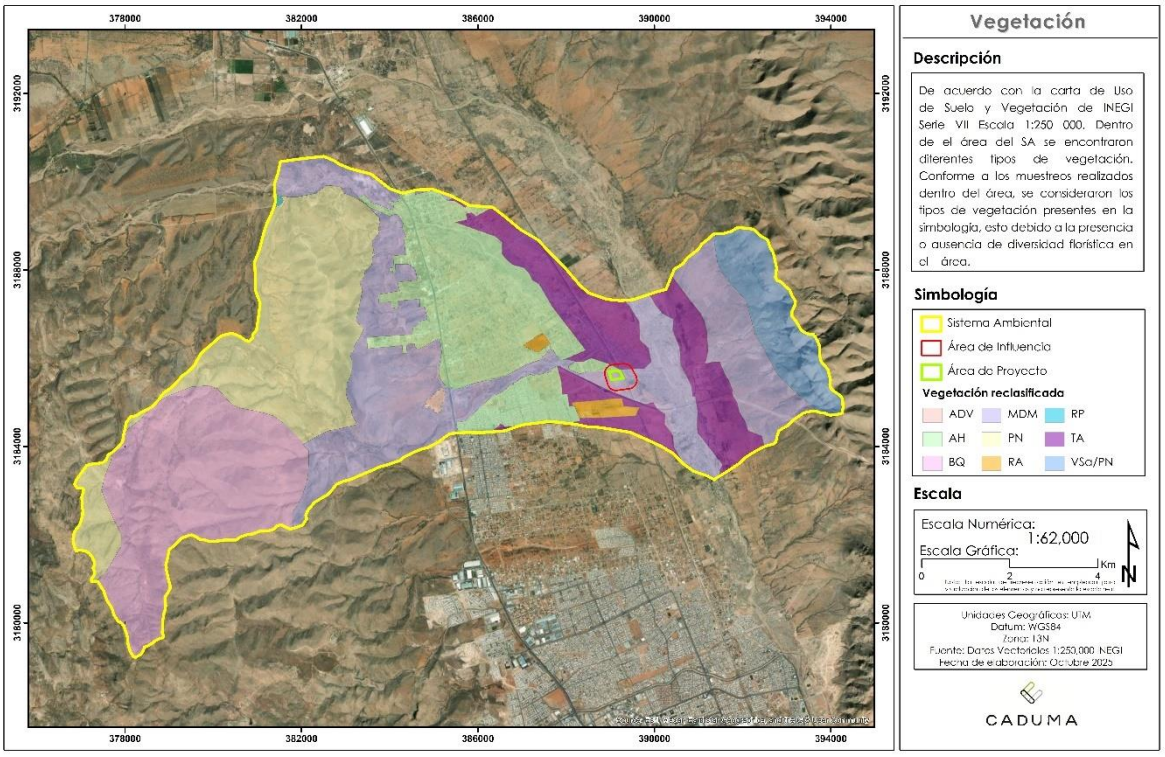
Clave	Tipo de Vegetación	% Ocupación respecto al SA	Superficie del SA (ha)
ADV	Desprovisto de vegetación	0.18	14.9442
AH	Asentamientos humanos	13.73	1,117.4839
BQ	Bosque de encino	18.99	1,545.3893
MDM	Matorral desértico micrófilo	25.30	2,058.3446
PN	Pastizal natural	22.11	1,798.5246
RA	Agricultura de riego anual	0.77	62.8467
RP	Agricultura de riego permanente	0.05	3.7598
TA	Agricultura temporal anual	13.22	1,075.3183
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	5.65	459.4200
TOTAL		**100.00**	**8,136.0313**

Identificación de los tipos de vegetación observados en el área de proyecto

En el área del Sistema Ambiental delimitada para el proyecto, se identificaron varios tipos de vegetación, teniendo asentamientos humanos y Matorral desértico micrófilo en gran parte. Se encuentran también áreas desprovistas de vegetación, pastizal natural, bosque de encino, y distintos tipos de agricultura. El área del proyecto se encuentra en su totalidad en matorral desértico micrófilo, esto se pudo confirmar con los recorridos realizados en campo a lo largo del área delimitada, comprobando que en dicha área predominan especies

como mezquite y gatuño, por lo que se realiza la reclasificación de la vegetación. Lo anterior se sustenta con los puntos de muestreo realizados en campo y los resultados del análisis de biodiversidad.

Figura IV. 31. Vegetación reclasificada en el Sistema Ambiental.



El siguiente cuadro muestra los tipos de vegetación presentes en el Sistema Ambiental.

Tabla IV. 90. Tipos de vegetación.

Clave	Tipo de Vegetación	% Ocupación respecto a la SA	Superficie de la SA (ha)
ADV	Desprovisto de vegetación	0.18	14.9435
AH	Asentamientos Humanos	16.47	1,339.7271
BQ	Bosque de Encino	18.99	1,545.3187
MDM	Matorral Desértico Micrófilo	26.33	2,142.5296
PN	Pastizal Natural	19.64	1,598.1259
RA	Agricultura de Riego Anual	0.77	62.8438
RP	Agricultura de Riego Permanente	0.05	3.7597
TA	Agricultura de Temporal Anual	11.91	969.3840
Vsa/PN	Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural	5.65	459.3990
TOTAL		**100.00**	**8,136.0313**

Descripción de los tipos de vegetación del Sistema Ambiental

Desprovisto de vegetación (ADV)
Como su nombre lo indica, son zonas que carecen de vegetación o tienen una cobertura muy baja, esto se puede deber al despalme y desmonte por acciones antrópicas o a condiciones naturales, como climas muy áridos o suelos salinos. Esta pérdida de cubierta vegetal puede provocar que el suelo se deteriore, erosione y desertifique.

Asentamientos Humanos (AH)
Un asentamiento humano es definido como el lugar donde se establece un grupo de personas o una comunidad donde desarrollan sus actividades diarias.

Bosque de encino (BQ)
El bosque de encino es definido por el INEGI como comunidades arbóreas, subarbóreas y arbustivas que integran múltiples especies de encinos o robles (Género Quercus). Las especies de este género se encuentran en prácticamente toda la República mexicana, que van desde los 300 hasta los 2,800 metros de altitud. Se encuentra muy relacionada con los bosques de pino, formando series de bosques mixtos para ambos géneros.

Matorral desértico micrófilo (MDM)
El matorral desértico micrófilo es un tipo de vegetación arbustiva que se caracteriza por tener hojas pequeñas, las cuales se encuentran en áreas cálidas, donde la precipitación es inferior a los 100 mm anuales. Se presenta vegetación con alturas que varían principalmente entre los 0.5 a los 2.5 metros, las especies más comunes son el mezquite (*Prosopis glandulosa*), el gatuño (*Mimosa aculeaticarpa*) y la gobernadora (*Larrea tridentata*).

Pastizal natural (PN)
Los pastizales son comunidades vegetativas dominadas por especies de gramíneas, normalmente acompañadas por hierbas pequeñas y arbustos de diferentes familias. Su principal distribución es la zona de transición entre el matorral y los diversos bosques. Tienen una estructura sencilla, ya que están compuestos principalmente por un estrato rasante, formado principalmente por planta rastreras. Las plantas leñosas se presentan en menor medida, desempeñado un papel secundario en la composición del ecosistema.

Agricultura de riego Anual (RA)
Este tipo de agricultura es conocido como de ciclo corto, ya que el tipo de cultivo que se siembra y cultiva es solo para dos periodos al año. A los 12 meses de cosecha se tendrá que realizar una nueva siembra, en periodos de primavera/verano y otoño/invierno. Los principales cultivos de este tipo son el maíz, trigo y frijol.

Agricultura de riego permanente (RP)
Este tipo agricultura desarrolla el cultivo durante diferentes ciclos agrícolas, utilizando agua suplementaria para el riego de estos cultivos. El riego se realiza de diferentes maneras,

como la aspersión, goteo o surcos, principalmente. Este tipo de agricultura puede ser permanente o temporal, sus siembras principales son para huertos, plantaciones frutales, jardinería y sistemas agroforestales.

Agricultura de temporal anual (TA)
Es un tipo de agricultura que depende de la temporada de lluvias para regar los cultivos y la capacidad del suelo para captar el agua. Entendiendo esto, este tipo de agricultura se desarrolla principalmente en lugares donde el régimen de lluvia es superior a los 400 mm. Algunos de los cultivos principales son el maíz, limón y sorgo.

Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural (Vsa/PN)
Este tipo de vegetación es la que se desarrolla una vez transcurrido un tiempo después de la fragmentación o perturbación de la vegetación original; en general, estas comunidades están formadas por muchas especies, aunque en ciertas regiones pueden estar formadas por una sola especie.

Diseño y confiabilidad de muestreo

Muestreo y su diseño

Con base a las características del proyecto y su rodalización se consideró aplicar un muestreo en el cual se combina el muestreo aleatorio y estratificado. Un muestreo aleatorio simple sitúa las parcelas de muestra de forma aleatoria dentro de la población muestreada.

Este tipo de muestreo se realizó debido a que se trata de un proyecto en el cual se pueden localizar características topográficas o edáficas que influyan en el tipo y condición de la vegetación, por lo que con este muestreo aleatorio/estratificado se identifica, de acuerdo con la experiencia en proyectos previos, una mejor distribución y confiabilidad del muestreo.

El muestreo estratificado conlleva, en primer lugar, dividir la población en subpoblaciones que no se solapen, denominadas estratos y que, de forma conjunta, incluyen el conjunto de la población y, a continuación, dibujar una muestra independiente a partir de cada estrato. Si la muestra de cada estrato es una muestra aleatoria simple, la totalidad del procedimiento se describe como muestreo aleatorio estratificado. Varias razones pueden justificar el muestreo estratificado (Cochran, 1977; Schreuder y otros, 1993). En primer lugar, la estratificación se emplea para aumentar la precisión de las estimaciones de la población. Para comprender la obtención de ganancia potencial en la precisión que puede alcanzarse gracias a la estratificación.

Las ventajas más importantes del cálculo estratificado se obtienen cuando la población se estratifica y los tamaños de muestra de los estratos se determinan antes de llevar a cabo el muestreo. El proceso de determinar los tamaños de muestra de los estratos o de forma equivalente, asignar muestras a estratos, puede realizarse de diferentes maneras y con diferentes objetivos. A menudo, las muestras se asignan a los estratos según determinados

atributos de estos. Un enfoque de fácil implantación consiste en asignar parcelas de muestra a los estratos según los tamaños de estos últimos.

El tamaño de la parcela de muestreo representa un equilibrio entre la exactitud, la precisión y el tiempo (costo) de la medición. El tamaño de la parcela también está relacionado con la cantidad de árboles su diámetro y la varianza del carbono almacenado entre las parcelas. Generalmente se recomienda utilizar una parcela única cuyo tamaño varíe entre 100 m^2 (para una densidad de 1.000 árboles/ha o más) y 600 m^2 en una zona de bosques con árboles de tamaño uniforme. El uso de parcelas circulares o rectangulares dependerá de las condiciones locales.

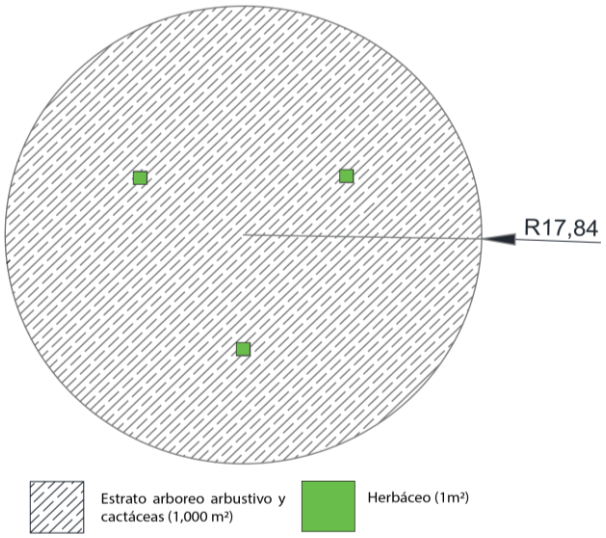
Para inventarios forestales y especies características de los bosques, las parcelas más utilizadas son circulares y de grandes superficies (dependiendo del ambiente). En el caso particular de este estudio se realizaron parcelas circulares para el Sistema Ambiental.

La literatura recomienda que la superficie para inventariar o muestrear árboles adecuadamente en estos ecosistemas, debe ser de 200 m^2 o mayor, para las especies arbustivas se recomienda que sea mínimo de 100 m^2, sin embargo, para este proyecto se realizaron sitios de muestreo con una superficie de 1,000 m2, con la finalidad de observar el mayor número de especies presentes en el área, obteniendo así un muestreo más confiable.

Se realizó en el mismo número de sitios en los diferentes estratos (arbóreo, arbustivo y cactáceas), con la misma superficie, lo que varió fue el estrato herbáceo, se realizaron tres cuadrantes de 1 m^2 cada uno, sumando un total de 3 m^2 por unidad de esfuerzo.

A continuación, se presenta un diagrama donde muestra el tamaño de cada parcela:

Figura IV.32. Diseño de las parcelas de muestreo.



La metodología que se empleó para el muestreo de este estudio se utiliza para determinar la riqueza de especies de plantas leñosas y suministra información de la estructura de la vegetación, en donde se censan todos los individuos con DAP mayor o igual a 7 cm y alturas mayores o iguales a 3m. Se registra su hábito de crecimiento y todas las características que permitan su posterior identificación y reconocimiento.

Equipo utilizado para recolectar la información

El material para llevar a cabo el muestreo en campo incluye: Una cuerda compensada con medida de 20 metros, 1 cinta de marcaje color rosa, 1 cámara fotográfica digital, 1 GPS Garmin, 2 tablas de apoyo y una cinta métrica.

Total de superficie muestreada

En las siguientes tablas se muestra la superficie de muestreo empleada en el sistema ambiental y el área del proyecto dentro del tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo.

Tabla IV.91. Superficie muestreada en MDM del SA.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Área	Superficie muestreada (ha)
MDM	8,136.0313 ha	Estrato arbóreo	2.3 ha
		Estrato arbustivo	2.3 ha
		Estrato herbáceo	0.0069 ha
		Cactáceas	2.3 ha

Tabla IV. 92. Superficie muestreada en MDM del área del proyecto.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Área	Superficie muestreada (ha)
MDM	4.7206 ha	Estrato arbóreo	1 ha
		Estrato arbustivo	1 ha
		Estrato herbáceo	0.0030 ha
		Cactáceas	1 ha

Tamaño y forma de los sitios de muestreo

a) Sistema ambiental

Tabla IV.93. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato arbóreo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	23
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura y especie.

Tabla IV.94. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato arbustivo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	23
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura y especie.

Tabla IV.95. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato herbáceo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	69
Forma de sitio	Cuadrado
Tamaño de sitio	1 m^2
Parámetros medidos	Cobertura, densidad, especie, biomasa.

Tabla IV.96. Tamaños y formas de sitos de muestreo para cactáceas.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	23
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura especie.

b) Área del proyecto

Tabla IV.97. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato arbóreo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	10
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura especie.

Tabla IV.98. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato arbustivo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	10
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura especie.

Tabla IV.99. Tamaños y formas de sitos de muestreo para el estrato herbáceo.

Características	Tipo de vegetación MDM
No. de sitios	30
Forma de sitio	Rodal
Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura especie.

Tabla IV.100. Tamaños y formas de sitos de muestreo para cactáceas.

Características	Tipo de vegetación - MDM
No. de sitios	10
Forma de sitio	Rodal

Tamaño de sitio	1,000 m^2
Parámetros medidos	Altura, diámetro, cobertura especie.

Ubicación de sitios de muestreo

Se muestran las coordenadas de cada uno de los sitios de muestreo del sistema ambiental y el área del proyecto, de acuerdo con el tipo de vegetación de INEGI, Serie VII.

Tabla IV.101. Tipos de vegetación en el Sistema Ambiental y Proyecto.

Clave	Tipo de Vegetación
MDM	Matorral Desértico Micrófilo

Tabla IV.102. Puntos de muestreo en el Sistema Ambiental.

Coordenadas Geográficas UTM, Datum WGS84, Zona 13N		
Sitio	**X**	**Y**
1	390628	3183764
2	389722	3185326
3	387909	3185938
4	385574	3184682
5	387282	3185717
6	366884	3185628
7	386370	3185434
8	386288	3185279
9	383744	3187743
10	384141	3188080
11	384295	3188417
12	385059	3186112
13	384700	3186165
14	384403	3187716
15	384373	3187154
16	383861	3187106
17	384114	3186047
18	383798	3185958
19	384207	3186644
20	383864	3186621
21	383677	3183903
22	383419	3183953
23	383131	3184244

Tabla IV. 103. Puntos de muestreo en el área del proyecto.

Coordenadas Geográficas UTM, Datum WGS84, Zona 13N		
Sitio	**X**	**Y**
1	389245.716	3185572.93
2	389194.384	3185584.5
3	389155.769	3185557.94
4	389111.664	3185580.08
5	389203.463	3185635.72
6	389160.531	3185627.26
7	389103.7	3185625.15
8	389171.455	3185687.77
9	389135.008	3185663.3
10	389071.567	3185653.82

Figura IV. 33. Puntos de muestreo Sistema Ambiental.

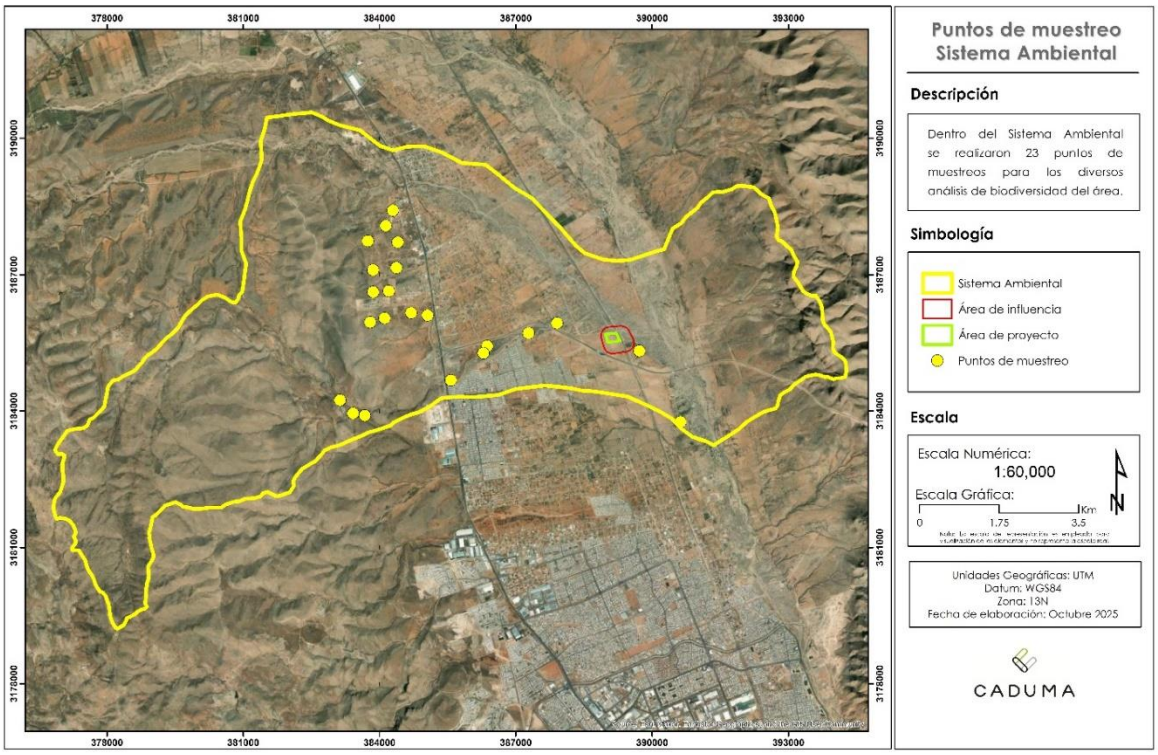
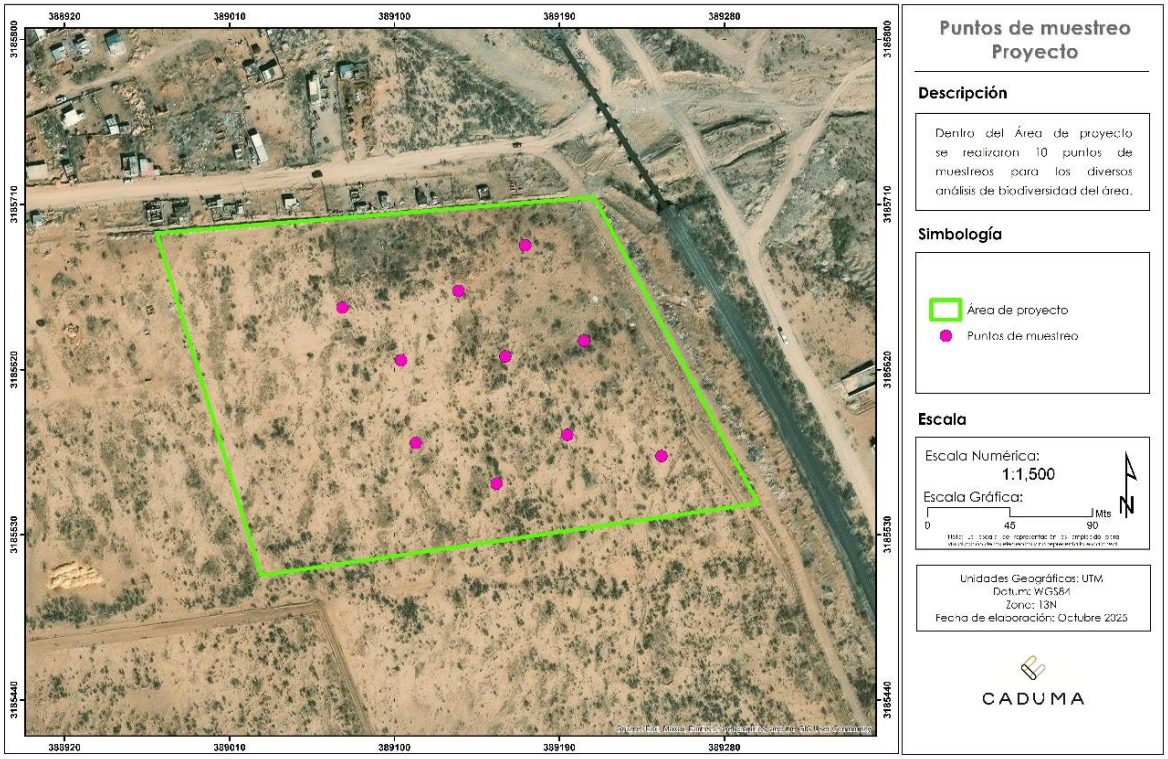


Figura IV. 34. Puntos de muestreo Área de Proyecto.



Identificación de las especies presentes

En el ecosistema en donde se pretenden desarrollar las actividades del proyecto se caracteriza por albergar individuos de tallas grandes agrupados en estratos arbóreo y arbustivos, estas clasificaciones se realizan de acuerdo con los criterios fisionómicos, ecológicos y fisiográficos del área de estudio.

Para este caso en particular, nos encontramos con un ecosistema en donde los estratos más importantes y con mayor representatividad es el arbóreo, en donde las alturas características de las especies varían entre 3 y 6 m. Sus especies se pueden clasificar en los estratos a su edad adulta; arbóreo y arbustivo, esto lo define su altura y diámetro a altura de pecho. Para que una especie sea considerada dentro del estrato arbóreo es necesario contar con alturas mayores a 3 m y diámetros superiores a los 7.5 cm, mientras que las especies con alturas inferiores a los 3 m, pero superiores a 30 cm con tallos leñosos se agrupan el estrato denominado arbustivo.

La relación de especies de flora que se encontraron por estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceo) fue elaborada mediante el levantamiento de sitios de muestreo en campo en el tipo de vegetación presente en la Sistema Ambiental y en el Área del Proyecto, así mismo se complementó con referencias bibliográficas, las cuales se señalan a continuación.

a) Sistema Ambiental

Tabla IV. 104. Listado de especies encontradas en el SA

Estrato	Familia	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie prioritaria	Endemismo
Arbóreo	Bignoniaceae	*Chilopsis linearis*	-	No	No
Arbóreo	Fagaceae	*Quercus chihuahuensis*	-	No	No
Arbóreo	Fagaceae	*Quercus emoryi*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Acacia angustissima*	-	No	No
Arbustivo	Asparagaceae	*Agave parryi*	-	No	No
Arbustivo	Verbenceae	*Aloysia gratissima*	-	No	No
Arbustivo	Verbenceae	*Aloysia wrightii*	-	No	No
Arbustivo	Asteraceae	*Ambrosia monogyra*	-	No	No
Arbustivo	Berberidaceae	*Berberis trifoliolata*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Calliandra eriophylla*	-	No	No
Arbustivo	Cannabaceae	*Celtis pallida*	-	No	No
Arbustivo	Ranunculaceae	*Clematis drummondii*	-	No	No
Arbustivo	Rhamnaceae	*Condalia ericoides*	-	No	No
Arbustivo	Rhamnaceae	*Condalia warnockii*	-	No	No
Arbustivo	Ephedraceae	*Ephedra trifurca*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Eysenhardtia spinosa*	-	No	No
Arbustivo	Fouquieriaceae	*Fouquieria splendens*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	-	No	No
Arbustivo	Solanaceae	*Nicotiana glauca*	-	No	No
Arbustivo	Asparagaceae	*Nolina texana*	-	No	No
Arbustivo	Asteraceae	*Parthenium incanum*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Prosopis glandulosa*	-	No	No

Estrato	Familia	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie prioritaria	Endemismo
Arbustivo	Anacardiaceae	*Rhus microphylla*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Senegalia greggii*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Senna wislizeni*	-	No	No
Arbustivo	Bignoniaceae	*Tecoma stans*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Vachellia constricta*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	-	No	No
Herbáceo	Nyctaginaceae	*Acleisanthes longiflora*	-	No	No
Herbáceo	Nyctaginaceae	*Allionia incarnata*	-	No	No
Herbáceo	Amaranthaceae	*Amaranthus palmeri*	-	No	No
Herbáceo	Saururaceae	*Anemopsis californica*	-	No	No
Herbáceo	Poaceae	*Aristida adscensionis*	-	No	Introducida
Herbáceo	Pteridaceae	*Astrolepis integerrima*	-	No	No
Herbáceo	Scrophulariaceae	*Buddleja scordioides*	-	No	No
Herbáceo	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	-	No	Introducida
Herbáceo	Loasaceae	*Cevallia sinuata*	-	No	No
Herbáceo	Euphorbiaceae	*Croton pottsii*	-	No	No
Herbáceo	Cucurbitaceae	*Cucurbita foetidissima*	-	No	No
Herbáceo	Poaceae	*Dasyochloa pulchella*	-	No	No
Herbáceo	Convolvulaceae	*Dichondra argentea*	-	No	No
Herbáceo	Poaceae	*Eragrostis echinochloidea*	-	No	Introducida
Herbáceo	Poaceae	*Eragrostis lehmanniana*	-	No	Introducida
Herbáceo	Poaceae	*Eragrostis superba*	-	No	Introducida
Herbáceo	Malpighiaceae	*Janusia gracilis*	-	No	No
Herbáceo	Asteraceae	*Jefea brevifolia*	-	No	No
Herbáceo	Poaceae	*Leptochloa dubia*	-	No	No
Herbáceo	Malvoideae	*Malva parviflora*	-	No	Introducida
Herbáceo	Poaceae	*Melinis repens*	-	No	Introducida
Herbáceo	Amaranthaceae	*Salsola tragus*	-	No	Introducida
Herbáceo	Malvaceae	*Sida abutilifolia*	-	No	No
Herbáceo	Solanaceae	*Solanum elaeagnifolium*	-	No	No
Herbáceo	Talinaceae	*Talinum aurantiacum*	-	No	No
Herbáceo	Zygophyllales	*Tribulus terrestris*	-	No	Introducida
Cactáceo	Cactaceae	*Coryphantha robustispina*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Echinocereus pectinatus*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Mammillaria heyderi*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Opuntia engelmannii*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Opuntia macrocentra*	-	No	No
Cactáceo	Cactaceae	*Opuntia robusta*	-	No	Endémica

b) Área del proyecto

Tabla IV. 105. Especies de flora presentes en el área del proyecto.

Estrato	Familia	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie prioritaria	Endemismo
Arbustivo	Verbenaceae	*Aloysia gratissima*	-	No	No
Arbustivo	Asteraceae	*Baccharis pteronioides*	-	No	No

Estrato	Familia	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Especie prioritaria	Endemismo
Arbustivo	Rhamnaceae	*Condaliopsis obtusifolia*	-	No	No
Arbustivo	Asteraceae	*Gutierrezia microcephala*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Prosopis glandulosa*	-	No	No
Arbustivo	Fabaceae	*Senegalia greggii*	-	No	No
Herbácea	Amaranthaceae	*Amaranthus palmeri*	-	No	No
Herbácea	Asteraceae	*Ambrosia confertiflora*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Aristida adscensionis*	-	No	No
Herbácea	Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	-	No	No
Herbácea	Apocynaceae	*Asclepias brachystephana*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Bouteloua gracilis*	-	No	No
Herbácea	Asteraceae	*Brickellia leptophylla*	-	No	No
Herbácea	Scrophulariaceae	*Buddleja scorioides*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	-	No	Introducida
Herbácea	Fabaceae	*Chamaecrista nictitans*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Chloris virgata*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Digitaria californica*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Eragrostis echinochloidea*	-	No	No
Herbácea	Poaceae	*Eragrostis lehmanniana*	-	No	Introducida
Herbácea	Poaceae	*Hopia obtusa*	-	No	No
Herbácea	Asteraceae	*Senecio flaccidus*	-	No	No
Herbácea	Solanaceae	*Solanum elaeagnifolium*	-	No	No
Herbácea	Zygophyllaceae	*Tribulus terrestris*	-	No	Introducida

Determinación del valor de importancia de las especies

Para determinar el valor de importancia de las especies se estimará la densidad relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa.

Dominancia

Dominancia, es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie. MOPT (1985) la define como las especies con mayor biomasa total o gran competencia, la medida de dominancia indica el espacio de terreno ocupado actualmente por una especie y dominancia relativa, es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies.

Reportada por Edwards *et. al.* (1993) como:

$$Dr = \frac{ABi}{ABT} * 100$$

Donde:
Abi = Área basal de la especie i.

ABT = Área basal de todas las especies.

Densidad

Franco *et al.* (1996) define densidad como el número de individuos de una especie por unidad de área o volumen y densidad relativa, es la densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.

La densidad relativa reportada por Edwards *et. al.* (1993) se describe como:

$$Dr = \frac{NAi}{NAT} * 100$$

Donde:
Nai = Número de árboles de la especie i.
NAT = Número de árboles de las especies presentes.

Frecuencia

La frecuencia según Franco *et al*. (1989) es el número de muestras en la que se encuentra una especie y frecuencia relativa, es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies.

$$Fr = \frac{Fri}{Ft} * 100$$

Donde:
Fri = Número de sitios de muestreo en que aparece una especie.
Ft = Número total de sitios de muestreo.

Índices de riqueza de especies (Shannon)

Un índice de diversidad es una medida matemática de la diversidad de especies en una comunidad. Los índices de diversidad proporcionan más información sobre la composición de la comunidad que simplemente la riqueza de especies (por ejemplo, el número de especies presentes), sino que también de las abundancias relativas de los diferentes especies.
Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas. Mide el grado, promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colecta.

El índice de diversidad de Shannon (H) se utiliza comúnmente para caracterizar la diversidad de especies en una comunidad, en donde se emplea la siguiente fórmula:

$$H = -\sum_{i=1}^{S} Pi \log_2 Pi$$

H = Índice de diversidad de Shannon
Pi = Abundancia relativa de especies

Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) e Índice de Shannon

En el siguiente apartado se presentan los cálculos de biodiversidad correspondientes a los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los cálculos de biodiversidad fueron elaborados por hectárea tipo, con la finalidad de realizar una correcta comparación entre el área del proyecto y el sistema ambiental, comparando abundancias y riquezas en una misma superficie.

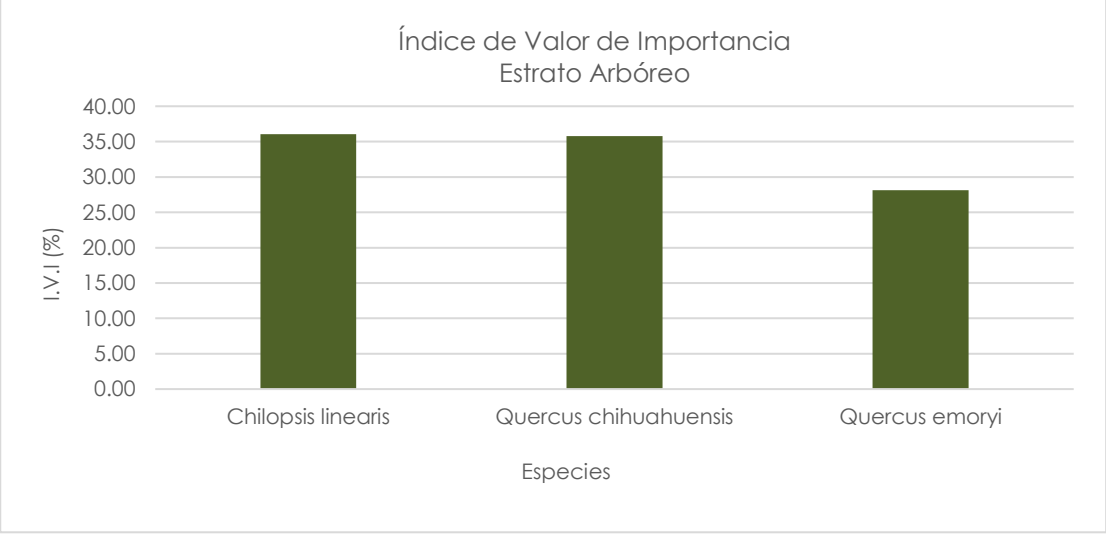
a) Sistema Ambiental

Estrato Arbóreo

Tabla IV.106. ÍVI e Índice de Shannon del estrato arbórea en el SA.

Especie	No. Individuos/ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Chilopsis linearis	9	50.00	33.33	24.88	36.07	0.35
Quercus chihuahuensis	6	30.95	33.33	43.06	35.78	0.36
Quercus emoryi	3	19.05	33.33	32.06	28.15	0.32
Total	**18**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.03**
H máx.=						**1.10**
índice de Pielou J=H/Hmax						**0.93**

Gráfica IV.11. Índice de valor de Importancia para el estrato arbóreo en el SA.



De acuerdo a los recorridos en campo y al muestreo realizado, dentro del sistema ambiental solo se encontraron 3 especies pertenecientes al estrato arbóreo, las cuales son el mimbre (*Chilopsis linearis*), el encino chaparro (*Quercus chihuahuensis*) y el encino prieto (*Quercus emoryi*).

De acuerdo con los índices de riqueza calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el índice de Shannon (H´) se obtuvo 103, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad media, con una riqueza especifica de 3 especies. La máxima diversidad que el estrato arbóreo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 1.10, se considera un ecosistema que tiende a distribuirse de manera homogénea, donde la dominancia de una especie no es un problema para la distribución y desarrollo de las demás especies que se encuentran en el área. Esto se sustenta con los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/ Ln de número de especies. Este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies, pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes. Para este caso en particular el resultado para este índice fue de 0.93 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera homogénea, con una diversidad de especies media.

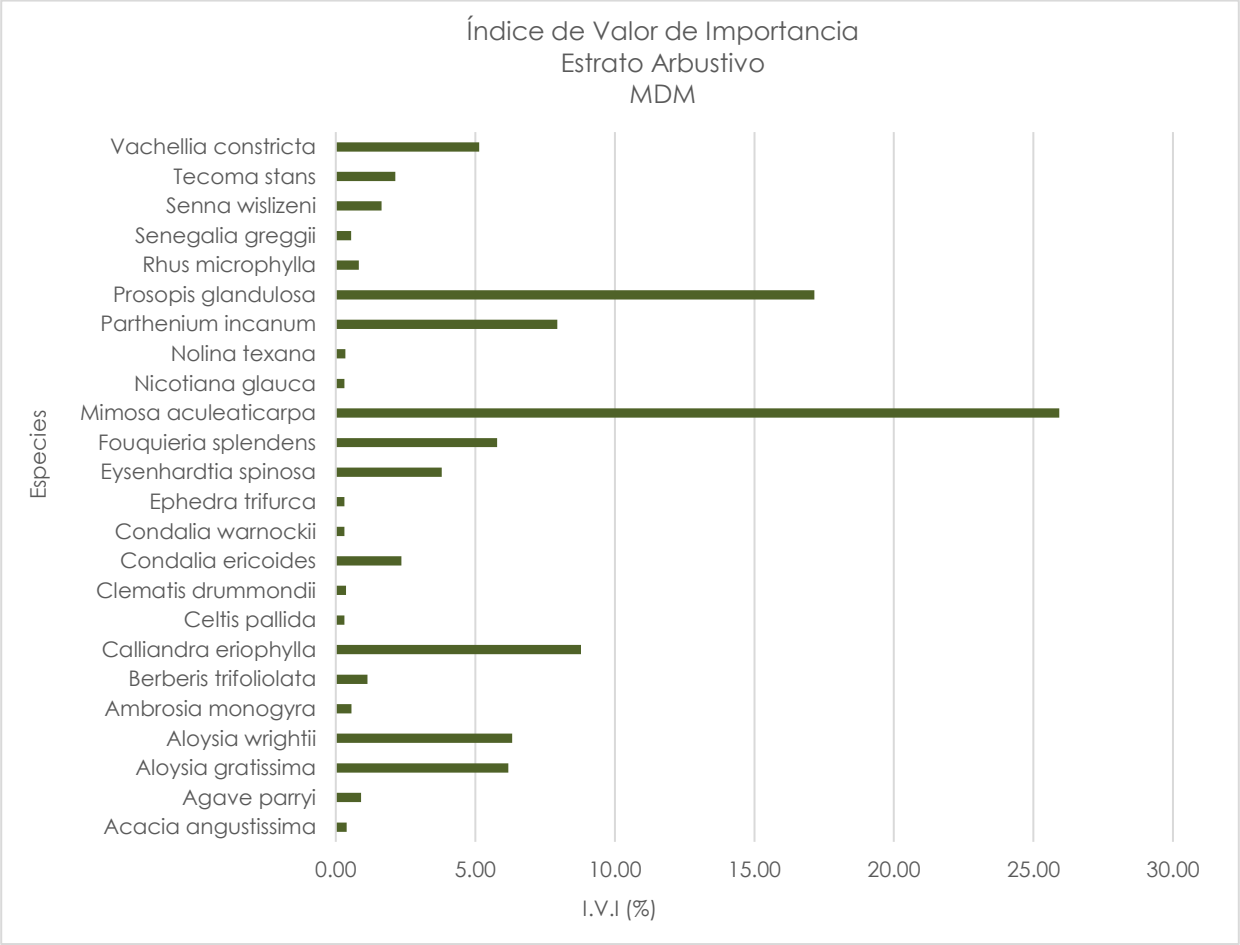
Estrato Arbustivo

Tabla IV.107. ÍVI e Índice de Shannon del estrato arbustivo en el SA.

Especie	No. Individuos/ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Acacia angustissima	3	0.2591	0.9009	0.0000	0.39	0.02
Agave parryi	8	0.6662	1.8018	0.2597	0.91	0.03
Aloysia gratissima	36	3.0348	6.3063	9.1989	6.18	0.11
Aloysia wrightii	61	5.2184	5.4054	8.3237	6.32	0.15
Ambrosia monogyra	9	0.7772	0.9009	0.0000	0.56	0.04
Berberis trifoliolata	1	0.1110	2.7027	0.5915	1.14	0.01
Calliandra eriophylla	236	20.0592	6.3063	0.0000	8.79	0.32
Celtis pallida	0	0.0370	0.9009	0.0000	0.31	0.00
Clematis drummondii	0	0.0370	0.9009	0.1491	0.36	0.00
Condalia ericoides	8	0.6662	6.3063	0.0625	2.34	0.03
Condalia warnockii	0	0.0370	0.9009	0.0000	0.31	0.00
Ephedra trifurca	0	0.0370	0.9009	0.0000	0.31	0.00
Eysenhardtia spinosa	49	4.1451	7.2072	0.0433	3.80	0.13
Fouquieria splendens	12	1.0363	0.9009	15.4164	5.78	0.05
Mimosa aculeaticarpa	404	34.3819	17.1171	26.2647	25.92	0.37
Nicotiana glauca	0	0.0370	0.9009	0.0000	0.31	0.00
Nolina texana	1	0.0740	0.9009	0.0481	0.34	0.01
Parthenium incanum	131	11.1399	11.7117	0.9569	7.94	0.24
Prosopis glandulosa	129	10.9548	13.5135	26.9860	17.15	0.24
Rhus microphylla	0	0.0370	0.9009	1.5291	0.82	0.00
Senegalia greggii	1	0.1110	0.9009	0.6444	0.55	0.01
Senna wislizeni	9	0.7402	2.7027	1.4666	1.64	0.04
Tecoma stans	34	2.9238	2.7027	0.7790	2.14	0.10
Vachellia constricta	33	2.8127	5.4054	7.2129	5.14	0.10
Vachellia schaffneri	8	0.6662	0.9009	0.0673	0.54	0.03
Total	**1,175**	**100**	**100**	**100**	**100**	**2.05**

H máx.=						**3.22**
índice de Pielou J=H/Hmax						**0.6359**

Gráfica IV.12. ÍVI e Índice de Shannon para el estrato arbustivo en el SA.



Conforme a los datos presentados en la tabla y gráfica anterior, y de acuerdo al muestreo realizado en campo, las especies con mayor dominancia y valor de importancia del estrato arbustivo son el gatuño (*Mimosa aculeaticarpa*) y el mezquite (*Prosopis glandulosa*) esto debido a la gran presencia que tienen a lo largo del área de estudio, pues se encontraron en un gran número de sitios, presentando una alta representatividad en los mismos.

De acuerdo con los índices de riqueza calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el índice de Shannon (H´) se obtuvo 2.05, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad media, con una riqueza especifica de 25 especies. La máxima diversidad que el estrato arbustivo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 3.22, se considera un ecosistema que tiende a distribuirse de manera homogénea, donde a pesar de que existe la presencia de especies dominantes, el desarrollo de individuos de otras especies puede llevarse a cabo de una manera óptima.

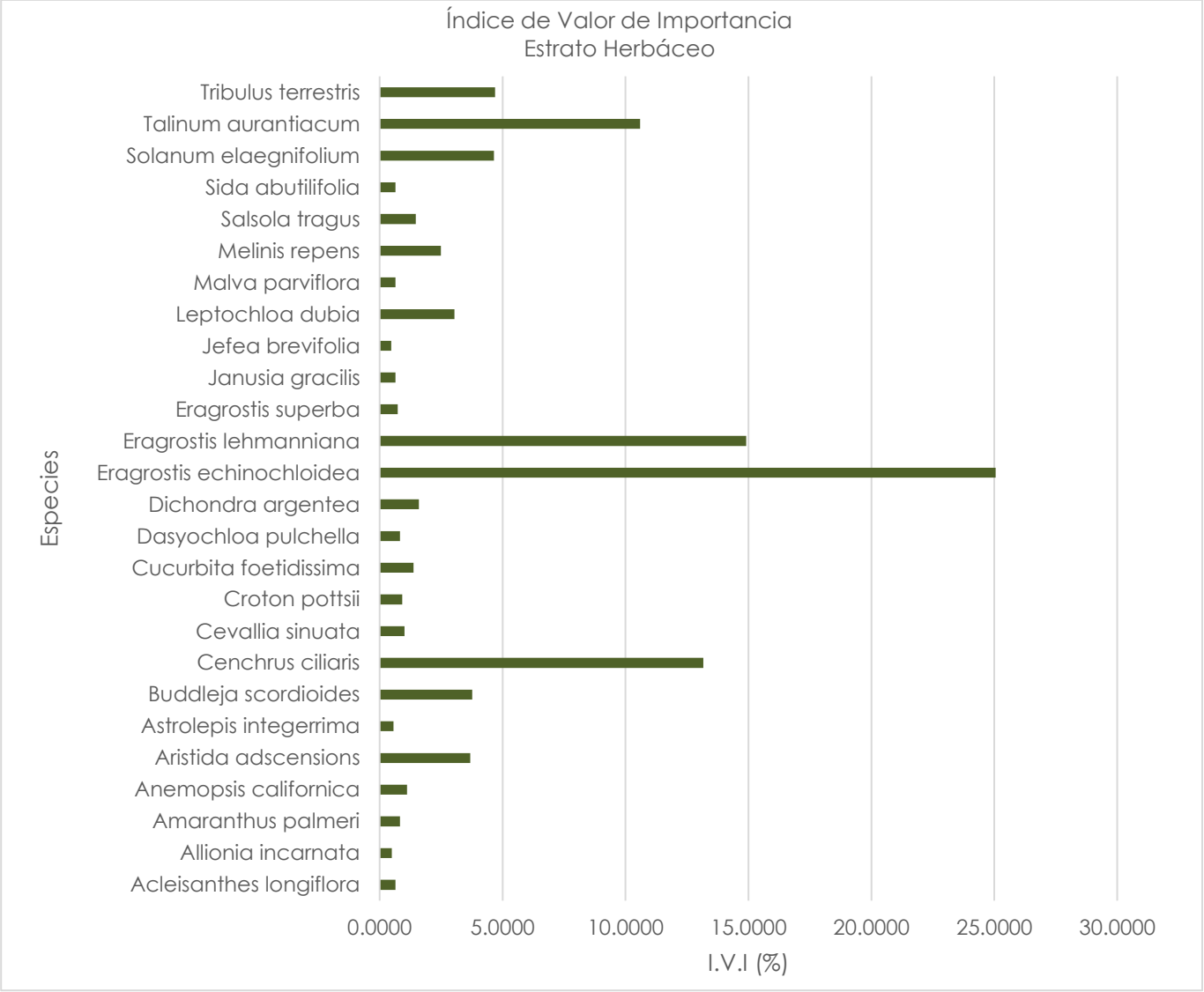
En este caso el estrato se encuentra dominado principalmente por *Mimosa aculeaticarpa*, debido a que se logró observar en un gran número de sitios, esto se sustenta con los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/ Ln de número de especies, este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes. Para este caso en particular el resultado para este índice fue de 0.635 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera medianamente homogénea aunque algunas especies dominan ligeramente.

Estrato Herbáceo

Tabla IV.108. ÍVI e Índice de Shannon del estrato herbáceo en el SA.

Especie	No. Individuos/ ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Acleisanthes longiflora	1,449	0.2767	1.3699	0.2767	0.6411	0.0163
Allionia incarnata	290	0.0553	1.3699	0.0553	0.4935	0.0042
Amaranthus palmeri	2,899	0.5534	1.3699	0.5534	0.8256	0.0288
Anemopsis californica	1,594	0.3044	2.7397	0.3044	1.1162	0.0176
Aristida adscensions	21,739	4.1505	2.7397	4.1505	3.6803	0.1321
Astrolepis integerrima	870	0.1660	1.3699	0.1660	0.5673	0.0106
Buddleja scordioides	11,594	2.2136	6.8493	2.2136	3.7588	0.0844
Cenchrus ciliaris	81,884	15.6336	8.2192	15.6336	13.1622	0.2901
Cevallia sinuata	4,348	0.8301	1.3699	0.8301	1.0100	0.0398
Croton pottsii	3,623	0.6918	1.3699	0.6918	0.9178	0.0344
Cucurbita foetidissima	7,246	1.3835	1.3699	1.3835	1.3790	0.0592
Dasyochloa pulchella	2,899	0.5534	1.3699	0.5534	0.8256	0.0288
Dichondra argentea	1,739	0.3320	4.1096	0.3320	1.5912	0.0190
Eragrostis echinochloidea	171,739	32.7892	9.5890	32.7892	25.0558	0.3656
Eragrostis lehmanniana	95,652	18.2623	8.2192	18.2623	14.9146	0.3105
Eragrostis superba	2,174	0.4151	1.3699	0.4151	0.7333	0.0228
Janusia gracilis	1,449	0.2767	1.3699	0.2767	0.6411	0.0163
Jefea brevifolia	145	0.0277	1.3699	0.0277	0.4751	0.0023
Leptochloa dubia	20,290	3.8738	1.3699	3.8738	3.0392	0.1259
Malva parviflora	1,449	0.2767	1.3699	0.2767	0.6411	0.0163
Melinis repens	15,942	3.0437	1.3699	3.0437	2.4858	0.1063
Salsola tragus	4,348	0.8301	2.7397	0.8301	1.4666	0.0398
Sida abutilifolia	1,449	0.2767	1.3699	0.2767	0.6411	0.0163
Solanum elaegnifolium	7,826	1.4942	10.9589	1.4942	4.6491	0.0628
Talinum aurantiacum	33,043	6.3088	19.1781	6.3088	10.5986	0.1743
Tribulus terrestris	26,087	4.9806	4.1096	4.9806	4.6903	0.1494
Total	**523,768**	**100**	**100**	**100**	**100**	**2.1737**
H máx.=						**3.26**
índice de Pielou J=H/Hmax						**0.67**

Gráfica IV.13. ÍVI e Índice de Shannon para el estrato herbáceo en el SA.



De acuerdo a los resultados obtenidos para el estrato herbáceo, la especie con mayor valor de importancia de este estrato es *Eragrostis echinochloidea*. Es importante recalcar que esta especie se encuentra en estatus de introducida, ya que es una especie nativa del continente africano, por lo que tiene gran potencial para desplazar a las especies nativas de la zona. El resto de las especies encontradas en el área suelen distribuirse de manera equitativa.

De acuerdo con los índices de riqueza calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el índice de Shannon (H´) se obtuvo 2.17, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad media, la máxima abundancia que el estrato herbáceo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 3.26, se considera un ecosistema medianamente heterogéneo, pero con tendencia alta a ser homogéneo,

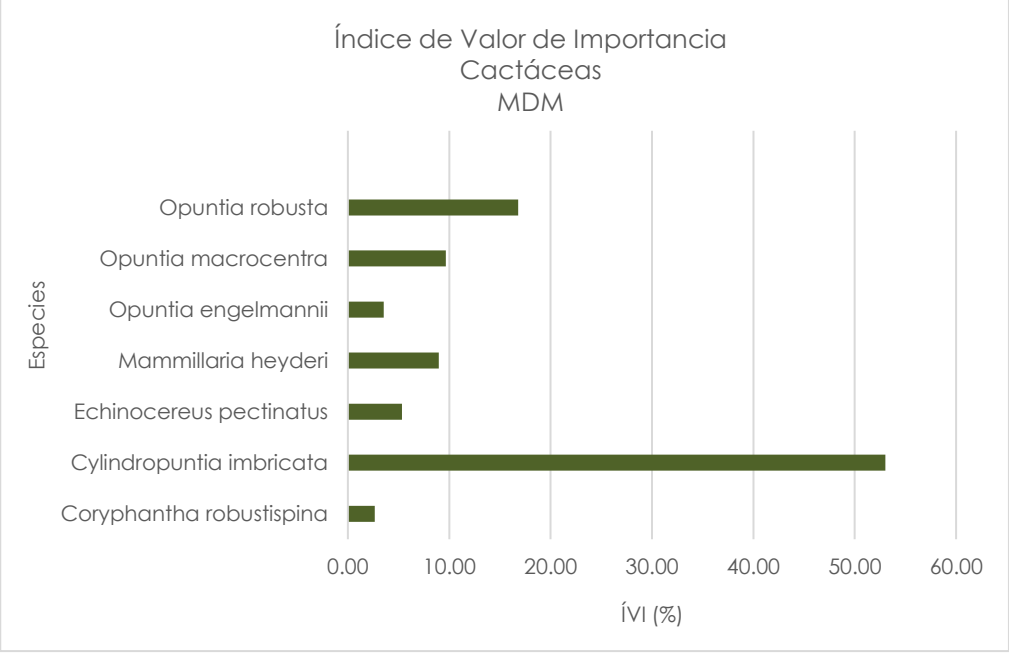
debido a la frecuencia y dominancia de *Eragrostis echinochloidea*. Para los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/Ln de número de especies, este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes, se obtuvo un resultado de 0.67 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera medianamente heterogénea.

Cactáceas

Tabla IV.109. ÍVI e Índice de Shannon de las cactáceas en el SA.

Especie	No. Individuos/ ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Coryphantha robustispina	0.43478	2.9412	4.3478	0.67	2.65	0.10
Cylindropuntia imbricata	7.82609	52.9412	39.1304	67.04	53.04	0.34
Echinocereus pectinatus	0.86957	5.8824	8.6957	1.43	5.33	0.17
Mammillaria heyderi	1.73913	11.7647	13.0435	2.14	8.98	0.25
Opuntia engelmannii	0.43478	2.9412	4.3478	3.34	3.54	0.10
Opuntia macrocentra	1.30435	8.8235	13.0435	7.13	9.66	0.21
Opuntia robusta	2.17391	14.7059	17.3913	18.26	16.79	0.28
Total	**12**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.46**
H máx.=						**1.95**
índice de Pielou J=H/Hmax						**0.75**

Gráfica IV.14. ÍVI e Índice de Shannon para las cactáceas en el SA.



Para el estrato cactáceo se encontraron 7 especies diversas, siendo el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) la especie con mayor dominancia y valor de importancia del estrato cactáceo, esto debido a la gran presencia que tienen a lo largo del área de estudio, pues se encontraron en un gran número de sitios, presentando una alta representatividad en los mismos.

De acuerdo con los índices de riqueza calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:
Para el índice de Shannon (H´) se obtuvo 1.46, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad baja. La máxima diversidad que el estrato cactáceo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 1.95, se considera un ecosistema que tiende a distribuirse de manera homogénea, donde a pesar de que existe la presencia de especies dominantes, el desarrollo de individuos de otras especies puede llevarse a cabo de una manera óptima.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/ Ln de número de especies, este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes. Para este caso en particular el resultado para este índice fue de 0.75 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera homogénea aunque algunas presentan mayor abundancia que otras.

Análisis estadístico SA

Para el análisis estadístico se consideraron los sitios de muestreo del Sistema ambiental, ubicados en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo, vegetación que pretende ser afectada por la ejecución del proyecto.

Para estimar el número de especies esperadas a partir del muestreo, se utilizaron las curvas de acumulación de especies, utilizando el modelo de "*Clench*" que indica: La probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará hasta un máximo entre más tiempo se estudien en campo. Este modelo nos permitirá dar fiabilidad al muestreo y conocer si el esfuerzo aplicado en campo fue suficiente para obtener un número aceptable de especies.

El modelo de Clench empleado para el análisis de la confiabilidad del muestreo utiliza un programa de tratamiento estadístico de datos (STATISTICA), empleando los siguientes pasos:

Se debe construir una matriz de datos, en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo. Esta matriz puede contener datos de abundancia o, simplemente, presencias y ausencias, ya que la curva de acumulación únicamente representa la adición de especies, independientemente del número de individuos que aporten.

El archivo previamente creado es cargado en el programa EstimateS y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (mínimo de 100).

De la tabla de resultados nos interesan las dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas.

Estos resultados se exportan al programa de tratamiento estadístico de datos y se accede al módulo de Estimación No Lineal, accedemos al sub-módulo que permite introducir un modelo matemático concreto, se escribe la función deseada según la notación especifica del programa empleado. En este caso ajustando al modelo de Clench, empleando la siguiente fórmula:

v2=(a*v1) / (1+(b*v1))

Esta fórmula, utilizada como una exponencial negativa se utiliza cuando el número de sitios es menor de 30, considerándolos como muestras pequeñas. Con lo que el programa genera número de muestra, el coeficiente de determinación para esta muestra (R^2), la varianza, los valores de a y b.

Un R^2 cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo a los datos. La gráfica de la función ajustada a los datos permite hacer una evaluación visual del proceso de inventariado y de su calidad. Los parámetros a y b nos permitirán calcular la pendiente al final de la curva para poder evaluar así, de una manera más precisa y objetiva, la calidad del inventario. También podremos calcular el esfuerzo necesario para registrar una determinada proporción de la flora del lugar y, además, extrapolar el número total teórico de especies (a/b).

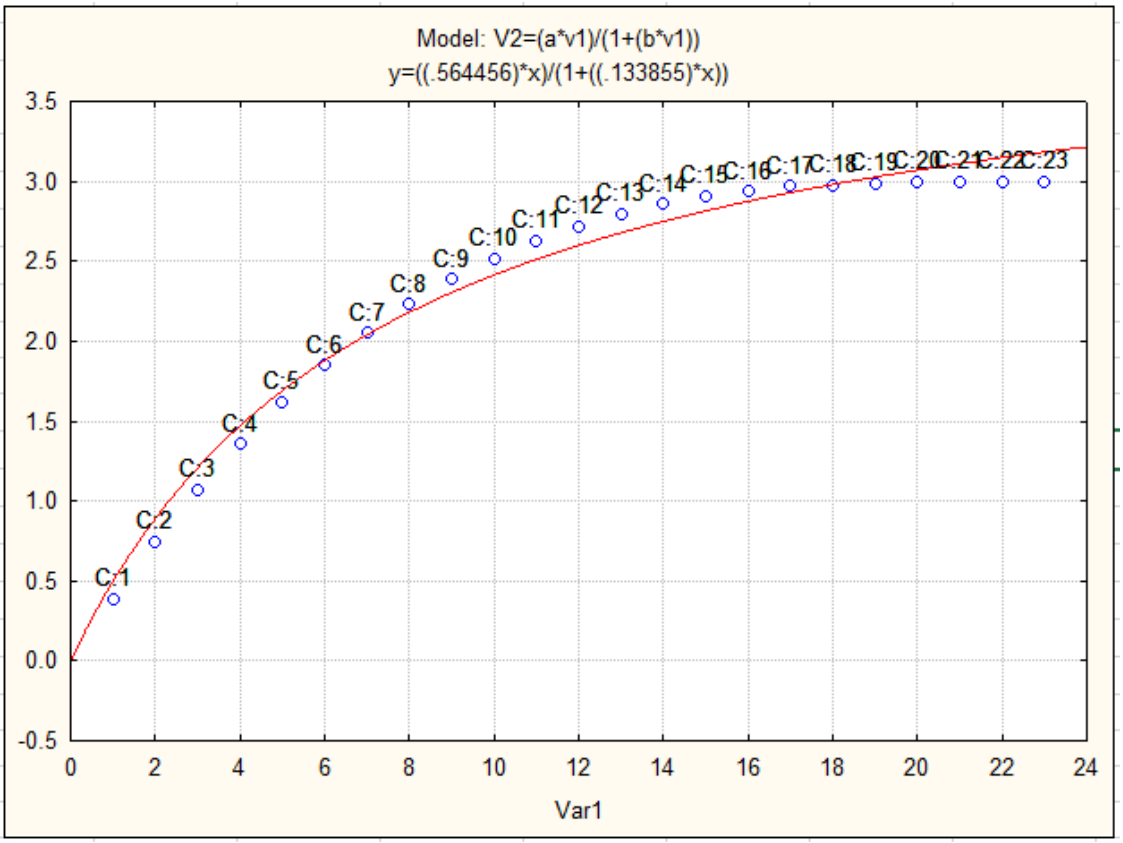
Con los datos obtenidos en el programa (a/b) se crea una matriz de datos, en donde son generados los modelos no paramétricos.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Estrato Arbóreo

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9916** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV.15. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 0.5645
b = 0.1339
n = Número de sitos (23)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	0.5645	PFC= 0.5645/ (1+0.1339*23)^2
b	0.1339	**0.034**

Está pendiente, de **0.034** nos indica que hemos logrado un inventario completo y confiable. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal, 2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 0.5645
b = 0.1339

Variables		Sobs / (a/b)
a	0.5645	(3/ (0.5645/0.1339))
b	0.1339	**71%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 71% de las especies presentes en la CH, por lo que se puede afirmar que hemos realizado un muestreo confiable. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

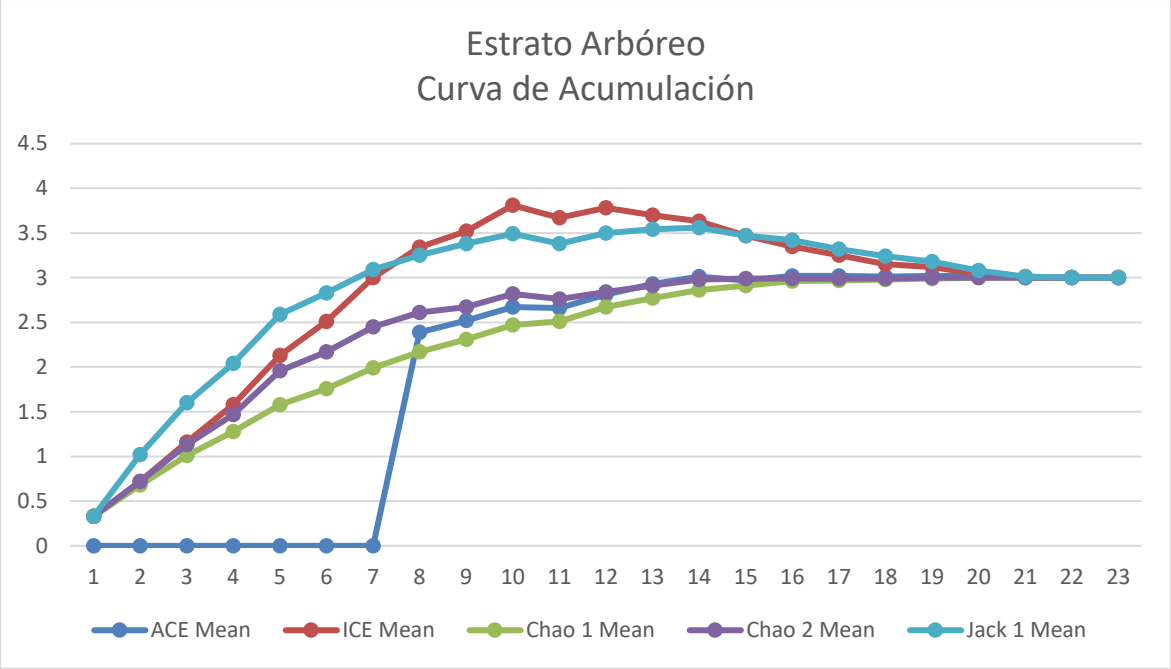
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 110. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	100	3
ICE Mean	100	3
Chao 1 Mean	100	3
Chao 2 Mean	100	3
Jack 1 Mean	100	3

Como se puede observar los valores del conjunto de estimadores, se obtuvo un resultado igual a los observados en el muestreo. Según los modelos no paramétricos utilizados nos indican un número de 3 especies esperadas, por lo que podemos afirmar que se ha obtenido un muestreo adecuado al encontrar 3 especies en el área.

Gráfica IV. 16. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

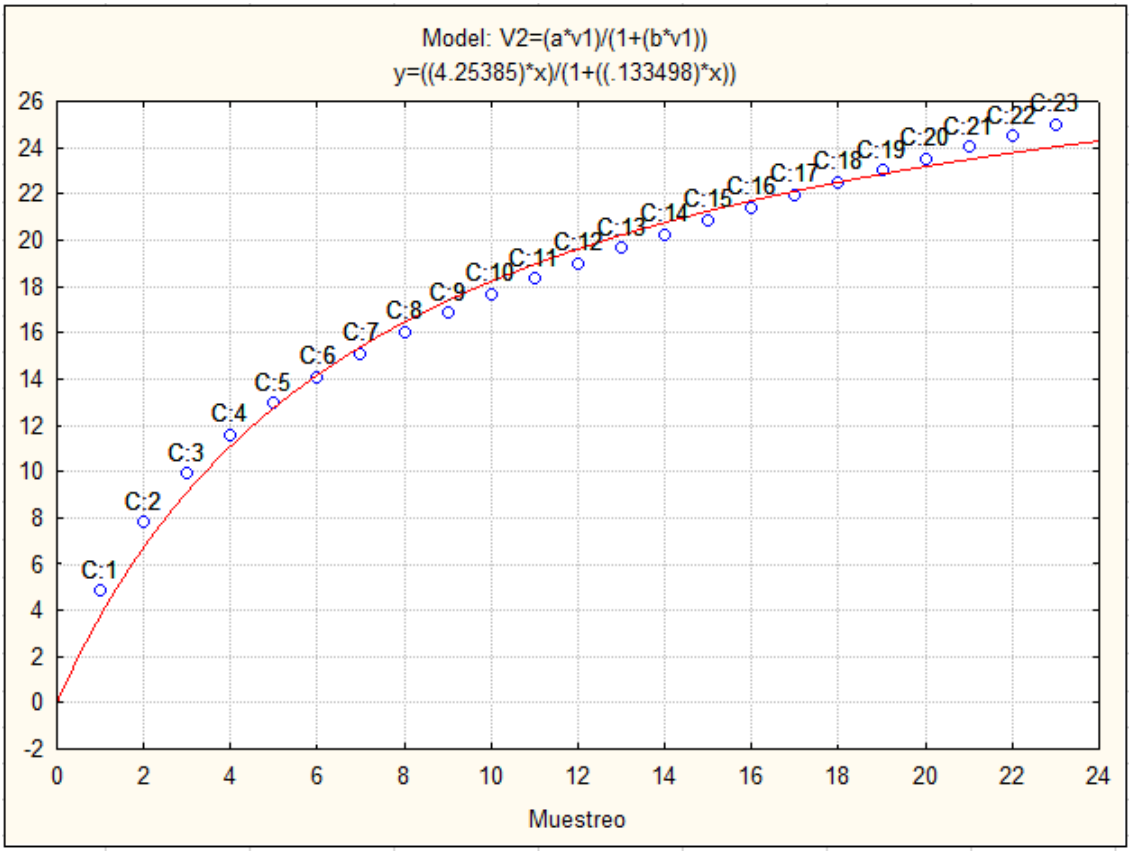


El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico indicando que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo no se incrementará el número de especies, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

Estrato Arbustivo

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9943** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV.17. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

PFC = a/(1+b·n)2

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 4.25385
b = 0.133498
n = Número de sitos (23)

	Variables	PFC = a/(1+b·n)2
a	4.25385	PFC= 4.25385/ (1+0.133498*23)^2
b	0.133498	**0.257**

Está pendiente, de **0.257** nos indica que hemos logrado un inventario aceptable ya que aún podrían registrarse especies adicionales mediante un incremento en el esfuerzo de muestreo. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal,

2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad. El valor obtenido indica un muestreo moderadamente representativo, en el que ya se registró la mayor parte de las especies comunes, aunque aún podrían detectarse especies raras o de baja frecuencia con un esfuerzo adicional.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 4.25385
b = 0.133498

Variables		Sobs / (a/b)
a	4.25385	(25/ (4.25385/0.133498))
b	0.133498	**78%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 78% de las especies presentes en la SA, por lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue eficiente y representativo, logrando documentar la mayoría de las especies presentes en el área. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

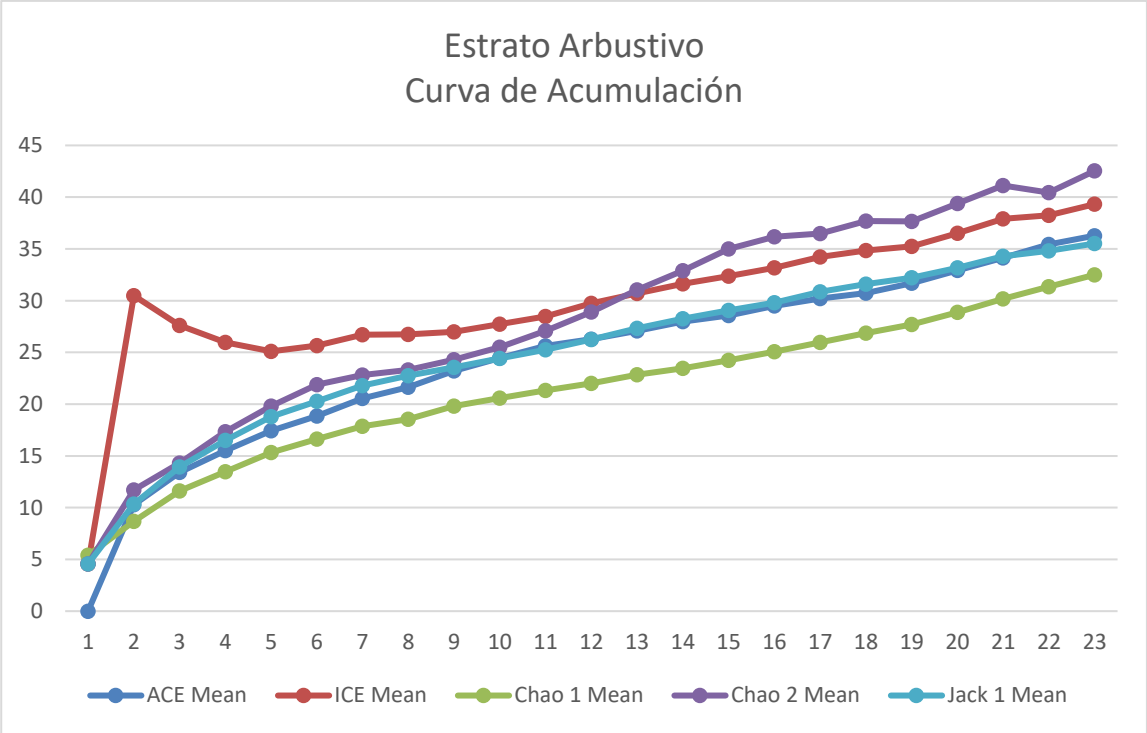
Tabla IV. 111. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	69	36
ICE Mean	64	39
Chao 1 Mean	77	32
Chao 2 Mean	59	42
Jack 1 Mean	70	35

De acuerdo con los modelos no paramétricos de estimación de riqueza, los valores obtenidos indican que el muestreo realizado presenta una representatividad moderada a alta, principalmente para las especies más comunes o abundantes. No obstante, los valores bajos de los estimadores basados en incidencia (ICE y Chao 2) sugieren la posible presencia de especies

raras o de distribución restringida que no fueron detectadas en el presente levantamiento. En conjunto, los resultados reflejan un inventario adecuado y representativo, aunque no completamente exhaustivo, por lo que se recomienda ampliar el esfuerzo de muestreo o considerar otros periodos estacionales para alcanzar una cobertura más completa de la comunidad biológica.

Gráfica IV. 18. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

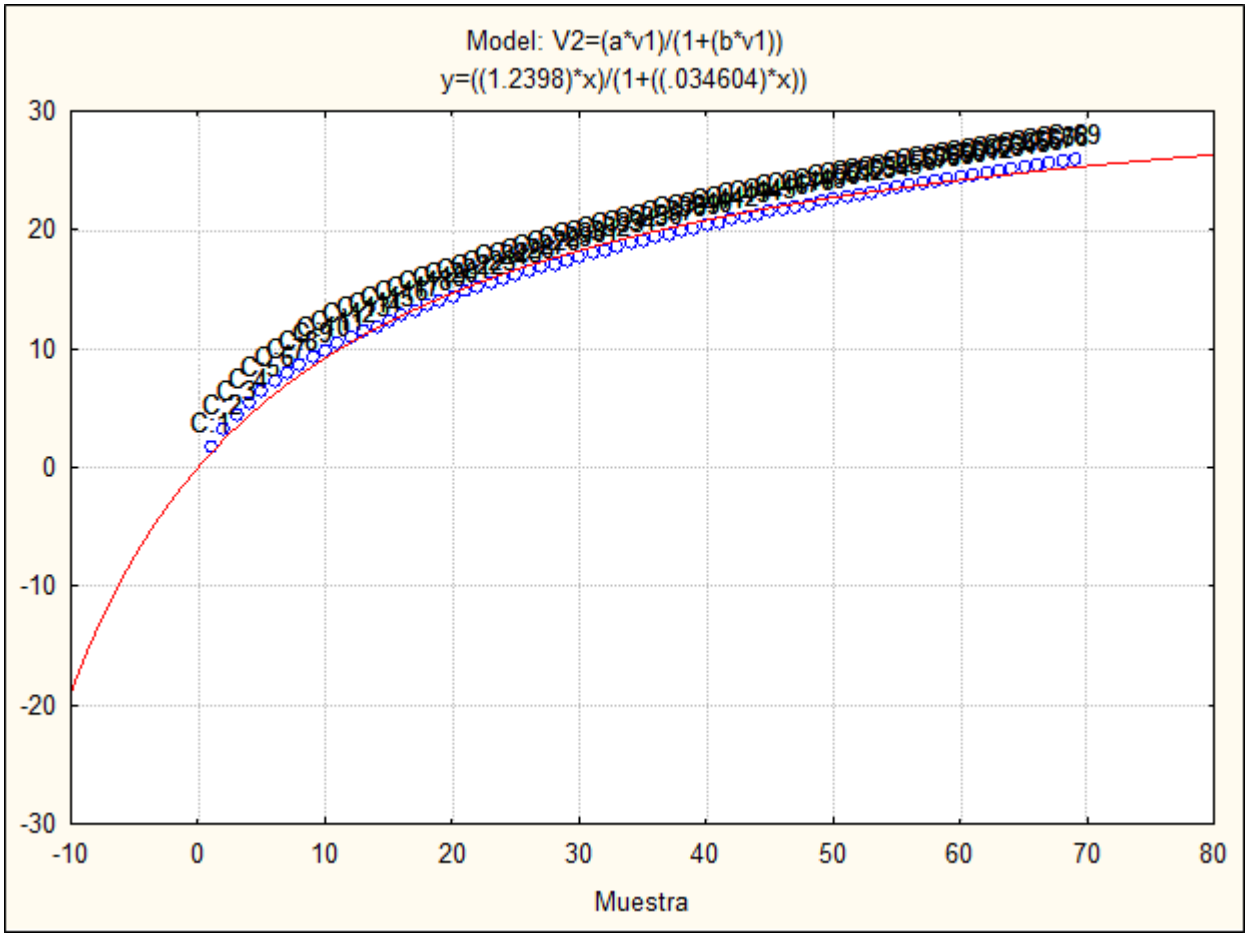


El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico en la mayoría de los estimadores indicando que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo no se incrementará el número de especies, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

Estrato Herbáceo

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9966** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV. 19. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 1.2398
b = 0.0346
n = Número de sitos (69)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	1.2398	PFC= 1.2398/ (1+0.0346*69)^2
b	0.0346	**0.108**

Está pendiente, de **0.108** nos indica que hemos logrado un inventario bastante completo y altamente fiable. indica que el muestreo del estrato herbáceo aún se encuentra en fase de

crecimiento, este resultado se considera adecuado y representativo dentro de las condiciones temporales del estudio. Por lo tanto, los resultados obtenidos son suficientes para caracterizar la estructura y diversidad del estrato herbáceo, permitiendo una interpretación ecológica confiable del área de estudio, aun cuando se reconoce que podrían existir especies adicionales de baja frecuencia no detectadas durante el muestreo.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 0.6144
b = 0.0379

Variables		Sobs / (a/b)
a	0.6144	(26/ (0.6144/0.0379))
b	0.0379	**73%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 73% de las especies presentes en el SA lo que representa un nivel aceptable de completitud considerando las condiciones ambientales del levantamiento. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables. Este porcentaje sugiere que, si bien podrían existir especies adicionales no detectadas —particularmente aquellas de baja frecuencia o con fenología estacional distinta—, la mayoría de las especies características del área fueron registradas.

Comparación con modelos no paramétricos

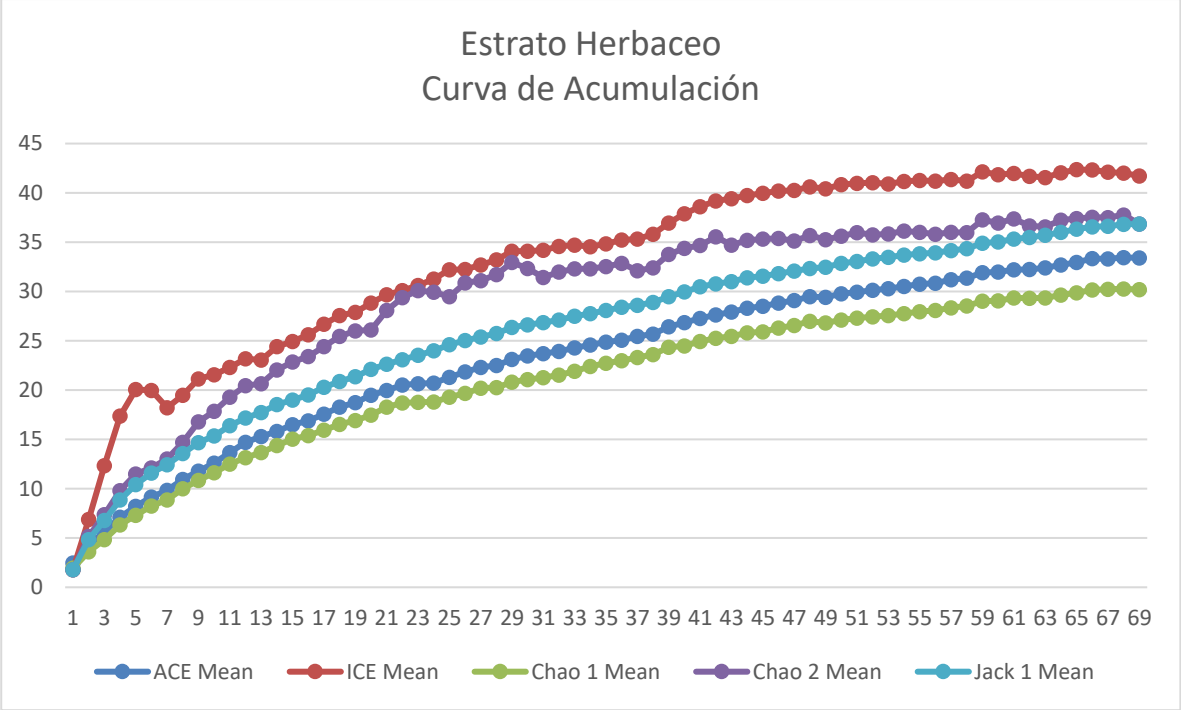
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 112. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	78	33
ICE Mean	62	41
Chao 1 Mean	86	30
Chao 2 Mean	71	36
Jack 1 Mean	71	36

Como se puede observar los valores del conjunto de estimadores se comportan de una forma muy similar y presentan valores cercanos a los observados, los cuales se encuentran ente 30 y 41 especies esperadas. Los estimadores no paramétricos muestran valores que oscilan entre 62 % y 86 %, lo que indica un nivel medio a alto de representatividad del muestreo. En particular, los índices Chao 1 (86 %) y ACE (78 %) sugieren que la mayoría de las especies presentes en el sitio fueron registradas durante el levantamiento, mientras que los valores ICE (62 %) y Jack 1 (71 %) reflejan la posible presencia de algunas especies de baja frecuencia o distribución restringida que no fueron detectadas.

Gráfica IV. 20. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.



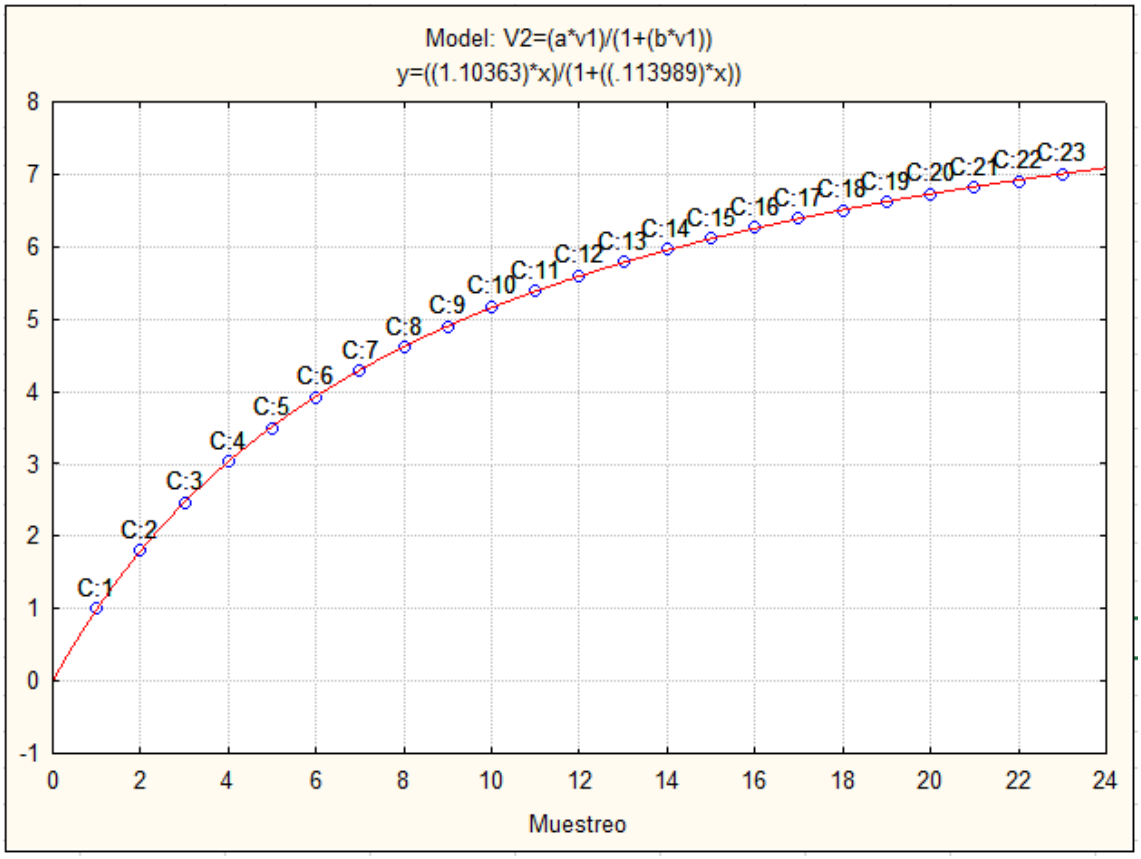
El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento casi asintótico indicando que, si se aumente el número de unidades de muestreo se encontraran solo algunas pocas nuevas especies dentro de CH, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

Cactáceas

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una

estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de 0.9999 lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV. 21. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:

PFC = Pendiente final de la curva
a = 1.10363
b = 0.113989
n = Número de sitos (23)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	1.10363	PFC= 1.10363/ (1+0.11399*23)^2
b	0.113989	**0.084**

Está pendiente, de **0.084** nos indica que hemos logrado un inventario confiable. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal, 2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 1.10363
b = 0.113989

Variables		Sobs / (a/b)
a	1.10363	(8/ (1.10363/0.11399))
b	0.113989	**72%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 72% de las especies presentes en el CH, este porcentaje nos indica que hemos muestreado la mayoría de las especies presentes. Este alto porcentaje refleja un esfuerzo de muestreo eficiente y representativo, donde la mayoría de las especies presentes fueron detectadas durante el levantamiento de campo. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

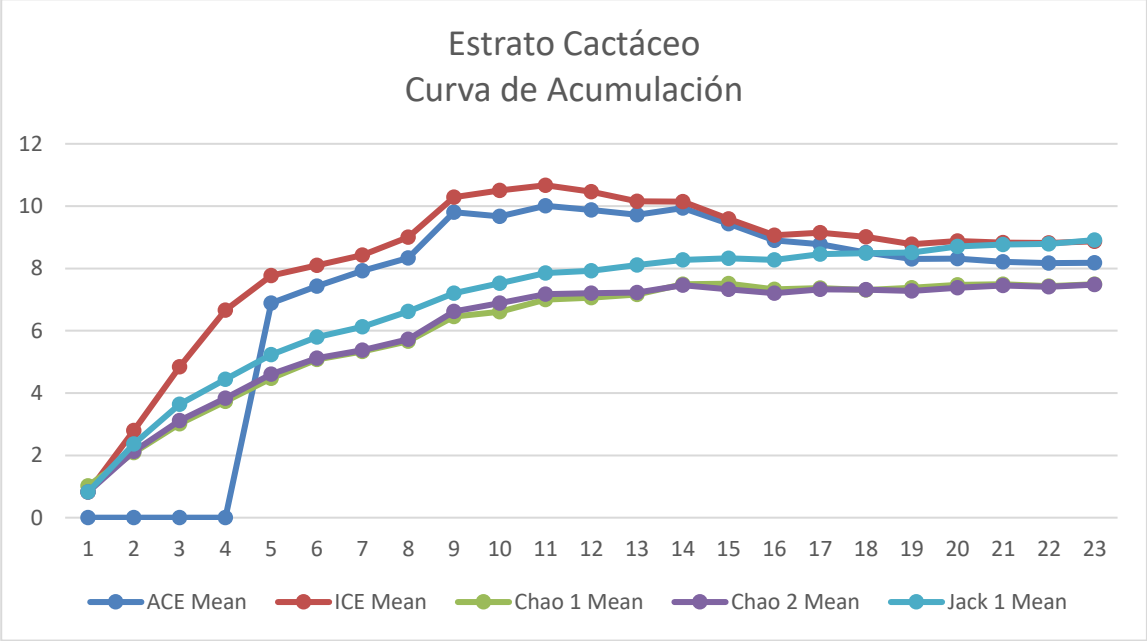
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 113. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	86	8
ICE Mean	79	8
Chao 1 Mean	93	7
Chao 2 Mean	94	7
Jack 1 Mean	79	8

Como se puede observar los valores del conjunto de estimadores se comportan de una forma muy similar y presentan valores cercanos a los observados, los cuales se encuentran ente 7 y 8 especies esperadas. Los índices Chao 1 y Chao 2, con valores superiores al 90 %, evidencian que el esfuerzo de muestreo fue suficiente y eficiente, ya que la riqueza observada se aproxima casi por completo a la riqueza estimada. Los valores ligeramente menores de ACE, ICE y Jack 1 reflejan la posible existencia de algunas especies de baja frecuencia o con distribución muy localizada, comunes en ambientes áridos donde la heterogeneidad microambiental puede influir en la presencia puntual de ciertos taxones.

Gráfica IV. 22. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.



El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico indicando que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo no se incrementará el número de especies, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

b) Área del Proyecto

Estrato Arbóreo

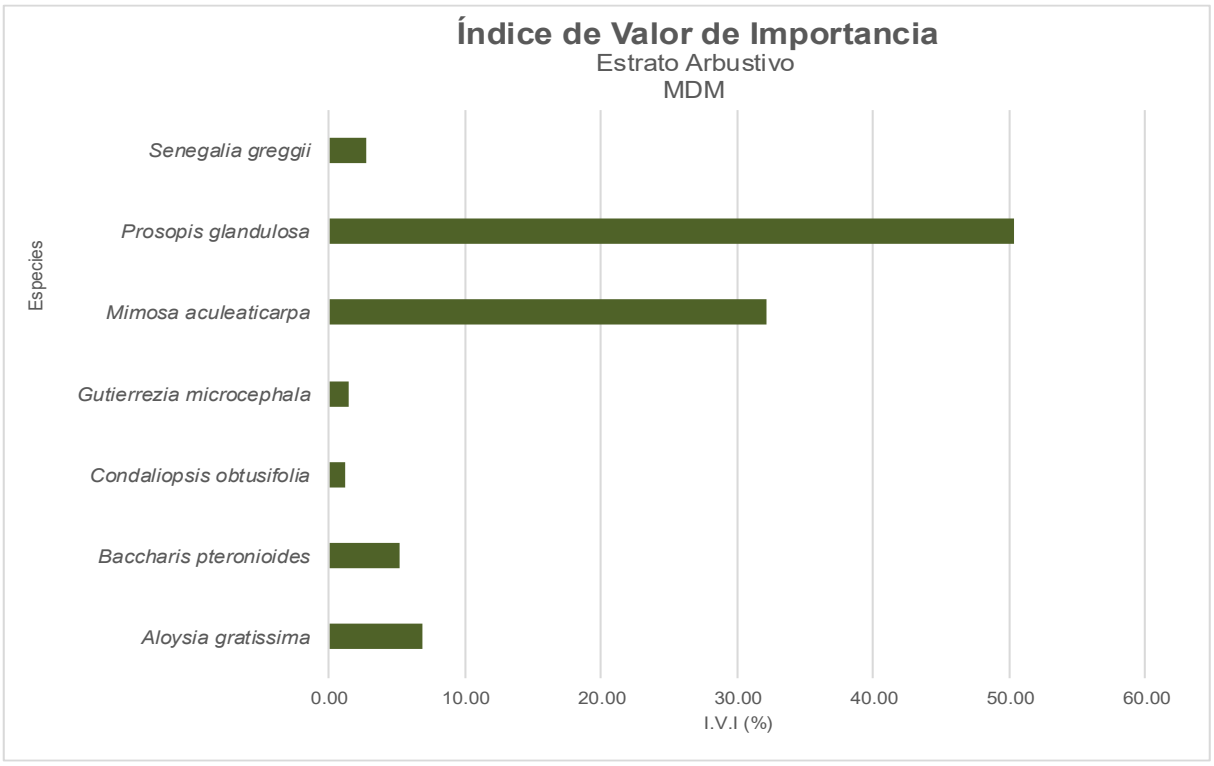
No se registraron especies para el estrato arbóreo.

Estrato Arbustivo

Tabla IV.114. ÍVI e Índice de Shannon del estrato arbustivo en el área del proyecto

Especie	No. Individuos/ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Aloysia gratissima	16	3.99	15.63	0.85	6.82	0.13
Baccharis pteronioides	12	2.99	12.50	0.13	5.21	0.11
Baccharis salicifolia	1	0.25	3.13	0.14	1.17	0.01
Clematis drummondii	5	1.25	3.13	0.00	1.46	0.05
Mimosa aculeaticarpa	139	34.66	31.25	30.72	32.21	0.37
Prosopis glandulosa	222	55.36	31.25	64.55	50.39	0.33
Senegalia greggii	6	1.50	3.13	3.61	2.74	0.06
Total	**401**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.06**
					H máx.	**1.95**
					índice de Pielou J=H/Hmax	**0.55**

Gráfica IV.23. ÍVI e Índice de Shannon para el estrato arbustivo en el área del proyecto.



El estrato arbustivo en el área del proyecto, posee una riqueza específica de 7 especie, siendo *Prosopis glandulosa* la especie con mayor valor de importancia y dominancia dentro de este estrato, esto se debe a que fue observado un gran número de sitios a lo largo del área del proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se obtuvo, para el índice de Shannon (H´) un valor de 1.06, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad media. La máxima diversidad que el estrato arbustivo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 1.95, se considera un ecosistema que tiende a distribuirse de manera heterogénea, donde existe la presencia de una especie dominante

(*Prosopis glansdulosa*) y el desarrollo de individuos de otras especies puede llevarse a cabo, aunque en menor medida.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/ Ln de número de especies, este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes. Para este caso en particular el resultado para este índice fue de 0.55 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera heterogénea.

Estrato Herbáceo

Tabla IV.115. Valor de importancia e Índice de Shannon del estrato herbáceo en el área del proyecto.

Especie	No. Individuos/ha	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Í.V.I (%)	Índice de Shannon
Amaranthus palmeri	95,000	4.55	12.50	12.95	10.00	0.14
Ambrosia confertiflora	6,667	0.19	1.56	0.91	0.89	0.01
Aristida adscensionis	10,000	0.38	1.56	1.36	1.10	0.02
Artemisia ludoviciana	18,333	3.41	6.25	2.50	4.05	0.12
Asclepias brachystephana	21,667	0.95	4.69	2.95	2.86	0.04
Bouteloua gracilis	8,333	2.08	3.13	1.14	2.11	0.08
Brickellia leptophylla	2,333	0.95	1.56	0.32	0.94	0.04
Buddleja scorioides	35,667	2.27	4.69	4.86	3.94	0.09
Cenchrus ciliaris	11,667	0.57	3.13	1.59	1.76	0.03
Chamaecrista nictitans	30,000	1.89	1.56	4.09	2.52	0.08
Chloris virgata	40,000	14.39	10.94	5.45	10.26	0.28
Digitaria califórnica	70,000	2.84	9.38	9.54	7.25	0.10
Eragrostis echinochloidea	36,667	7.20	4.69	5.00	5.63	0.19
Eragrostis lehmanniana	215,667	36.36	12.50	29.40	26.09	0.37
Hopia obtusa	30,000	7.58	1.56	4.09	4.41	0.20
Senecio flaccidus	16,667	0.19	1.56	2.27	1.34	0.01
Solanum elaeagnifolium	38,333	7.95	10.94	5.22	8.04	0.20
Tribulus terrestris	46,667	6.25	7.81	6.36	6.81	0.17
Total	**733,667**	**100**	**100**	**100**	**100**	**2**
					H máx.=	**2.89**
					Índice de Pielou J=H/Hmax	**0.85**

Gráfica IV.24. ÍVI e Índice de Shannon para el estrato herbáceo del tipo de Vegetación de BP.



De acuerdo a los resultados obtenidos para el estrato herbáceo, la especie con mayor valor de importancia de este estrato es *Eragrostis lehmanniana*. El resto de las especies encontradas en el área suelen distribuirse de manera más equitativa.

De acuerdo con los índices de riqueza calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el índice de Shannon (H´) se obtuvo 2, valor que representa a ecosistemas que cuentan con una diversidad media, la máxima abundancia que el estrato herbáceo pudiera alcanzar, considerando que sus especies se encontraran igualmente representadas es de 2.89, se considera un ecosistema homogéneo. Para los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Pielou que emplea la formula H/Ln de número de especies, este índice mide la uniformidad o equilibrio de los ecosistemas, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, los resultados de este índice oscilan entre 0 y 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones en donde todas las especies son igualmente abundantes, se obtuvo

un resultado de 0.75 lo que confirma que este ecosistema tiende a comportarse de manera homogénea.

Estrato Cactáceo

Dentro del área del PROYECTOno se encontraron especies de cactáceas.

Conclusión de abundancia y diversidad.

De acuerdo con el inventario de diversidad florística realizado durante los trabajos de campo, no se identificaron especies que se encuentren enlistada dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, las especies encontradas en el área son de importancia natural para el desarrollo del ecosistema.

Para los 2 estratos presentes en el área se considera una diversidad media de especies, esto debió a que en la mayoría de puntos de muestro se encontraron individuos representativos de cada estrato mencionado.

La diversidad del estrato arbustivo se considera moderada, con dominancia parcial de algunas especies características del sitio mientras que la diversidad del estrato herbáceo es alta, con una distribución equitativa de individuos entre especies y una comunidad ecológicamente balanceada., esto nos permite confirmar, que con el desarrollo del proyecto no se ocasionarán daños a las especies localizadas en este ecosistema.

Anexo 4. Flora

Análisis estadístico AP

Para el análisis estadístico se consideraron los sitios de muestreo del área de CUSTF, ubicados en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo, vegetación que pretende ser afectada por la ejecución del proyecto.

Para estimar el número de especies esperadas a partir del muestreo, se utilizaron las curvas de acumulación de especies, utilizando el modelo de Clench o exponencial dependiendo de las caracterices del muestreo que indica: *La probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará hasta un máximo entre más tiempo se estudien en campo.* Este modelo nos permitirá dar fiabilidad al muestreo y conocer si el esfuerzo aplicado en campo fue suficiente para obtener un número aceptable de especies.

El modelo de *Clench* o exponencial empleado para el análisis de la confiabilidad del muestreo utiliza un programa de tratamiento estadístico de datos (STATISTICA), empleando los siguientes pasos:

Se debe construir una matriz de datos, en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo. Esta matriz puede contener datos de abundancia o,

simplemente, presencias y ausencias, ya que la curva de acumulación únicamente representa la adición de especies, independientemente del número de individuos que aporten.

El archivo previamente creado es cargado en el programa EstimateS y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (mínimo de 100).

De la tabla de resultados nos interesan las dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas.

Estos resultados se exportan al programa de tratamiento estadístico de datos y se accede al módulo de Estimación No Lineal, accedemos al sub-módulo que permite introducir un modelo matemático concreto, se escribe la función deseada según la notación especifica del programa empleado. En este caso ajustando al modelo de Clench, empleando la siguiente fórmula:

v2=(a*v1) / (1+(b*v1))

Esta fórmula, utilizada como una exponencial negativa se utiliza cuando el número de sitios es menor de 30, considerándolos como muestras pequeñas. Con lo que el programa genera número de muestra, el coeficiente de determinación para esta muestra (R^2), la varianza, los valores de a y b.

Un R^2 cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo a los datos. La gráfica de la función ajustada a los datos permite hacer una evaluación visual del proceso de inventariado y de su calidad. Los parámetros a y b nos permitirán calcular la pendiente al final de la curva para poder evaluar así, de una manera más precisa y objetiva, la calidad del inventario. También podremos calcular el esfuerzo necesario para registrar una determinada proporción de la flora del lugar y, además, extrapolar el número total teórico de especies (a/b).

Con los datos obtenidos en el programa (a/b) se crea una matriz de datos, en donde son generados los modelos no paramétricos.

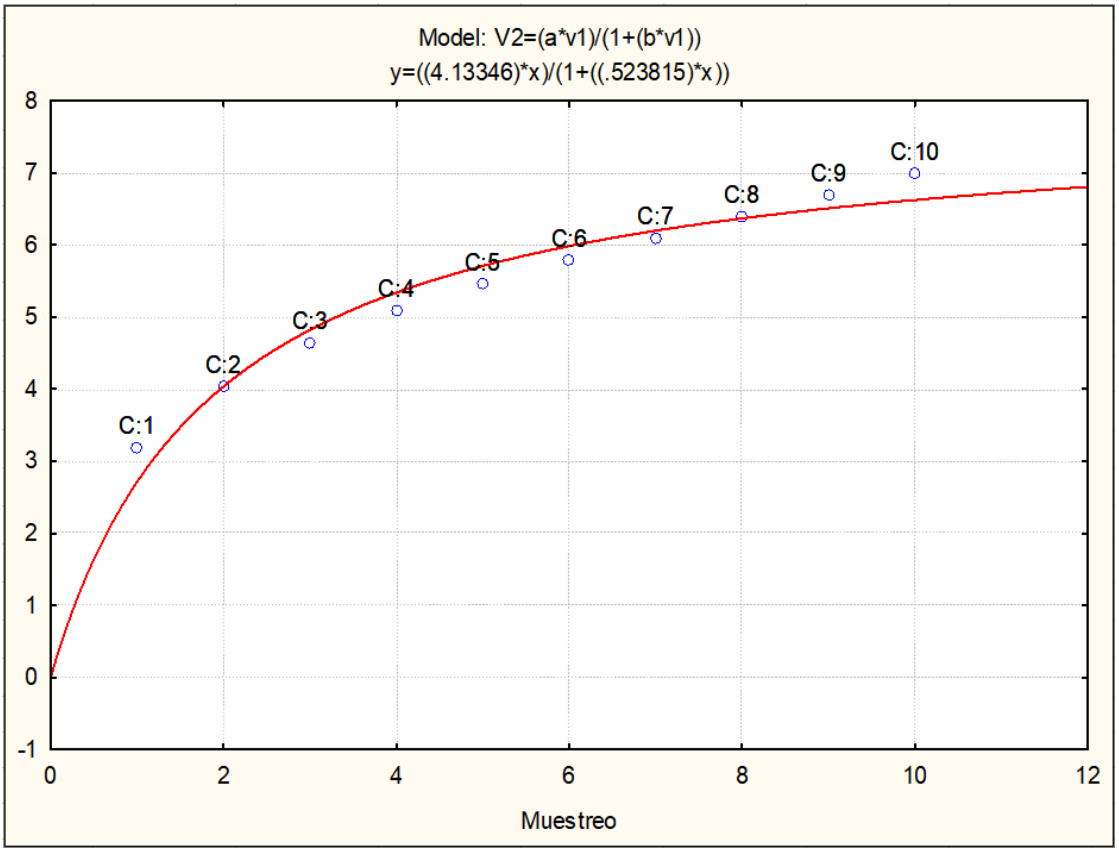
Estrato Arbóreo

Durante el recorrido de campo en el área del proyecto no se detectaron especies del estrato arbóreo, lo que refleja que la cobertura vegetal está compuesta principalmente por elementos arbustivos y herbáceos, característicos de las zonas áridas de la región.

Estrato Arbustivo

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9768** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV. 25. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

PFC = a/(1+b·n)2

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 4.13346
b = 0.52381
n = Número de sitos (10)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	4.1335	PFC= 4.1335/ (1+0.5238*10)^2
b	0.5238	**0.106**

Está pendiente, de **0.106** nos indica que hemos logrado un inventario parcialmente completo. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal, 2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad. El valor obtenido indica un muestreo moderadamente representativo, en el que ya se registró la mayor parte de las especies comunes, aunque aún podrían detectarse especies raras o de baja frecuencia con un esfuerzo adicional.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 4.1335
b = 0.5238

Variables		Sobs / (a/b)
a	4.1335	(7/ (4.1335/0.5238))
b	0.5238	**89%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 89% de las especies presentes en la CUSTF, por lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue eficiente y representativo, logrando documentar la mayoría de las especies presentes en el área. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

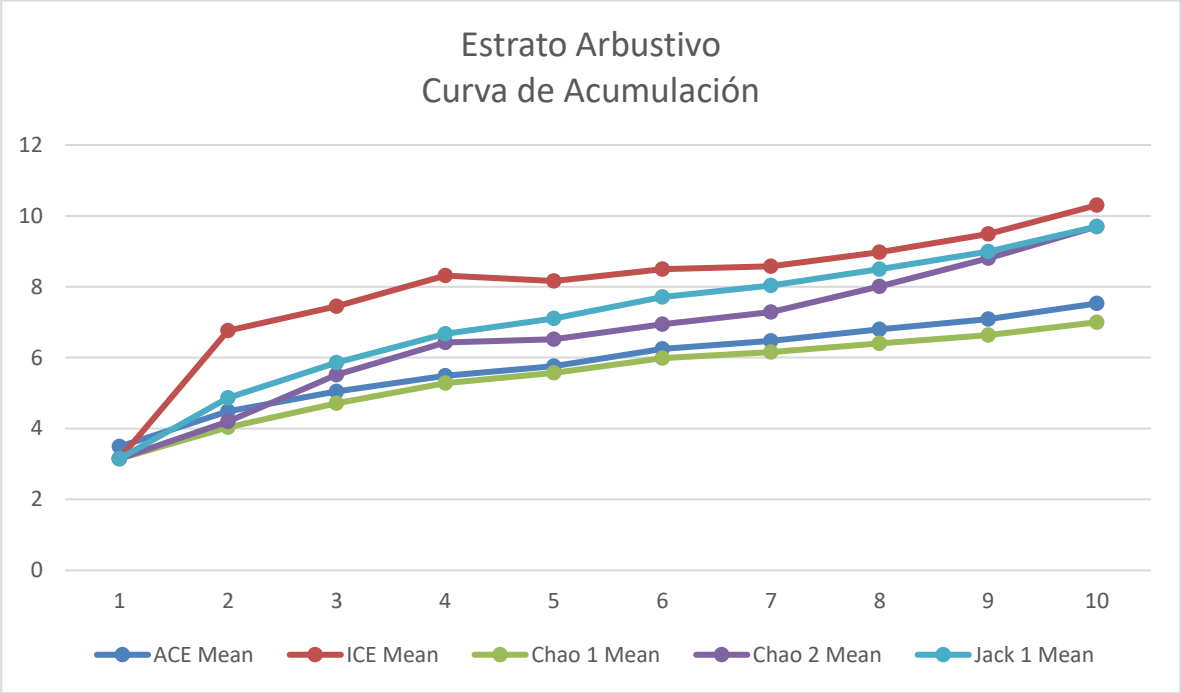
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 116. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	93	7
ICE Mean	68	10
Chao 1 Mean	100	7
Chao 2 Mean	72	9
Jack 1 Mean	72	9

Los estimadores indican que el muestreo del estrato arbustivo fue eficiente y representativo para las especies más comunes o abundantes, alcanzando prácticamente la riqueza total esperada según los métodos basados en abundancia. Sin embargo, los valores más bajos de ICE, Chao 2 y Jack 1 sugieren que podrían existir algunas especies de baja frecuencia o distribución restringida que no fueron registradas durante el levantamiento, lo cual es común en comunidades arbustivas de zonas áridas, donde ciertas especies presentan ocurrencias puntuales o cobertura reducida.

Gráfica IV. 26. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

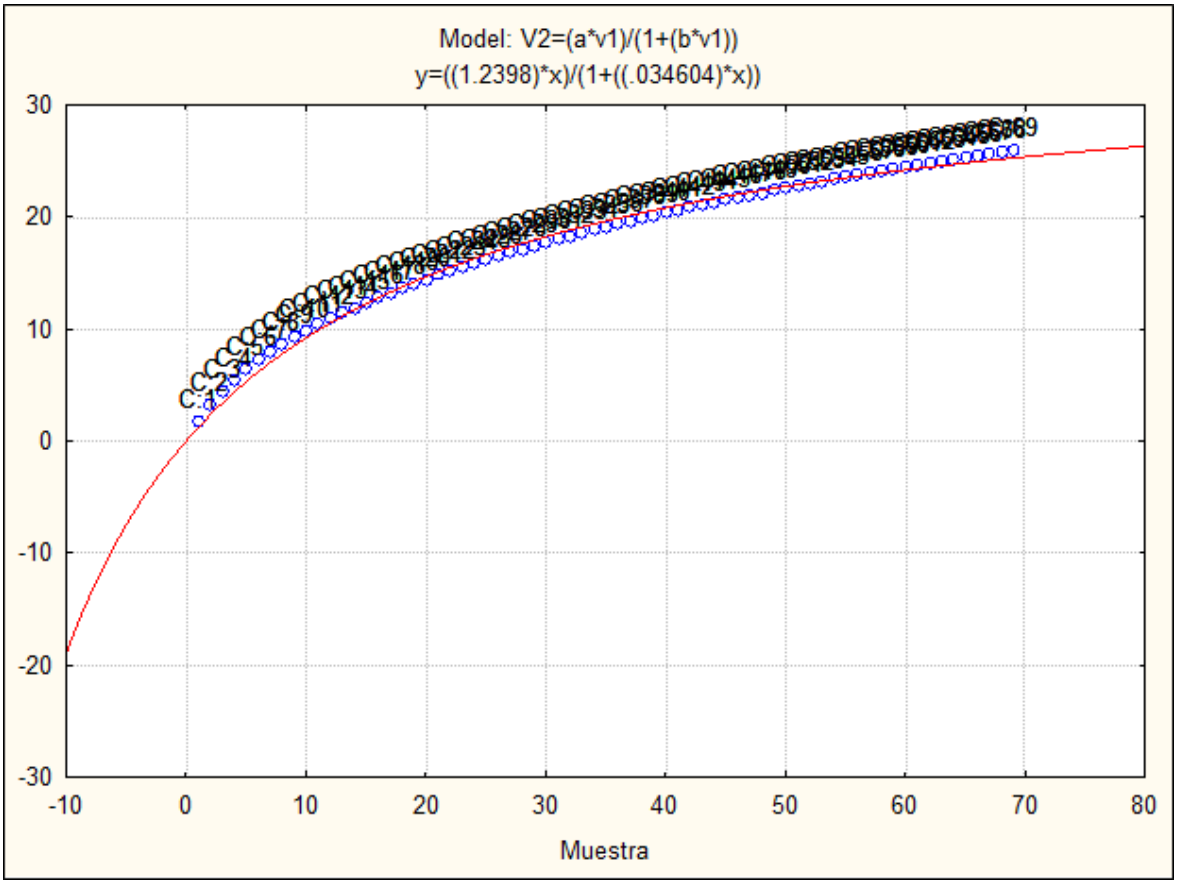


El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento casi asintótico en la mayoría de los estimadores indicando que, si se aumenta el número de unidades de muestreo se van a encontrar pocas nuevas especies por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

Estrato Herbáceo

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9984** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV. 27. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 2.9568
b = 0.1341
n = Número de sitos (30)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	2.9568	PFC= 2.9568/ (1+0.1341*30)^2
b	0.1341	**0.117**

Está pendiente, de **0.117** nos indica una pendiente baja en la curva de acumulación de especies, lo cual sugiere que el muestreo fue suficiente y que la mayor parte de las especies presentes en el área ya fueron registradas.

Este valor refleja que la riqueza observada se aproxima a la riqueza real, y que un esfuerzo de muestreo adicional no incrementaría de forma significativa el número de especies detectadas. En consecuencia, se puede considerar que la diversidad del estrato herbáceo está bien representada, con una distribución estable y un muestreo confiable para la caracterización de la comunidad vegetal.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 2.9568
b = 0.1341

Variables		Sobs / (a/b)
a	2.9568	(18/ (2.9568/0.1341))
b	0.1341	**82%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 82% de las especies presentes en el SA lo que representa un nivel aceptable de completitud considerando las condiciones ambientales del levantamiento. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables. Este porcentaje sugiere que, si bien podrían existir especies adicionales no detectadas —particularmente aquellas de baja frecuencia o con fenología estacional distinta—, la mayoría de las especies características del área fueron registradas.

Comparación con modelos no paramétricos

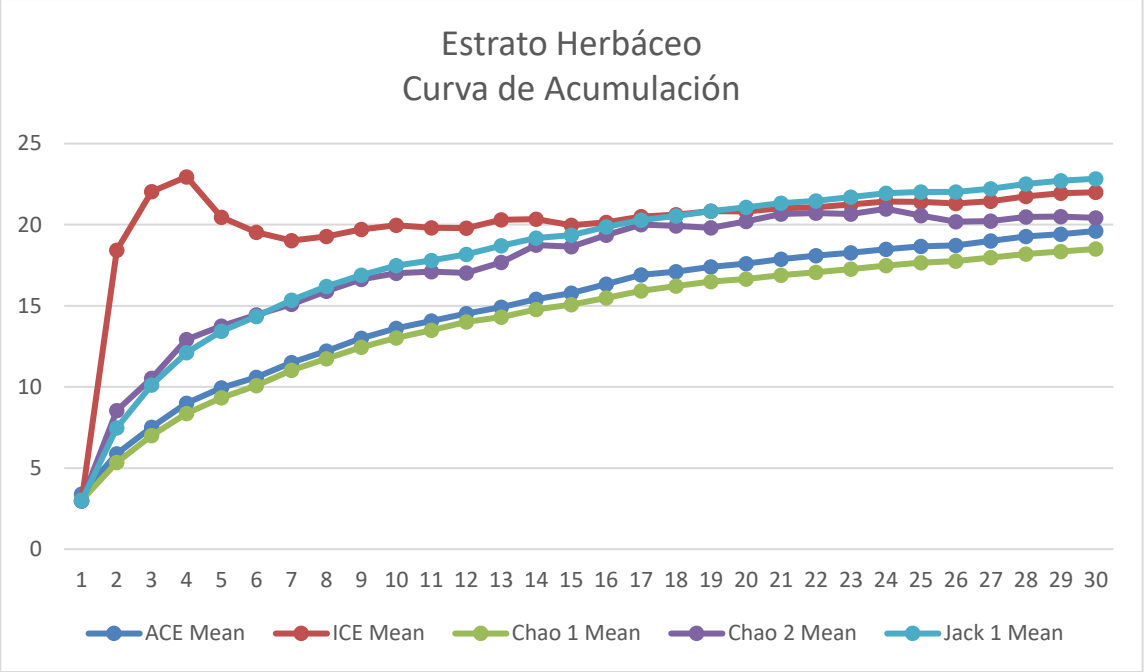
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 117. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	92	19
ICE Mean	82	22
Chao 1 Mean	97	18
Chao 2 Mean	88	20
Jack 1 Mean	79	22

Los resultados obtenidos indican una alta completitud del muestreo y una representación sólida de la diversidad real del sitio. El valor elevado de Chao 1 (97%) sugiere que casi la totalidad de las especies esperadas fueron registradas, mientras que los demás estimadores (ACE, ICE, Chao 2 y Jack 1) confirman una consistencia general entre los modelos, lo cual refuerza la fiabilidad de los resultados. En términos ecológicos, esto refleja que el estrato herbáceo presenta una comunidad bien muestreada, con una riqueza y distribución de especies adecuadamente caracterizadas, y que no es necesario realizar un nuevo esfuerzo de muestreo, dado que los valores se encuentran por encima del umbral de completitud aceptable (≥70%).

Gráfica IV. 28. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.



El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico indicando que, si se aumente el número de unidades de muestreo se encontraran muy pocas nuevas especies dentro de CUSTF, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

b) Fauna

Se realizaron transectos de muestreo dentro del sistema ambiental y se realizó un recorrido dentro del área del proyecto, para lo cual se registraron todas aquellas especies observadas durante los recorridos de campo. El muestreo se limitó a la identificación de fauna, mediante observaciones directas de especies, o indirecta mediante nidos u otros rastros que permitieran identificar especies presentes, en el sistema ambiental y en el caso del área del proyecto.

El análisis de fauna se realizó de acuerdo con las siguientes actividades:

- Metodología para identificación y evaluación de poblaciones de fauna.
- Descripción del muestreo.
- Justificación del muestreo.
- Identificación de las especies presentes en el SA.
- Resultados de fauna por grupo de especies encontradas en el SA.

Metodología para levantamiento de datos de fauna y proceso de datos

Para este análisis se indica el nombre común y científico de las especies reportadas en el SA especificando la fuente de información. Asimismo, se identifican las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, especificando, nombre científico, nombre común, distribución y su categoría de riesgo.

El análisis de fauna se realizó de acuerdo con las siguientes actividades:

- Metodología para identificación y evaluación de poblaciones de fauna.
- Descripción del muestreo.
- Justificación del muestreo.
- Identificación de las especies presentes en el SA y AP.
- Resultados de fauna por grupo de especies encontradas en la SA y AP.

La evaluación de fauna silvestre fue realizada considerando 3 etapas las cuales se describen a continuación:

1. Referencia bibliográfica: Se llevó a cabo la investigación e identificación de especies con el uso de referencias bibliográficas como libros, tesis, guías de campo, manuales o publicaciones de poblaciones de fauna en la región de estudio, en esta etapa es de gran importancia la valoración de la referencia empleada.

Tabla IV. 118. Referencias bibliográficas.

Nombre de la publicación	Grupo de especies
Fiona A. Reid 2006.A Field Guide to Mammals of North America, 4th ed, New York, EEUU.	Mamíferos
Kaufman K. 2005. Guía de campo a las aves de Norteamérica, Houghton Mifflin Company, USA.	Aves
Dunn, J. L, J. Alderfer. 2006. National Geographic Field Guide to the Birds of North America 5th ed. Random House.	Aves
Smithsonian National Museum of Natural History	Mamíferos, Aves, Reptiles, Anfibios

Nombre de la publicación	Grupo de especies
Behler, J. L., 1979, 2000. National Audobon Society Field Guide to Reptiles and Amphibians. New York, EEUU.	Anfibios y reptiles
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Mamíferos, Aves, Reptiles, Anfibios
Julio A. Lemos Espinal. Hobart M. Smith. Anfibios y Reptiles del Estado de Chihuahua	Anfibios, Reptiles.
The American Ornitologists´Union. Checklist of North and Middle American Birds.	Aves.

2. Muestreo directo: Se refiere a la identificación y registro fotográfico de cada una de las especies observadas. Incluye el avistamiento de aves con ayuda de binoculares y su posterior identificación con ayuda de guías de campo especializadas, observación de mamíferos y reptiles empleando diversas longitudes y anchos de transecto de acuerdo a las especies de estudio.

3. Muestreo Indirecto: Este tipo de muestreo consistente en la realización de la obtención de evidencias de presencia de especies como: madrigueras, huellas, nidos, excretas, cadáveres, huesos, pieles, etc. que puedan indicar la presencia de diversas especies en el área de estudio.

Descripción del muestreo

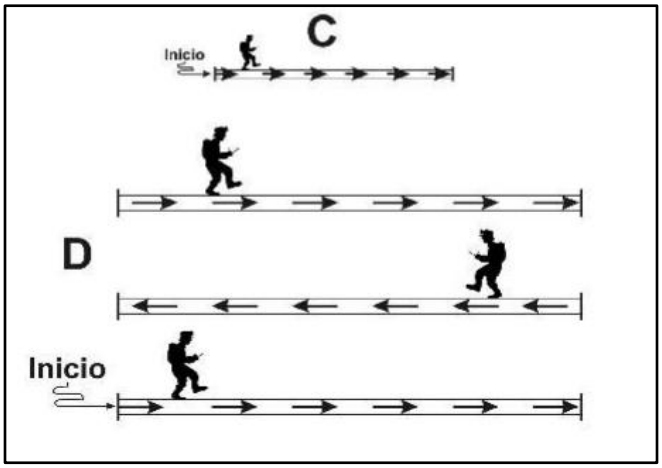
El muestreo empleado para la estimación de poblaciones fue realizado mediante conteo directo a pie por ser el más confiable, a través de conteo en transectos de franja en base al Manual de técnicas para el estudio de la fauna (Gallina-Tessaro S, López-González C. A., 2011).

Asimismo, se llevó a cabo muestreo indirecto de rastros como madrigueras, huellas, esqueletos, excretas, entre otros rastros, sin embargo, debido a su baja confiabilidad únicamente se empleó para confirmar la presencia de la especie en el área de estudio.

Método de conteo en transectos de franja

El transecto de franja es una unidad de muestreo rectangular muy larga y estrecha. El ancho a cada lado de la línea media del transecto se debe establecer antes de iniciar el muestreo. La visibilidad es el principal factor que determina este ancho. El principal supuesto de este método es que solo se debe contar a los animales que están dentro del ancho previamente definido.

Figura IV. 35. Referencias bibliográficas.



Se pueden ubicar los transectos de manera aleatoria o sistemática en el área, según la situación lo requiera para efectos de representatividad de distintas asociaciones vegetales o fisonómicas y, una vez decidido lo óptimo, el diseño debe mantenerse inalterado. Debe evitarse ubicar los transectos muy cercanos unos de otros. La longitud de cada transecto puede ser distinta. Es muy común el empleo de caminos de terracería y veredas como transectos; esto se hace debido a la facilidad de desplazamiento a vehículo u otro medio. Sin embargo, esta técnica debe evitarse pues hay varios factores que pueden sesgar la estimación de la densidad (Gallina-Tessaro S, López-González C. A., 2011).

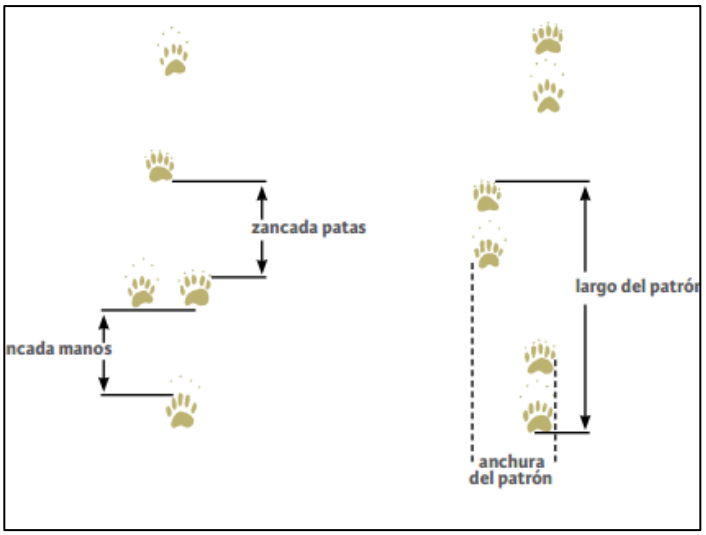
Justificación del muestreo

En base al manual de técnicas para el estudio de la fauna (Gallina-Tessaro S, López-González C. A., 2011), se contempló la metodología antes mencionada para cada grupo faunístico considerando lo siguiente:

Mastofauna

De acuerdo con estudios previos se han empleado estos métodos de muestreo, según lo señala Pacheco J., Ceballos G. y List, R. (2000). Los mamíferos medianos y grandes se registraron mediante métodos directos, como capturas, observaciones diurnas y lampareo, e indirectos por medio de huellas, a través de un transecto de 80 metros de ancho y una longitud variable de 600 metros aproximadamente, llevando a cabo el levantamiento de datos durante el recorrido a lo largo de éste.

Figura IV.36. Muestreo de mastofauna

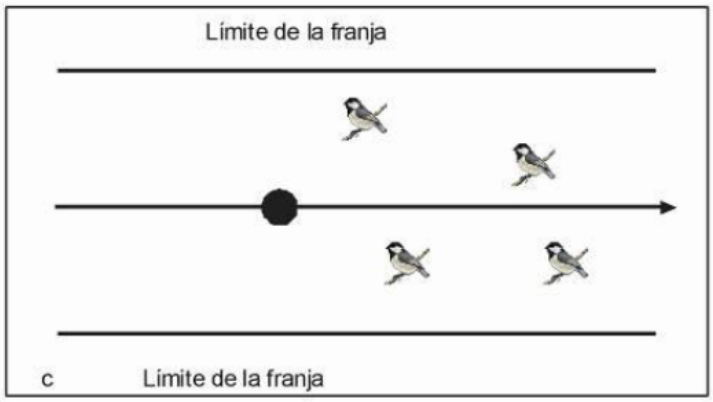


Ornitofauna

Las aves son contadas por un amplio rango de métodos. Los ornitólogos han usado una variedad de técnicas para estimar la abundancia, riqueza, densidad, composición y distribución de las poblaciones de aves. Una variedad de métodos para monitorear y evaluar a las poblaciones de aves está disponible, pero tres son los más usados: puntos de conteo, conteos en transectos y redes ornitológicas, el último de los cuales no incluye el uso de los sonidos, así que las dos primeras técnicas son más eficientes porque hacen uso de las vocalizaciones.

De acuerdo el Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres (Ralph, C. John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin, Thomas E.; DeSante, David F; Milá, Borja. 1996) publicado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, se considera el uso del método de transecto en franjas, el cual es señalado como útil en hábitats abiertos, donde el observador puede concentrarse en las aves sin tener que prestar atención a dónde pisa. El observador debe cubrir cada intervalo del transecto en un tiempo determinado mientras cuenta y totaliza aves mientras camina despacio a lo largo de un transecto en línea. Como se muestra en la Figura IV.31, las observaciones se llevaron a cabo dentro de un transecto de 200 metros de ancho por un largo de 600 metros, que con el conocimiento de los técnicos de campo y con ayuda de fotografías fueron identificadas y registradas las especies presentes en el área del sistema ambiental

Figura IV. 37. Esquema de franja para conteo de aves.



Herpetofauna

A los anfibios y reptiles se les conoce en conjunto como herpetofauna. Las variantes en los métodos que se utilizan tienen que ver con el tamaño de los organismos y/o características específicas del hábitat o del microhábitat que ocupan. Los anfibios pueden ser contados cuando se concentran en las áreas en que se reproducen.

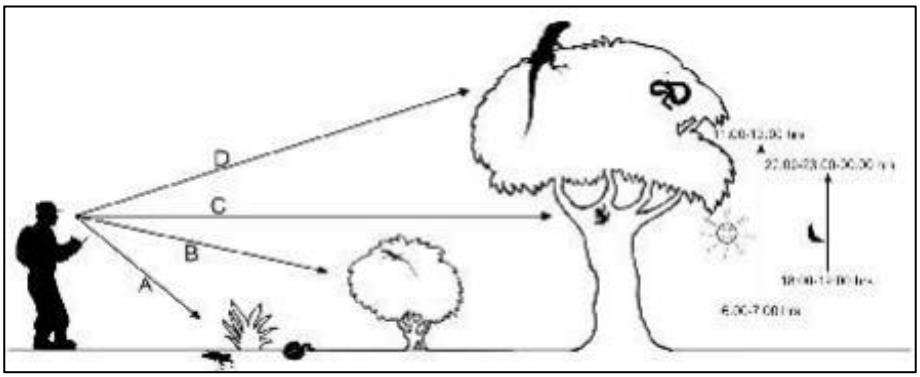
La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas de luz resulta a menudo poco productiva. Al depender los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados.

Los reptiles son generalmente difíciles de observar, sobre todo los de talla corporal pequeña. El avistamiento de los reptiles varía marcadamente con la temperatura ambiental, ya que de ésta depende su temperatura corporal, por lo que es recomendable efectuar conteos de estos organismos durante periodos estandarizados en condición climática y en tiempo, sobre todo cuando se pretende comparar distintas poblaciones.

Para muchos reptiles terrestres y parcialmente trepadores, en situaciones de vegetación relativamente abierta como por ejemplo matorrales xerófilos o selvas caducifolias en temporada de secas, es posible en general emplear técnicas de detección visual de individuos a lo largo de un transecto determinado. Usualmente se eligen tramos de una distancia considerable (en general, para reptiles puede ser adecuado hacerlos con una longitud de 500 m a 1 km), lo más rectilíneos que sea posible, ubicados unos suficientemente lejos de otros de acuerdo con las características de desplazamiento de cada especie y recorridos a una velocidad uniforme para disminuir la posibilidad de contar individuos más de dos veces. En caso de que haya distintos tipos de hábitat, deben ubicarse suficientes trayectos en cada tipo de hábitat; en general, aunque esto depende de cada caso (Sánchez O. 2010). Por lo tanto, se realizó el levantamiento del inventario de las especies de este grupo faunístico dentro de un transecto de 20 metros de ancho

por una distancia variable de 600 metros aproximadamente, mediante conteo directo y toma de fotografías.

Figura IV. 38. Esquema de muestreo para conteo de anfibios y reptiles.



Para estimar la densidad se debe emplear la superficie muestreada. Si se tienen varios transectos y cada uno de diferente tamaño, entonces el largo total simplemente es la sumatoria de las longitudes particulares de los transectos. Lo importante en el método de transectos de franja, es que en todos los transectos el ancho haya sido el mismo.

El período en que se realizó fue en el mes de junio del 2018, en horarios matutinos y vespertinos con la finalidad de tener mayor posibilidad de contabilizar las diversas especies de acuerdo con sus hábitos.

Se realizaron 3 transectos dentro del sistema ambiental con una longitud de 600 metros aproximadamente, dentro de los cuales se llevó a cabo el conteo de individuos de los diferentes grupos faunísticos.

Tabla IV. 119. Grupo de especies y tamaño de franja de transecto

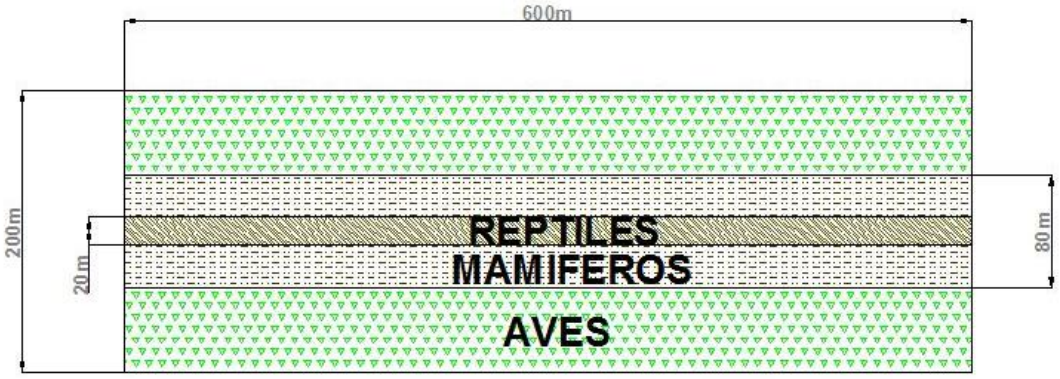
Grupo de especies	Ancho	Longitud
Anfibios y reptiles	20 m	600 m aprox.
Aves	200 m	600 m aprox.
Mamíferos	80 m	600 m aprox.

El área donde se pretende desarrollar el proyecto corresponde a un área lineal por lo que para el muestreo de este se realizó 1 transecto en donde se llevó a cabo el conteo de individuos de los diferentes grupos faunísticos, considerando la totalidad del área de 115 m por 360 aproximadamente.

Tabla IV. 120. Grupo de especies y tamaño de franja de transecto.

Grupo de especies	Ancho	Longitud
Anfibios y reptiles	20 m	360 m aprox.
Aves	115 m	360 m aprox.
Mamíferos	80 m	360 m aprox.

Figura IV. 39. Esquema de la metodología empleada para muestreo directo.



En las siguientes tablas se muestran las coordenadas de los transectos realizados en el sistema ambiental.

Tabla IV. 121. Coordenadas de vértices de los transectos empleados para el muestreo de fauna en el SA.

Sistema de coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 13 N.			
Transectos Grupo Faunístico de Anfibios y Reptiles	1 SA	385575.47	3185006.49
		386134.96	3185223.24
		386142.18	3185204.59
		385582.70	3184987.85
	2 SA	383998.92	3187898.14
		384018.91	3187989.71
		384036.17	3187298.96
		384016.18	3187298.39
	3 SA	384080.17	3185880.79
		384673.48	3185973.63
		384676.58	3185953.87
		384083.71	3185861.03
	4 SA	390392.00	3185529.00
		390412.00	3185530.00
		390486.00	3184935.00
		390506.00	3184937.00
	5 SA	383282.00	3184145.00
		383276.00	3184127.00
		383871.00	3184028.00
		383864.00	3184010.00

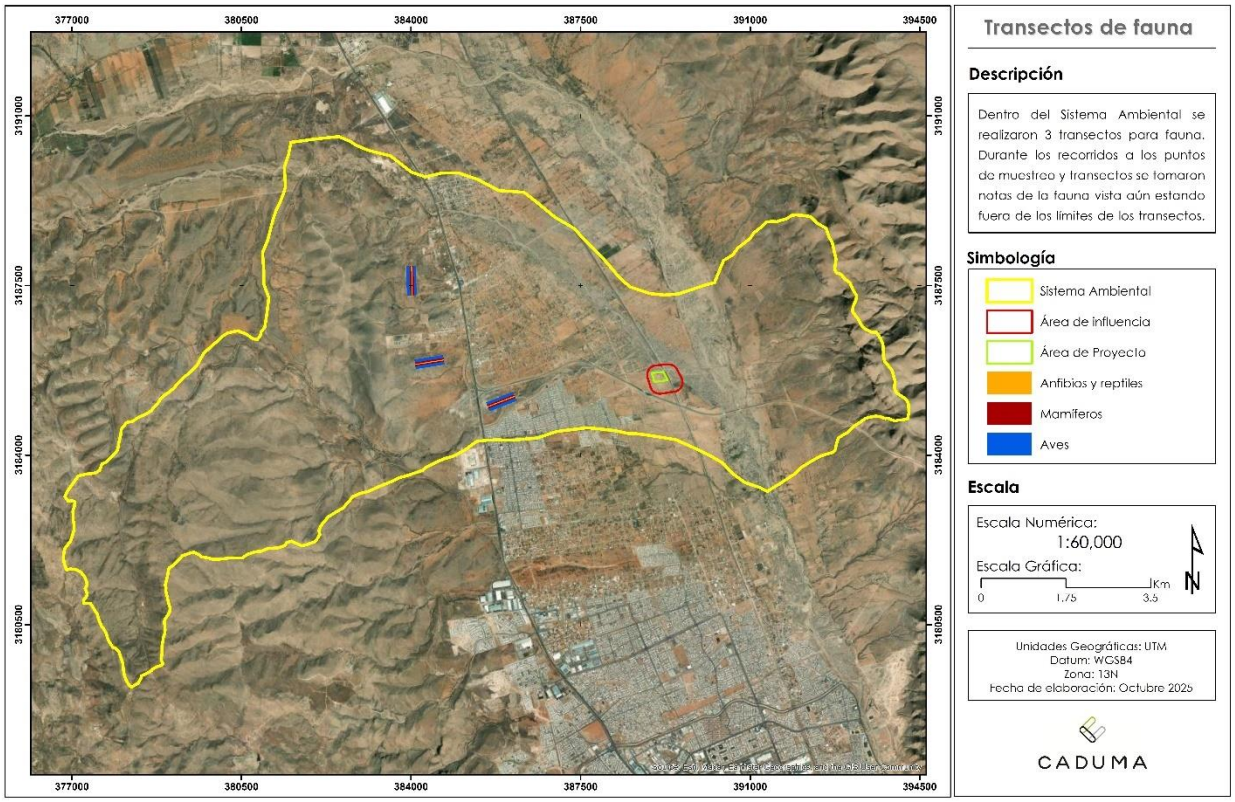
Sistema de coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 13 N.			
Transectos Grupo Faunístico de Aves	1 SA	385565.84	3185032.62
		386125.32	3185249.36
		386154.22	3185174.76
		385594.74	3184958.02
	2 SA	383969.22	3187898.46
		384049.19	3187900.77
		384066.45	3187301.01
		383986.48	3187298.71
	3 SA	384088.88	3185833.91
		384076.50	3185912.95
		384669.27	3186005.79
		384681.65	3185926.76
	4 SA	390362.00	3185527.00
		390441.00	3185531.00
		390456.00	3184933.00
		390535.00	3184938.00
	5 SA	383317.00	3184226.00
		383238.00	3184048.00
		383907.00	3184111.00
		383827.00	3183927.00

Sistema de coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 13 N.			
Transectos Grupo Faunístico de Mamíferos	1 SA	385545.20	3185087.65
		386104.69	3185304.40
		386176.93	3185117.90
		385617.45	3184901.16
	2 SA	384116.11	3187302.13
		383916.19	3187296.38
		383898.93	3187896.13
		384098.85	3187901.88
	3 SA	384067.46	3185972.88
		384660.23	3186065.75
		384691.18	3185868.13
		384098.40	3185775.28
	4 SA	390501.00	3185533.00
		390303.00	3185525.00
		390595.00	3184941.00
		390398.00	3184930.00
	5 SA	383293.00	3184173.00
		383261.00	3184101.00
		383882.00	3184054.00
		383850.00	3183982.00

Tabla IV. 122. Coordenadas del AP donde se realizó el inventario de fauna.

Sistema de coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 13 N.			
	Vértice	**X**	**Y**
AP	1	389208	3185713
	2	389298	3185547
	3	389027	3185508
	4	388970	3185694

Figura IV. 40. Transectos de fauna en el Sistema Ambiental.



Base de datos de la información levantada en campo

Tabla IV.123. Listado de especies de anfibios y reptiles observados durante el muestreo y principales características del SA.

Nombre científico	Nombre común	N° de ind en MDM	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	6	No	No	Si	No	Sc
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	2	No	No	Si	No	Sc
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	1	No	Si	Si	No	A
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	1	No	No	Si	No	Sc
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	4	No	Si	Si	No	A

Tabla IV.124. Listado de especies de aves observadas durante el muestreo y principales características del SA.

Nombre científico	Nombre común	N° de ind	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Buteo jamaicensis	Aguila cola roja	1	No	No	No	No	Sc
Calothorax lucifer	Colibrí Lucifer	1	No	No	No	No	Sc
Cathartes aura	Zopilote aura	20	No	No	No	No	Sc
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	10	No	No	No	No	Sc
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	18	No	No	No	No	Sc
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	4	No	No	No	No	Sc
Mareca strepera	Pato Friso	83	No	No	No	No	Sc
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	30	No	No	No	No	Sc
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	12	No	No	No	No	Sc

Tabla IV.125. Listado de especies de Mamíferos observados durante el muestreo y principales características del SA.

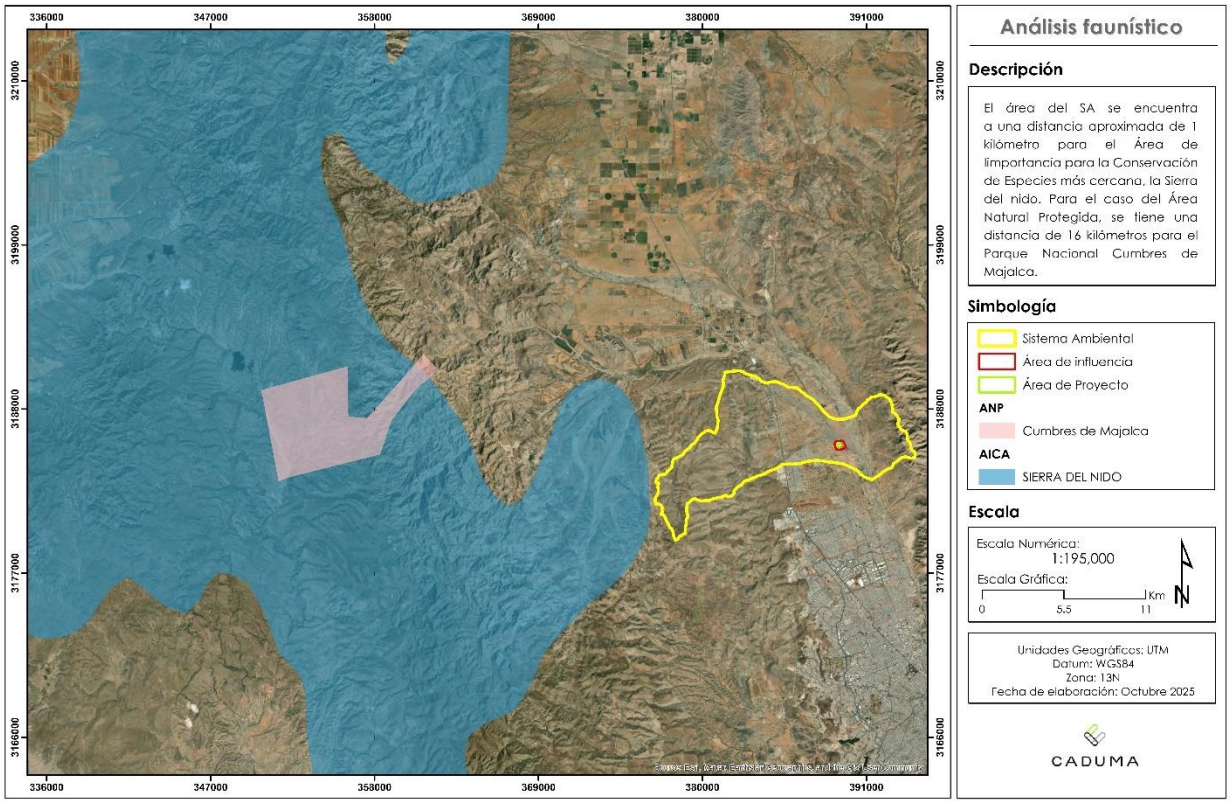
Nombre científico	Nombre común	N° de ind en MDM	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	No	No	Si	No	Sc
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	1	No	No	Si	No	Sc
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	1	No	No	Si	No	Sc
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	1	No	No	Si	No	Sc

Rasgos de distribución y desplazamiento de la fauna

Para este apartado se realizó un análisis en el cual se identificaron las áreas de importancia como corredores biológicos, áreas dedicadas a la conservación, (áreas naturales protegidas, áreas de importancia ecológica) en el siguiente mapa podemos observar que el área del proyecto no se

encuentra dentro de ningún área de importancia para la conservación de aves, tampoco se encuentra dentro de algún área natural protegida.

Figura IV.41. Análisis faunístico del SA.



Caracterización de las comunidades de fauna

Para la caracterización de las comunidades de fauna se consideraron los siguientes conceptos:

- Estacionalidad

Referente al periodo en que se encuentran presentes las especies en una determinada área esta se divide en: residentes, visitantes, invernales, migratorias o transitorias.

- Abundancia

Se clasifica en cinco categorías: abundante (especie fácilmente detectable en grandes números), común (especie observada 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 ocasionales (especie muy escasa que si llega a observarse es un dato importante).

- Sociabilidad

Referente al tipo de organización social de las especies. Comprende tres categorías: solitario (cuando se observa un individuo), pareja (especie que se desplaza en pareja sea época reproductiva o no) y gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).

- Alimentación

Se asignan categorías de acuerdo al tipo de alimento que cada especie consume, dependiendo de la disponibilidad de los recursos alimenticios. Se pueden identificar las siguientes categorías: herbívoros (especies que se alimentan principalmente de material vegetal como pastos, hojas, ramas, entre otros), carnívoro (especies que se alimentan de vertebrados a los que capturan vivos) carroñero (especies que se alimentan de material animal en descomposición), frugívoro (especies que consumen principalmente frutos) granívoro (se alimentan de semillas principalmente) insectívoro (especies que el consumo de insectos es la base de su alimentación) nectarívoros (cuando el néctar es la principal fuente de alimentación) y omnívoros (especies que consumen distintos recursos como semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas, entre otros).

- Hábitat

Se define como el ambiente donde la especie se desarrolla, el cual puede variar regionalmente dependiendo de las necesidades de los individuos de la especie.

- Distribución vertical

Se basa en el estrato de la vegetación donde se desarrollan los individuos de la especie.

Tabla IV.126. Caracterización de anfibios y reptiles dentro del SA.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	Residente	Común	Solitario	Carnívoro	Matorral Pastizal	Estrato terrestre
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	Residente	Poco común	Solitario	Carnívoro	Matorral Pastizal	Estrato terrestre
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	Residente	Común	Solitario	Carnívoro	Matorral Pastizal	Estrato terrestre
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	Residente	Poco común	Solitaria	Carnívora	Matorral xerófilo, desierto	Estrato terrestre
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Matorral desértico ,pastizal rocoso	Estrato terrestre

Tabla IV.127. Caracterización de aves dentro del SA.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Buteo jamaicensis	*Águila cola roja*	Residente	Poco común	Solitario	Carnívoro	Bosque, matorral, pastizal	Arbóreo y arbustivo

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Calothorax lucifer	*Colibrí lucifer*	Residente	Poco común	Solitario	Omnívoro	Bosque, matorral, pastizal	Arbustivo Herbáceo
Cathartes aura	*Zopilote aura*	Residente	Común	Gregario	Carroñero	Bosque, matorral, pastizal	Arbustivo Herbáceo
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	Residente	Común	Gregario	Omnívoro	Bosque Matorral Pastizal	Arbóreo Arbustivo Herbáceo
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	Residente	Común	Gregario	Insectívora	Bosque Matorral Pastizal	Arbóreo Arbustivo Herbáceo
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	Residente	Común	Pareja	Carnívoro Insectivoro	Bosque Matorral Pastizal	Arbóreo Arbustivo Herbáceo
Mareca strepera	Pato Friso	Residente	Común	Gregario	Herbívoro	Bosque Matorral Pastizal	Arbustivo Herbáceo
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	Residente	Común	Gregaria	Granívora	Matorral xerófilo, pastizales	Estrato arbóreo
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	Residente	Común	Solitaria	Insectívora /carnívora	Bordes de cuerpos de agua, pastizales	Estrato terrestre

Tabla IV.128. Caracterización de mamíferos dentro del SA.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Lepus californicus	Liebre cola negra	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques Matorrales Pastizal	Arbustivo Herbáceo
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	Residente	Poco común	Solitario	Herbívoro Insectívoro	Matorrales Pastizal	Arbustivo Herbáceo
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	Residente	Común	Solitario	Herbívoro Insectívoro	Matorrales Pastizal	Herbáceo, arbustivo
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Matorrales Pastizal	Herbáceo, arbustivo

Importancia ecológica de las comunidades de fauna

La identificación de la importancia ecológica de la fauna consistió en evaluar las principales funciones dentro del ecosistema de acuerdo con el sistema de clasificación de "Funciones Ecológicas Clave" (Marcot, B.G y Vander Heyden 2001), se identifican 7 principales funciones de la fauna silvestre:

- Relaciones tróficas
- Ciclo de nutrientes
- Relaciones entre organismos
- Vectores de enfermedades
- Relaciones del suelo
- Relaciones de las estructuras leñosas
- Relaciones con respecto al agua

Tabla IV.129. Importancia ecológica de las especies de anfibios y reptiles del SA.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	Relaciones tróficas
Crotaphytus collaris	*Lagartija de collar del altiplano*	Relaciones tróficas
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	Relaciones tróficas
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	Relaciones tróficas
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	Relaciones tróficas

Tabla IV.130. Importancia ecológica de las especies de aves del SA.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Buteo jamaicensis	*Águila cola roja*	Relaciones tróficas
Calothorax lucifer	*Colibrí lucifer*	Relaciones tróficas
Cathartes aura	*Zopilote aura*	Relaciones tróficas
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	Relaciones tróficas
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	Relaciones tróficas
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	Relaciones tróficas
Mareca strepera	Pato Friso	Relaciones tróficas
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	Relaciones tróficas
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	Ciclo de nutrientes

Tabla IV.131. Importancia ecológica de las especies de mamíferos del SA.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Lepus californicus	Liebre cola negra	Relaciones tróficas
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	Relaciones tróficas
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	Relaciones tróficas
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	Relaciones tróficas

Riqueza específica de especies

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. De acuerdo al muestreo realizado en campo y al conteo directo de las especies observadas, se obtuvo la siguiente riqueza de especies por grupo faunístico:

Tabla. IV.132. Riqueza específica de especies en el área del SA.

Grupo de especies	Riqueza observada
Anfibios y reptiles	5
Aves	9
Mamíferos	4
Total	**18**

Se presenta a continuación el listado de las especies observadas durante el muestreo en campo en el área del Sistema Ambiental:

Reptiles

Tabla. IV.133. Especies observadas y número de individuos del SA.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Teiidae	*Aspidoscelis uniparens*	Huico del pastizal	6
Crotaphytidae	*Crotaphytus collaris*	Lagartija de collar del altiplano	1
Phrynosomatidae	*Phrynosoma cornutum*	Lagartija cornuda	2
Colubridae	*Salvadora hexalepis*	Culebra chata occidental	1
Phrynosomatidae	*Cophosaurus texanus*	Lagartija Sorda Mayor	4

Aves

Tabla. IV.134. Especies observadas y número de individuos del SA.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Águila cola roja	1
Trochilidae	*Calothorax lucifer*	Colibrí Lucifer	1
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	20
Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzon mexicano	10
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	18
Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo americano	4
Anatidae	*Mareca strepera*	Pato Friso	83

Mamíferos

Tabla. IV.135. Especies observadas y número de individuos del SA.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	2
Cricetidae	*Neotoma albigula*	Rata garganta blanca	1
Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	1
Sciuridae	*Xerospermophilus spilosoma*	Ardilla de tierra punteada	1

Abundancia de especies para el Sistema Ambiental

Relativo al total de individuos por hectárea (Ind/ha) de acuerdo con los datos del muestreo en campo. Como resultado del muestreo realizado, para cada grupo de las especies se obtuvieron los siguientes resultados de abundancia y riqueza.

Tabla IV.136. Abundancia total por grupo de especie en el área del SA.

Grupo de especies	Abundancia	Densidad Ind/ha
Anfibios y reptiles	14	2.33
Aves	179	2.98
Mamíferos	5	0.21
Total	**198**	**5.52**

Herpetofauna

Tabla IV.137. Densidad de reptiles en el área del SA.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	6	1.00	42.86
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	1	0.17	7.14
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	2	0.33	14.29
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	1	0.17	7.14
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	4	0.67	28.57
Total		**14**	**2.33**	**100.00**

Dentro del Sistema Ambiental solo se encontraron 5 especies de reptiles, esto debido a la creciente expansión urbana y a la modificación antrópica de la mayoría de las áreas de muestreo. Se tiene una estimación de densidad de 2.33 individuos por hectárea, Dentro de las especies encontradas, la lagartija de collar del altiplano (*Crotaphytus collarias*) y el lagartija sorda mayor (*Cophosaurus texanus*) se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de Amenazada, por lo que se consideran especies de importancia a tener en cuenta para los proyectos a realizar.

Ornitofauna

Tabla IV.138. Densidad de aves en el área del SA.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Buteo jamaicensis	Aguila cola roja	1	0.02	0.56
Calothorax lucifer	Colibrí Lucifer	1	0.02	0.56
Cathartes aura	Zopilote aura	20	0.33	11.17
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	10	0.17	5.59
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	18	0.30	10.06
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	4	0.07	2.23

Mareca strepera	Pato Friso	83	1.38	46.37
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	30	0.50	16.76
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	12	0.20	6.70
Total		**179**	**2.98**	**100.00**

La especie de aves más abundante en el Sistema Ambiental es el Pato Friso *(Mareca strepera),* con una densidad de 1.38 Ind/ha, esto debido a que se ven una gran cantidad de especímenes al ser especies gregarias. Las otras especies encontradas dentro del Sistema Ambiental son medianamente representativas, ya que presentan densidades variadas, esto debido a la clara dominancia de una especie en el área.

Mastofauna

Tabla IV.139. Densidad de mamíferos en el área del SA.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	0.08	40.00
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	1	0.04	20.00
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	1	0.04	20.00
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	1	0.04	20.00
Total		**5**	**0.21**	**100**

La especie más abundante de mamíferos en el Sistema Ambiental es la liebre cola negra *(Lepus californicus),* con una densidad de 0.08 Ind/ha. Las otras especies encontradas dentro del Sistema Ambiental son igualmente representativas, ya que presentan densidades iguales.

Índices de Biodiversidad

Índice de Shannon y Wiener

Este índice fue desarrollado para medir la cantidad de información que se puede transmitir en un código, por ejemplo, en las señales telefónicas (Shannon y Wiener, 1949). El índice de Shannon indica que todos los individuos que sean muestreados al azar, al momento de tomar una muestra representen a todos los de la comunidad. Este índice está descrito para comunidades indefinidamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad, resultados es un valor estimado.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\mathrm{H} = -\sum_{i=1}^{S} Pi\ log_2\ Pi$$

Dónde:
H = Índice de diversidad
S = Número de especies
Pi = Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i
Log 2 = Logaritmo de base 2

$$Pi = \frac{ni}{\mathrm{N}}$$

Dónde:

ni = Número de individuos de la especie
N = Número total de individuos de todas las especies

A continuación, se muestran los resultados para el Sistema Ambiental.

Herpetofauna

Tabla IV.140. Índices de Shannon y Pielou de reptiles en el sistema ambiental.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	6	0.4286	-0.8473	0.3631
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	1	0.0714	-2.6391	0.1885
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	2	0.1429	-1.9459	0.2780
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	1	0.0714	-2.6391	0.1885
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	4	0.2857	-1.2528	0.3579
	N	**14**			**H=1.3761**
					H max (LnS)=1.6094
					Pielou (J)= H/H max=0.8550

Para el caso de los reptiles, en el Sistema Ambiental se encontraron 5 especies durante los recorridos en campo. Para estos, se obtuvo un índice de Shannon de 1.3761 (H) mientras que un límite máximo de especies de 1.6094 (H max), lo que indica que es una diversidad moderada. Esto debido a la urbanización del área y a la creciente modificación antrópica en zonas cercanas a los transectos realizados.

Ornitofauna

Tabla IV.141. Índices de Shannon y Pielou de aves en el sistema ambiental.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Buteo jamaicensis	Águila cola roja	1	0.0056	-5.1874	0.0290
Calothorax lucifer	Colibrí Lucifer	1	0.0056	-5.1874	0.0290
Cathartes aura	Zopilote aura	20	0.1117	-2.1917	0.2449
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	10	0.0559	-2.8848	0.1612
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	18	0.1006	-2.2970	0.2310
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	4	0.0223	-3.8011	0.0849

Mareca strepera	Pato Friso	83	0.4637	-0.7685	0.3564
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	30	0.1676	-1.7862	0.2994
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	12	0.0670	-2.7025	0.1812
	N	**179**			**H=1.6168**
				H max (LnS)=2.1972	
				Pielou (J)= H/H max=0.7358	

En el caso de las aves encontradas dentro del Sistema Ambiental, se registraron 9 especies diferentes en los distintos transectos de muestreo. Para estos, se obtuvo un índice de Shannon de 1.6168 (H) mientras que un límite máximo de especies de 2.1972 (H max), lo que indica una distribución relativamente equilibrada de abundancias entre las especies presentes. En conjunto, estos valores reflejan una diversidad intermedia con moderada uniformidad, característica de comunidades con buena representación de especies comunes y ausencia de una fuerte dominancia por una sola especie.

Mastofauna

Tabla IV.142. Índices de Shannon y Pielou de mamíferos en el sistema ambiental.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	0.4000	-0.9163	0.3665
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	1	0.2000	-1.6094	0.3219
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	1	0.2000	-1.6094	0.3219
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	1	0.2000	-1.6094	0.3219
	N	**5**			**H=1.3322**
				H max (LnS)=1.3863	
				Pielou (J)= H/H max=0.9610	

Dentro del Sistema Ambiental se encontraron 4 especies diferentes de mamíferos, obteniendo un índice de Shannon (H) de 1.3322, mientras para la máxima de especies encontradas en el área fue de 1.3863 (H max). reflejan una diversidad moderada con alta equitatividad para el grupo de mamíferos. A pesar de la baja riqueza específica, las abundancias relativas son muy similares entre ellas, lo que sugiere una estructura comunitaria equilibrada y estable.

En cuanto a la Equitatividad (Pielou) cuando los resultados se acercan a cero significa que las especies en el ecosistema no son equitativamente abundantes, es decir, son más heterogéneos y cuando los valores se acercan a uno corresponden a ecosistemas más abundantes, es decir, más homogéneos. Los resultados indican que el grupo de aves presenta la mayor riqueza específica, lo que se asocia con su alta capacidad de movilidad y el aprovechamiento de diversos microhábitats. Sin embargo, el valor de equitatividad (J = 0.7858) sugiere la presencia de especies dominantes, posiblemente aquellas mejor adaptadas a los recursos disponibles o a áreas con menor perturbación.
Por su parte, la herpetofauna muestra una diversidad moderada (H' = 1.3761) y una equitatividad relativamente alta (J = 0.85), lo que refleja una comunidad equilibrada dentro de las condiciones microambientales del área. Este grupo suele responder de manera sensible a variaciones en la

humedad, temperatura y cobertura vegetal, por lo que sus valores indican condiciones ecológicas intermedias de conservación. Finalmente, el grupo de mamíferos exhibe una baja riqueza (Hmax = 1.3863), pero la equitatividad más alta (J = 0.9610), evidenciando que las especies registradas presentan abundancias similares, sin dominancia evidente. Esto sugiere una estructura comunitaria estable, típica de ambientes con baja diversidad de hábitats o con recursos homogéneos, donde unas pocas especies bien adaptadas mantienen poblaciones equilibradas.

Índice de Simpson

Primer índice de diversidad usado en ecología. Es conocido como la medida de concentración y refiere la probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie, también se emplea como un índice de dominancia dada a su marcada dependencia de las especies más abundantes.

Esta cantidad se introdujo por Edward Hugh Simpson. Si *ni* es el número de individuos de especies *i* en la muestra, y *N* es el número total de todos los individuos contados, entonces es un estimado para el índice de Simpson por probar sin el remplazo.

Cuando los valores se acercan a cero significa que los ecosistemas son muy diversos o heterogéneos y cuando los valores se acercan a uno corresponden a los ecosistemas más homogéneos.

El primer paso para calcular abundancia y diversidad faunística es la captura de los datos obtenidos en el conteo directo, en la base de datos con lo siguiente: nombre común, nombre científico, número de individuos de cada especie.

- Dominancia $D = \frac{\sum n\,(n-1)}{N\,(N-1)}\; D = \sum (n/N)^2$
- Diversidad $D = \frac{\sum N\,(N-1)}{n\,(n-1)}\; D = \frac{\sum 1}{(n/N)^2}\; D = \frac{1-\sum n\,(n-1)}{N\,(N-1)}$

Herpetofauna

Tabla IV.143. Índices de Simpson de reptiles en el sistema ambiental.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Aspidoscelis uniparens	Huico del pastizal	6	30.0000	0.4286	0.1837
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	1	0.0000	0.0714	0.0051
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	2	2.0000	0.1429	0.0204
Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	1	0.0000	0.0714	0.0051
Cophosaurus texanus	Lagartija Sorda Mayor	4	12.0000	0.2857	0.0816
	N	**14**		**Dominancia=0.2739**	
				Diversidad=0.7261	

El grupo de reptiles presentó un índice de dominancia de 0.2739 y una diversidad de 0.7261, lo que indica una comunidad equilibrada, sin especies claramente dominantes. Estos valores reflejan una estructura faunística estable, donde la mayoría de las especies contribuyen de forma similar a la composición del grupo, lo que sugiere buenas condiciones ecológicas y heterogeneidad de hábitats que favorecen la coexistencia de diferentes especies.

Ornitofauna

Tabla IV.144. Índices de Simpson de aves en el área del SA.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Buteo jamaicensis	Águila cola roja	1	0	0.0056	0.00003
Calothorax lucifer	Colibrí Lucifer	1	0	0.0056	0.00003
Cathartes aura	Zopilote aura	20	380	0.1117	0.01248
Haemorhous mexicanus	Pinzon mexicano	10	90	0.0559	0.00312
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	18	306	0.1006	0.01011
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	4	12	0.0223	0.00050
Mareca strepera	Pato Friso	83	6806	0.4637	0.21501
Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	30	870	0.1676	0.02809
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	12	132	0.0670	0.00449
	N	**179**		**Dominancia=0.2739**	
				Diversidad=0.7261	

El grupo de aves presentó un índice de dominancia de 0.2739 y una diversidad de 0.7261, lo que evidencia una comunidad con alta diversidad y baja dominancia, donde varias especies comparten proporciones similares de abundancia. Estos resultados sugieren un ensamblaje equilibrado y funcional, característico de ambientes con buena disponibilidad de recursos y heterogeneidad de hábitats que favorecen la presencia de múltiples especies.

Mastofauna

Tabla IV.145. Índices de Simpson de mamíferos en el área del SA.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	2	0.4000	0.1600
Neotoma albigula	Rata garganta blanca	1	0	0.2000	0.0400
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	1	0	0.2000	0.0400
Xerospermophilus spilosoma	Ardilla de tierra punteada	1	0	0.2000	0.0400
	N	**5**		**Dominancia=0.2800**	
				Diversidad=0.7200	

El grupo de mamíferos presentó un índice de dominancia de 0.2800 y una diversidad de 0.7200, lo que indica una comunidad con baja dominancia y distribución equitativa de abundancias. Estos valores reflejan una estructura estable y balanceada, donde ninguna especie predomina significativamente, lo que sugiere condiciones ambientales favorables y recursos suficientes para el mantenimiento de las poblaciones presentes. El índice de Simpson o también conocido como

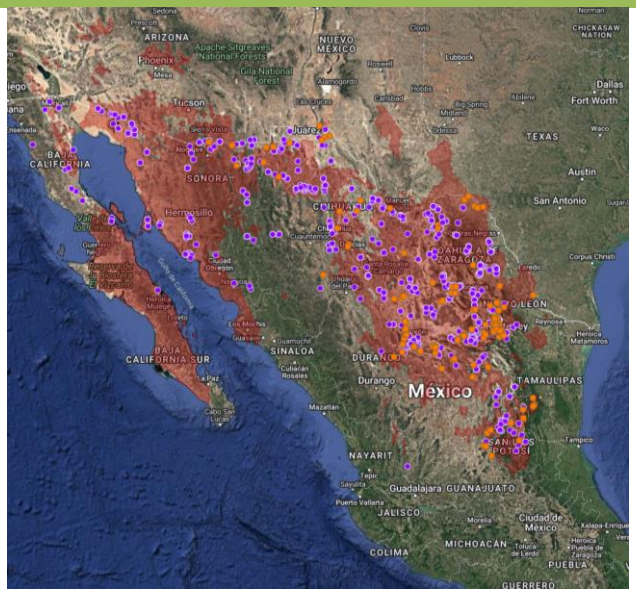
índice de dominancia representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados en una muestra al azar pertenezcan a la misma especie, lo que indica la dominancia de la especie, el valor máximo para este índice es de 1 que indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece, es decir, si la dominancia es alta.

Un sistema es más diverso cuanta menos dominancia de especies hay y la distribución es más equitativa.

Especies de fauna catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Durante la realización del presente estudio se identificó una especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría alguna categoría de riesgo.

Tabla IV.146. Especies de fauna con estatus y su densidad en el sistema ambiental.

Nombre Científico	Nombre común	Densidad (Ind/ha)	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Crotaphytus collaris	Lagartija de collar del altiplano	0.28	Amenazada (A)	

Base de datos de la información levantada en campo para el área del proyecto

Tabla IV.147. Listado de especies de anfibios y reptiles observados durante el muestreo y principales características del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	N° de ind en MDM	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	19	No	No	Lento	No	-
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	8	No	No	Lento	No	-

Nombre científico	Nombre común	N° de ind en MDM	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	3	No	No	Muy lento	Si	Pr

Tabla IV.148. Listado de especies de aves observadas durante el muestreo y principales características del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	N° de ind Vegetación	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Cathartes aura	Zopilote aura	1	No	No	No	No	Sc
Phainopepla nitens	Capulinero negro	1	No	No	No	Si	

Tabla IV.149. Listado de especies de Mamíferos observados durante el muestreo y principales características del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	N° de ind en MDM	Endemismo	Distribución restringida	Lento desplazamiento	Valor cinegético	NOM-059-SEMARNAT-2010
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	No	No	Si	No	Sc

Tabla IV.150. Caracterización de anfibios y reptiles dentro del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	Estacional	Común	Gregaria	Insectívora	Matorral Pastizal	Arbustivo y herbáceo
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	Estacional	Común	Gregario	Insectívora	Matorrales áridos, cerca de cuerpos de agua temporales.	Arbustivo y herbáceo
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	Residente	Común	Solitario	Miocrofágico	Pastizales áridos, matorrales desérticos y dunas con vegetación dispersa.	Arbustivo y herbáceo

Tabla IV.151. Caracterización de aves dentro del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Cathartes aura	Zopilote aura	Residente	Común	Gregario	Carroñero	Bosque, matorral, pastizal	Arbustivo Herbáceo
Phainopepla nitens	Capulinero negro	Residente	Común	Solitaria	Frugívora e insectívora	Matorrales desérticos, mezquitales, zonas ribereñas y cañadas con árboles frutales silvestres.	Arbustivo Herbáceo

Tabla IV.152. Caracterización de mamíferos dentro del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Lepus californicus	Liebre cola negra	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques Matorrales Pastizal	Arbustivo Herbáceo

Importancia ecológica de las comunidades de fauna

La identificación de la importancia ecológica de la fauna consistió en evaluar las principales funciones dentro del ecosistema de acuerdo con el sistema de clasificación de "Funciones Ecológicas Clave" (Marcot, B.G y Vander Heyden 2001), se identifican 7 principales funciones de la fauna silvestre:

- Relaciones tróficas
- Ciclo de nutrientes
- Relaciones entre organismos
- Vectores de enfermedades
- Relaciones del suelo
- Relaciones de las estructuras leñosas
- Relaciones con respecto al agua

Tabla IV.153. Importancia ecológica de las especies de anfibios y reptiles del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	Relaciones con respecto al agua
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	Relaciones con el suelo
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	Relaciones tróficas

Tabla IV.154. Importancia ecológica de las especies de aves del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Cathartes aura	Zopilote aura	Ciclos de nutrientes
Phainopepla nitens	Capulinero negro	Relaciones tróficas

Tabla IV.155. Importancia ecológica de las especies de mamíferos del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Importancia Ecológica
Lepus californicus	Liebre cola negra	Relaciones tróficas

Riqueza específica de especies

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. De acuerdo al muestreo realizado en campo y al conteo directo de las especies observadas, se obtuvo la siguiente riqueza de especies por grupo faunístico:

Tabla. IV.156. Riqueza específica de especies en el área del proyecto.

Grupo de especies	Riqueza observada
Anfibios y reptiles	30
Aves	2
Mamíferos	2
Total	**34**

Se presenta a continuación el listado de las especies observadas durante el muestreo en campo en el área del proyecto:

Reptiles

Tabla. IV.157. Especies observadas y número de individuos del área del proyecto.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Bufonidae	*Anaxyrus cognatus*	Sapo de Espuelas	19
Bufonidae	*Anaxyrus punctatus*	Sapo de Puntos Rojos	8
Phrynosomatidae	*Phrynosoma cornutum*	Lagartija cornuda	3

Aves

Tabla. IV.158. Especies observadas y número de individuos del área del proyecto.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	1
Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	1

Mamíferos

Tabla. IV.159. Especies observadas y número de individuos del área del proyecto.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	No. Individuos observados
Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	2

Abundancia de especies para el área del proyecto.

Relativo al total de individuos por hectárea (Ind/ha) de acuerdo con los datos del muestreo en campo. Como resultado del muestreo realizado, para cada grupo de las especies se obtuvieron los siguientes resultados de abundancia y riqueza.

Tabla IV.160. Abundancia total por grupo de especie en el área del proyecto.

Grupo de especies	Abundancia	Densidad Ind/ha
Anfibios y reptiles	30	6.36
Aves	2	0.424
Mamíferos	2	0.424
Total	**34**	**7.208**

Herpetofauna

Tabla IV.161. Densidad de reptiles en el área del área del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	19	4.02	63.33
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	8	1.69	26.7
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	3	0.64	10.0
Total		**30**	**6.35**	**100.00**

Dentro del área del proyecto solo se encontraron tres especies de reptiles, esto debido a la creciente expansión urbana y a la modificación antrópica de la mayoría de las áreas de muestreo. Se tiene una estimación de densidad de 2.11 individuos por hectárea

Ornitofauna

Tabla IV.162. Densidad de aves en el área del área del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Cathartes aura	Zopilote aura	1	0.212	50
Phainopepla nitens	Capulinero negro	1	0.212	50
Total		**2**	**0.424**	**100.00**

Para el área del proyecto solo se encontraron 2 especies, de las cuales ambas especies tienen una abundancia muy similar, esto debido a que se ven una cantidad muy parecida de

especímenes a lo largo del área del proyecto. Se tiene una densidad de 0.0212 para el área del proyecto.

Mastofauna

Tabla IV.163. Densidad de mamíferos en el área del área del proyecto.

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Densidad Ind/ha	Densidad Relativa %
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	0.42	100
Total		**2**	**0.42**	**100**

Dentro del área del proyecto solo se encontró una especie de mamífero, esto debido a la presencia de ambientes antropizados y hábitats modificados, lo cual dificulta la visualización de especies y ejemplares.

Índices de Biodiversidad

Índice de Shannon y Wiener

Este índice fue desarrollado para medir la cantidad de información que se puede transmitir en un código, por ejemplo, en las señales telefónicas (Shannon y Wiener, 1949). El índice de Shannon indica que todos los individuos que sean muestreados al azar, al momento de tomar una muestra representen a todos los de la comunidad. Este índice está descrito para comunidades indefinidamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad, resultados es un valor estimado.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\mathrm{H} = -\sum_{i=1}^{S} Pi\ log_2\ Pi$$

Dónde:

H = Índice de diversidad
S = Número de especies
Pi = Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i
Log 2 = Logaritmo de base 2

$$Pi = \frac{ni}{\mathrm{N}}$$

Dónde:

ni = Número de individuos de la especie
N = Número total de individuos de todas las especies

A continuación, se muestran los resultados para el área del proyecto

Herpetofauna

Tabla IV.164. Índices de Shannon y Pielou de reptiles en el área del área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	19	0.6333	-0.4568	0.2893
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	8	0.2667	-1.322	0.352
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	3	0.1000	-2.3026	0.2303
	N	**30**			**H=0.8720**
					H max (LnS)= 1.0986
					Pielou (J)= H/H max=0.7937

Dentro del área del proyecto, para los anfibios y reptiles de la zona se encontraron 3 especies, para las cuales se obtuvo un índice de Shannon de 0.8720 (H) mientras que un límite máximo de especies de 1.098 (H max), lo que indica que es una diversidad media. Esto debido a la urbanización del área y a la creciente modificación antrópica en zonas cercanas a los transectos realizados.

En cuanto a la Equitatividad (Pielou) cuando los resultados se acercan a cero significa que las especies en el ecosistema no son equitativamente abundantes, es decir, son más heterogéneos y cuando los valores se acercan a uno corresponden a ecosistemas más abundantes, es decir, más homogéneos. El resultado para el grupo de las anfibios y reptiles es de J=0.793.

Ornitofauna

Tabla IV.165. Índices de Shannon y Pielou de aves en el área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Cathartes aura	Zopilote aura	1	0.5000	-0.6931	0.3466
Phainopepla nitens	Capulinero negro	1	0.5000	-0.6931	0.3466
		N 2			**H=0.6931**
					H max (LnS)= 0.6931
					Pielou (J)= H/H max=1.0000

En el caso de las aves encontradas dentro del área del proyecto, se registraron 2 especies diferentes. Para estos, se obtuvo un índice de Shannon de 0.693 (H) mientras que un límite máximo de especies de 0.693 (H max), lo que indica que todas las especies tienen la misma abundancia relativa.

En cuanto a la Equitatividad (Pielou) cuando los resultados se acercan a cero significa que las especies en el ecosistema no son equitativamente abundantes, es decir, son más heterogéneos

y cuando los valores se acercan a uno corresponden a ecosistemas más abundantes, es decir, más homogéneos. El resultado para el grupo de las aves es de J=1.

Mastofauna

Tabla IV.166. Índices de Shannon y Pielou de mamíferos en el área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	Pi	Log (Pi)	(Pi)*Ln (Pi)
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	1	0	0
		N 2			**H=0**
					H max (LnS)=0
					Pielou (J)= H/H max=0

Dentro del área del proyecto solo se encontró solo una especie de mamífero (*Lepus californicus)*, debido a la presencia de ambientes antropizados, lo cual dificulta la visualización de especies y ejemplares.

Índice de Simpson

Primer índice de diversidad usado en ecología. Es conocido como la medida de concentración y refiere la probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie, también se emplea como un índice de dominancia dada a su marcada dependencia de las especies más abundantes.

Esta cantidad se introdujo por Edward Hugh Simpson. Si *ni* es el número de individuos de especies *i* en la muestra, y *N* es el número total de todos los individuos contados, entonces es un estimado para el índice de Simpson por probar sin el remplazo.

Cuando los valores se acercan a cero significa que los ecosistemas son muy diversos o heterogéneos y cuando los valores se acercan a uno corresponden a los ecosistemas más homogéneos.

El primer paso para calcular abundancia y diversidad faunística es la captura de los datos obtenidos en el conteo directo, en la base de datos con lo siguiente: nombre común, nombre científico, número de individuos de cada especie.

- Dominancia $D = \frac{\sum n\,(n-1)}{N\,(N-1)}\; D = \sum (n/N)^2$
- Diversidad $D = \frac{\sum N\,(N-1)}{n\,(n-1)}\; D = \frac{\sum 1}{(n/N)^2}\; D = \frac{1-\sum n\,(n-1)}{N\,(N-1)}$

Herpetofauna

Tabla IV.167. Índices de Simpson de reptiles en el área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Anaxyrus cognatus	Sapo de Espuelas	19	342	0.633	0.401
Anaxyrus punctatus	Sapo de Puntos Rojos	8	56	0.266	0.071
Phrynosoma cornutum	Lagartija cornuda	3	6	0.1	0.01
	N	**30**		**Dominancia=0.4822**	
				Diversidad=0.5178	

Dentro del área del proyecto se encontraron 3 especies de reptiles. Para los resultados del Índice de Simpson de los anfibios y reptiles se obtuvo un valor de dominancia de 0.4822 y un valor de diversidad de 0.5178, lo que indica que tiene una dominancia y diversidad media, lo cual hace que las especies se distribuyan en la zona de una manera equitativa.

Ornitofauna

Tabla IV.168. Índices de Simpson de aves en el área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Cathartes aura	Zopilote aura	1	0	0.50	0.25
Phainopepla nitens	Capulinero negro	1	0	0.50	0.25
		N 2		**Dominancia=0.5000**	
				Diversidad=0.5000	

Para las aves dentro del área del proyecto se tiene una dominancia de 0.5000 y una diversidad de 0.5000. La Ornitofauna, al tener solo 2 especies encontradas en el área la comunidad está moderadamente dominada, con diversidad intermedia.

Mastofauna

Tabla IV.169. Índices de Simpson de mamíferos en el área del proyecto.

Nombre científico	Nombre Común	n	N*(n-1)	n/N	$(n/N)^2$
Lepus californicus	Liebre cola negra	2	2	1.0000	1.0000
		N 2		**Dominancia=1**	
				Diversidad = 0	

Debido a la urbanización creciente de las zonas aledañas al área del proyecto solo se encontró una especie de mamífero, por lo cual su dominancia en la zona es total y su diversidad baja. Al estar en una zona fragmentada por las construcciones urbanas, las comunidades de mamíferos se desplazan a otras zonas, lo que dificulta su visualización en el área.

El índice de Simpson o también conocido como índice de dominancia representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados en una muestra al azar pertenezcan a la misma especie, lo que indica la dominancia de la especie, el valor máximo para este índice es de 1 que indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece, es decir, si la dominancia es alta.

Un sistema es más diverso cuanta menos dominancia de especies hay y la distribución es más equitativa.

Especies de fauna catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.170. Especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Familia	Nombre científico	Nombre Común	NOM-059-SEMARNAT-2010.
Anfibios	*Anaxyrus cognatus*	Sapo de Espuelas	-
Anfibios	*Anaxyrus punctatus*	Sapo de Puntos Rojos	-
Reptil	*Phrynosoma cornutum*	Lagartija cornuda	-
Ave	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-
Ave	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	-
Mamífero	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	-

Conclusión

El grupo faunístico con mayor riqueza de especies es el de los anfibios y reptiles, por el contrario, el de los mamíferos es el que posee una menor riqueza, esto tanto en el sistema ambiental como en el área del proyecto.

Las especies más abundantes en el sistema ambiental fueron *Cathartes aura* y *Haemorhous mexicanus*. Para el área del proyecto, las especies más abundantes fueron *Anaxyrus cognatus* y *Anaxyrus punctatus*. Esto se debe principalmente a que se trata de especies gregarias, las cuales suelen encontrarse en parvadas con un gran número de individuos en el caso de las aves registradas. En cuanto a las dos especies de anfibios, su alta abundancia se explica por la época del año en que se realizó el muestreo, caracterizada por mayores precipitaciones, lo que favorece las condiciones reproductivas y la disponibilidad de hábitats temporales adecuados para estas especies.

La diversidad en el sistema ambiental y en el área del proyecto es media en el grupo aves y reptiles y baja para mamíferos. En cuanto a la distribución, todas las especies tienden a tener una distribución homogénea en el sistema ambiental, y el área del proyecto influenciada por la estacionalidad y el comportamiento gregario o reproductivo de los organismos observados.

De acuerdo con el índice de Simpson se tiene comúnmente una diversidad y dominancia media para las tres comunidades de fauna, dentro del sistema ambiental como del proyecto. Esto se confirma con la tendencia homogénea de distribución, ya que no se encuentran especies totalmente dominantes y todos los individuos pueden desarrollarse de la misma manera en condiciones normales.

Anexo 5. Fauna

IV.2.3 Paisaje

El paisaje es un elemento importante a considerar como parte del entorno ambiental, este aspecto, aunque puede considerarse subjetivo es de gran relevancia en la percepción general del proyecto. Se reconoce como paisaje a toda manifestación espacial y visual del medio, cuya

imagen da cuenta del resultado de las interrelaciones de los factores que lo conforman. Esto, unido a los patrones estéticos de visualización, permite la comprensión integral del territorio.

Este paisaje se genera a partir de lo que un "observador" es capaz de percibir de ese territorio fundamentalmente por su visión y los demás sentidos. En este caso la aproximación al paisaje es desde dentro del propio terreno, y lo que importa no es tanto el conjunto del paisaje-territorio como la parte de él que se muestra al espectador, es decir, el entorno visual que logra percibir desde su punto de observación (cuenca visual).

La evaluación que se muestra a continuación considera, entre otros atributos, la caracterización de su fragilidad y calidad visual del paisaje, correspondiente al proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua"

Análisis estadístico del Sistema Ambiental

Sistema ambiental - MDM

Para el análisis estadístico se consideraron los sitios de muestreo del Sistema ambiental, ubicados en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo, vegetación que pretende ser afectada por la ejecución del proyecto.

Para estimar el número de especies esperadas a partir del muestreo, se utilizaron las curvas de acumulación de especies, utilizando el modelo de exponencial que indica: *La probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará hasta un máximo entre más tiempo se estudien en campo.* Este modelo nos permitirá dar fiabilidad al muestreo y conocer si el esfuerzo aplicado en campo fue suficiente para obtener un número aceptable de especies.

El modelo exponencial empleado para el análisis de la confiabilidad del muestreo utiliza un programa de tratamiento estadístico de datos (STATISTICA), empleando los siguientes pasos:

Se debe construir una matriz de datos, en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo. Esta matriz puede contener datos de abundancia o, simplemente, presencias y ausencias, ya que la curva de acumulación únicamente representa la adición de especies, independientemente del número de individuos que aporten.

El archivo previamente creado es cargado en el programa EstimateS y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (mínimo de 100).

De la tabla de resultados nos interesan las dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas.

Estos resultados se exportan al programa de tratamiento estadístico de datos y se accede al módulo de Estimación No Lineal, accedemos al sub-módulo que permite introducir un modelo matemático concreto, se escribe la función deseada según la notación especifica del programa empleado. En este caso ajustando al modelo de Exponencial, empleando la siguiente fórmula:

V2=(a*(1-exp(-b*v1)))/b

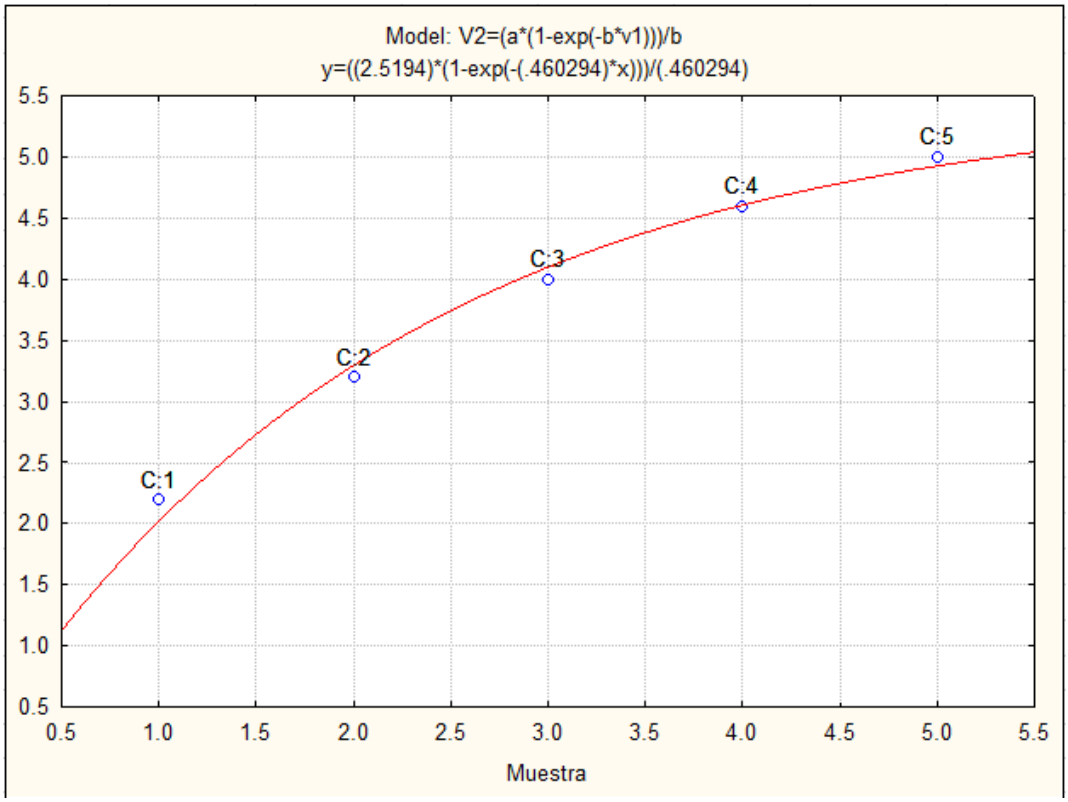
Un R^2 cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo a los datos. La gráfica de la función ajustada a los datos permite hacer una evaluación visual del proceso de inventariado y de su calidad. Los parámetros a y b nos permitirán calcular la pendiente al final de la curva para poder evaluar así, de una manera más precisa y objetiva, la calidad del inventario. También podremos calcular el esfuerzo necesario para registrar una determinada proporción de la flora del lugar y, además, extrapolar el número total teórico de especies (a/b).

Con los datos obtenidos en el programa (a/b) se crea una matriz de datos, en donde son generados los modelos no paramétricos.

Herpetofauna

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para la herpetofauna dentro del SA con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9943** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV.28. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 2.5194
b = 0.4603
n = Número de transectos (5)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	2.5194	PFC= 2.5194/ $(1+0.4603*5)^2$
b	0.4603	**0.231**

Está pendiente, de **0.231** nos indica que hemos logrado un inventario completo y confiable. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal, 2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad.

Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 2.5194
b = 0.4603

Variables		Sobs / (a/b)
a	2.5194	(5/ (2.5194/0.4603))
b	0.4603	**91%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 91% de las especies presentes en la SA, por lo que se puede afirmar que hemos realizado un muestreo confiable. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de

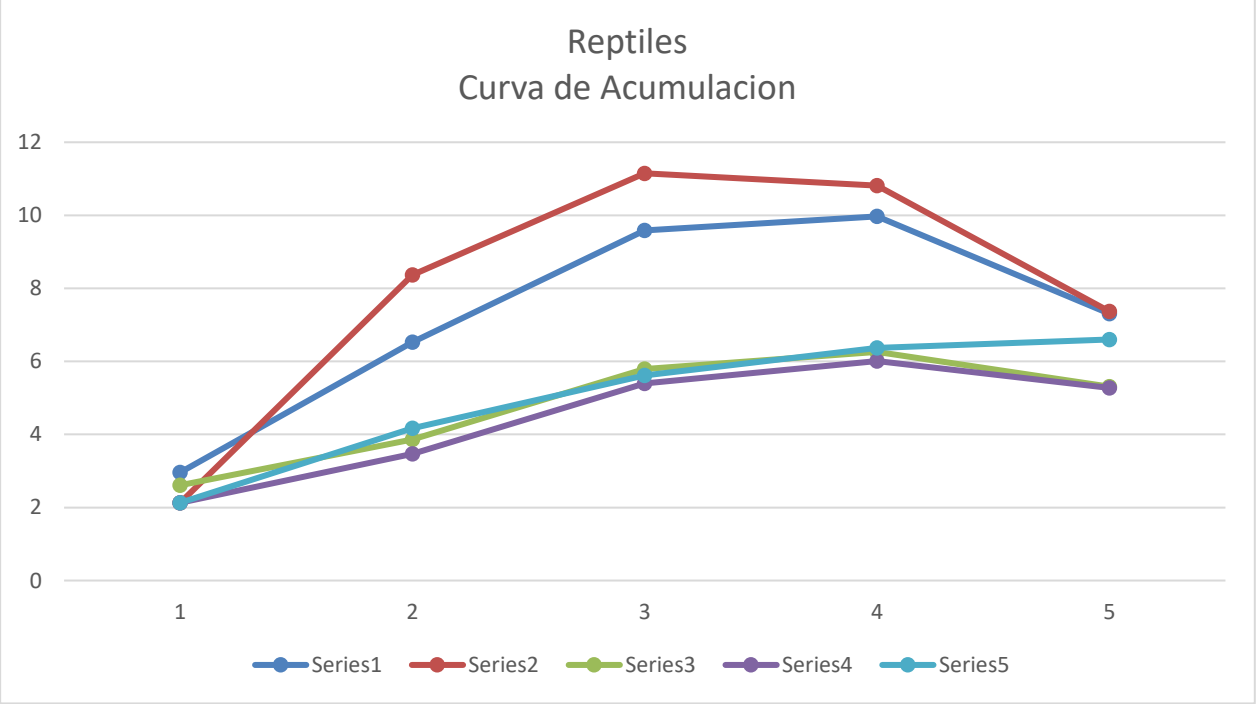
especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 171. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	68	7
ICE Mean	68	7
Chao 1 Mean	94	5
Chao 2 Mean	95	5
Jack 1 Mean	76	6

Como se puede observar los valores del conjunto de estimadores, se obtuvo un resultado igual a los observados en el muestreo. Según los modelos no paramétricos utilizados nos indican un número de 7 a 5 especies esperadas, por lo que podemos afirmar que se ha obtenido un muestreo adecuado al encontrar 5 especies en el área.

Gráfica IV. 29. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

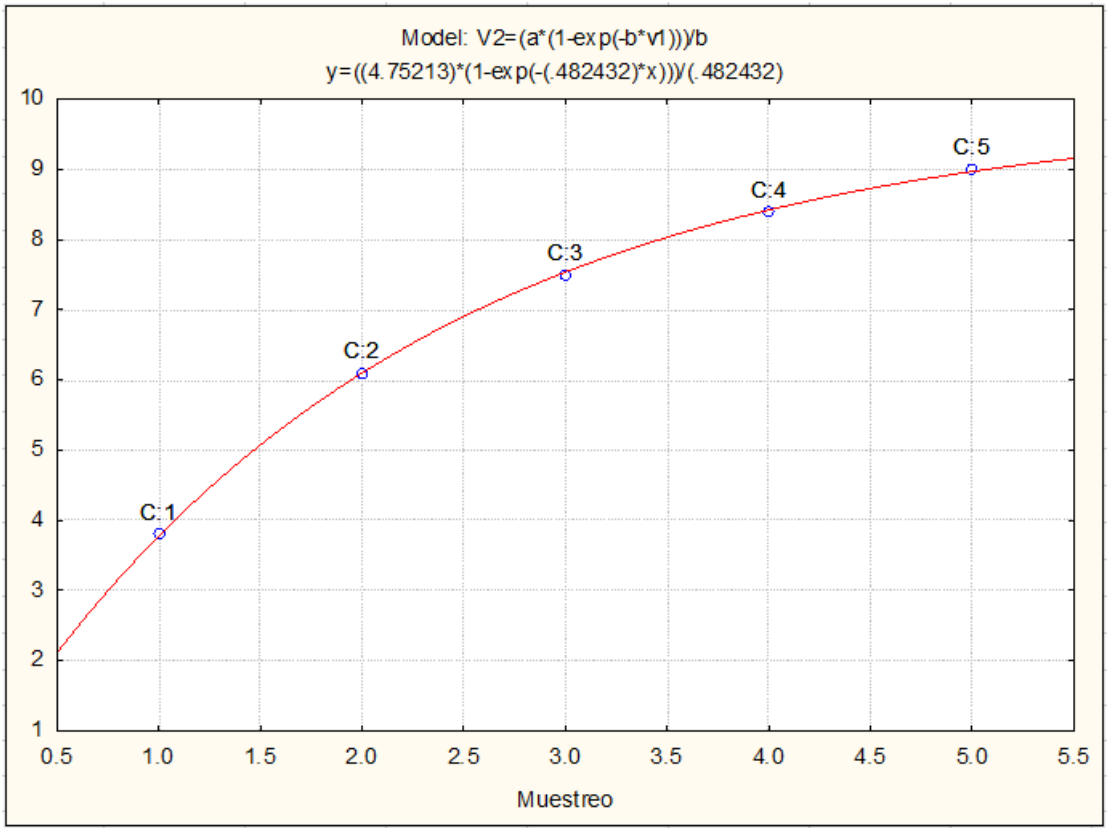


El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico indicando que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo no se incrementará el número de especies, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

Ornitofauna

El siguiente gráfico muestra la curva de acumulación de especies para la ornitofauna dentro del SA con base en los resultados del modelo. El eje de las X indica las unidades de muestreo, mientras que en el eje de las Y se presenta el número de especies encontradas para cada unidad de esfuerzo. El comportamiento de la curva indica un incremento en el número de especies añadidas al inventario según el esfuerzo de muestreo, tendiendo a una estabilización en la curva. El coeficiente de determinación para esta muestra (R2) es de **0.9998** lo que nos indica un buen ajuste del modelo.

Gráfica IV.30. Curva de acumulación de especies y calidad de muestreo.



Para evaluar la calidad del muestreo se calculó la pendiente final de la curva utilizando la siguiente formula:

$$PFC = a/(1+b \cdot n)2$$

Dónde:
PFC = Pendiente final de la curva
a = 4.7521
b = 0.4824
n = Número de transectos (5)

Variables		PFC = a/(1+b·n)2
a	4.7521	PFC= 4.7521/ (1+0.4824*5)^2
b	0.4824	**0.167**

Está pendiente, de **0.167** nos indica que hemos logrado un inventario completo y confiable. Este resultado sustentado en la literatura "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos" Alberto Jiménez-Valverde & Joaquín Hortal, 2013, donde se menciona que resultados de 0.1 o menores, representan confiablidad.
Sobs/(a/b)

Dónde:
Sobs = Especies Observadas
a = 4.7521
b = 0.4824

Variables		Sobs / (a/b)
a	4.7521	(9/ (4.7521/0.4824))
b	0.4824	**91%**

El resultado anterior nos indica que hemos conseguido observar el 91% de las especies presentes en la SA, por lo que se puede afirmar que hemos realizado un muestreo confiable. De acuerdo con Hortal & Lobo a partir de proporciones superiores al 70% las estimas de la riqueza asintótica se hacen estables.

Comparación con modelos no paramétricos

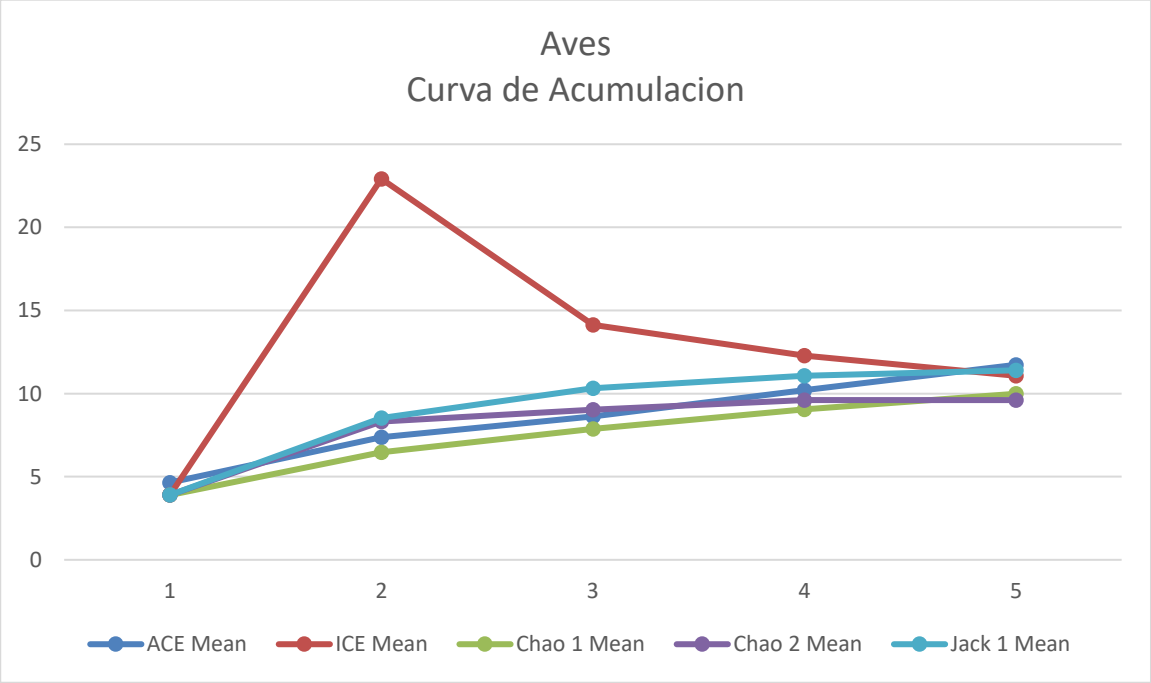
Para determinar la fiabilidad de nuestro muestreo, se realizó una comparación con los modelos no paramétricos, ACE Mean (Estimador que se utiliza cuando se obtiene abundancia), Chao 1 Mean (Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras) y Jack 1 Mean (Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla IV. 172. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.

Modelo no paramétrico	Porcentaje de especies encontradas	No. de especies esperadas
ACE Mean	77	11
ICE Mean	81	11
Chao 1 Mean	90	9
Chao 2 Mean	94	9
Jack 1 Mean	79	11

Los estimadores de riqueza arrojan valores dispares pero complementarios. Esto sugiere una riqueza total estimada en el orden de 9–11 especies esperadas, con indicios claros de especies raras o poco detectadas (reflejado en los valores más altos de Chao1/Chao2). En consecuencia, el inventario actual muestra completitud parcial y se recomienda incrementar el esfuerzo muestral y muestreos en distintas temporadas para mejorar la representatividad y reducir la incertidumbre en la estimación de riqueza.

Gráfica IV. 31. Comparación de especies esperadas con modelos no paramétricos.



El eje de las Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo. La curva de acumulación adquiere un comportamiento asintótico indicando que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo no se incrementará el número de especies, por lo que podemos afirmar que tenemos una confiabilidad adecuada de nuestro muestreo.

IV.2.3.1 Metodología

Los métodos generales aplicados para definir el paisaje son los utilizados por el Servicio Forestal de los EE.UU, (USDA, Forest Servide 1974) y Bureau of Land Management de EEUU (1980), este análisis considera, la caracterización de su visibilidad, fragilidad y calidad.

La metodología, se basa primeramente en una inspección general del sitio para la observación directa, a partir de ésta se definen tramos con vistas importantes o cuencas visuales que requieren de un estudio.

Adicionalmente, se tomaron fotografías panorámicas y puntuales del paisaje, mediante estas imágenes visuales representativas se hará la evaluación del paisaje tomando en cuenta los siguientes tres planos de visualización:

a. **Primer plano**: Corresponde a las zonas ubicadas entre 0 y 500 m. desde el punto de observación. Se caracteriza por la clara percepción de contrastes cromáticos e irregularidades en la superficie, formas y líneas;

b. **Plano medio o fondo escénico**: Se localiza entre 500 y 2,000 m. desde el punto de observación. Permite la percepción de formas generales y líneas. Pierde nitidez la rugosidad del terreno;

c. **Plano de fondo.** Se localiza a más de 2,000 m desde el punto de observación. En general los colores se vuelven más pálidos, la textura es de grano más fino y las líneas se debilitan.

Los componentes que configuran el paisaje se determinaron analizando 2 elementos que son la calidad visual y fragilidad visual, calificándolos en niveles alto, medio y bajo básicamente.

Se entenderá por **calidad visual** a la belleza o valor escénico que posee un paisaje en un momento determinado y previo a cualquier tipo de modificación.

La **fragilidad visual** es la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades. Esta es una forma de establecer su vulnerabilidad.

Tabla IV. 173. Evaluación de la calidad visual.

Nivel De Percepción	Componente Valorado	Calidad Visual		
		Alta	Media	Baja
Características Intrínsecas	Relieve o Topografía	Estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes, con fuertes contrastes o jerarquía visual.	Estructuras morfológicas con modelado suave u ondulado. Sin destacar rasgos apreciables.	Dominancia del plano horizontal de visualización, ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual.

Nivel De Percepción	Componente Valorado	Calidad Visual		
		Alta	Media	Baja
	Fauna	Presencia de fauna en los puntos de observación.	Presencia de fauna esporádica en los puntos de observación.	Ausencia de fauna en los puntos de observación.
	Vegetación	Cubierta vegetal de importancia estética por su contraste de formas, textura y color.	Cubierta vegetal de poca significancia en la configuración por presentar poco contraste y formas comunes.	Cubierta vegetal aislada, ausencia de vegetación o de homogeneidad de formas, colores y texturas.
	Presencia de cuerpos de Agua	Dominancia en la configuración del paisaje, agua limpia y clara, láminas en reposo. Fuerte contraste con el resto de los componentes.	Influencia media en la configuración del paisaje, contraste no sobresaliente.	Ausencia de cuerpos de agua o baja influencia en la configuración del paisaje.
	Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca, vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste; colores homogéneos o continuos.
	Singularidad o rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Paisajes característicos, pero similares a otros de la región.	Paisaje común; inexistencia de elementos únicos o singulares.
	Acción Antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica está modificada en menor grado por obras que no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica.

Tabla IV. 174 evaluación de la fragilidad visual.

Actores	Elementos de influencia	Definición		
		Alta	Media	Baja
Biofísicos	Pendiente	Plano fisiográfico de dominancia vertical. Pendientes de más de un 30%.	Terrenos con modelado suave u ondulado. Pendientes entre 15% y 30%.	Planos de dominancia horizontal. Pendientes entre 0% y 15%.
	Densidad de vegetación	Grandes espacios sin vegetación, agrupaciones aisladas o escasez de diversidad de estratos	Cubierta vegetal discontinua o poca diversidad de estratos.	Grandes masas boscosas o gran diversidad de estratos.

Actores	Elementos de influencia	Definición		
		Alta	Media	Baja
	Contraste de vegetación	Vegetación mono específica, escasez de diversidad o contrastes poco evidentes.	Diversidad de especies media o con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.	Alto grado en variedad de especies, con contrastes fuertes y de gran estacionalidad.
	Altura de vegetación	Vegetación arbustiva o herbácea, sin sobrepasar 1 m de altura.	No hay gran altura de las masas (< 4 m) ni gran diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 4 m
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 500 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (500 a 2000 m). Dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (> 2000 m).
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual.	Cuencas irregulares; mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.
	Compacidad	Vistas panorámicas, abiertas. El paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales. Incidencia visual alta.	Vistas simples o múltiples. El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un bajo porcentaje.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombras o de menor incidencia visual.
Singularidad	Unicidad de paisaje	Existencia y/o cercanía de paisajes singulares, notables, con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Existencia y/o cercanía de paisajes de importancia, pero habituales, sin presencia de elementos singulares.	Existencia y/o cercanía de paisajes comunes. Sin riqueza visual o muy alterados.
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción desde principales caminos o rutas turísticas.	Visibilidad media desde principales caminos o rutas turísticas, ocasional; combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad, vistas repentinas, escasas o breves desde principales caminos o rutas turísticas.

IV.2.3.2. Evaluación

Todas las cuencas visuales se muestran por medio de imágenes, mediante las cuales se realizó la evaluación visual y representativa del Sistema Ambiental.

Figura IV. 42. Ubicación de las cuencas visuales.

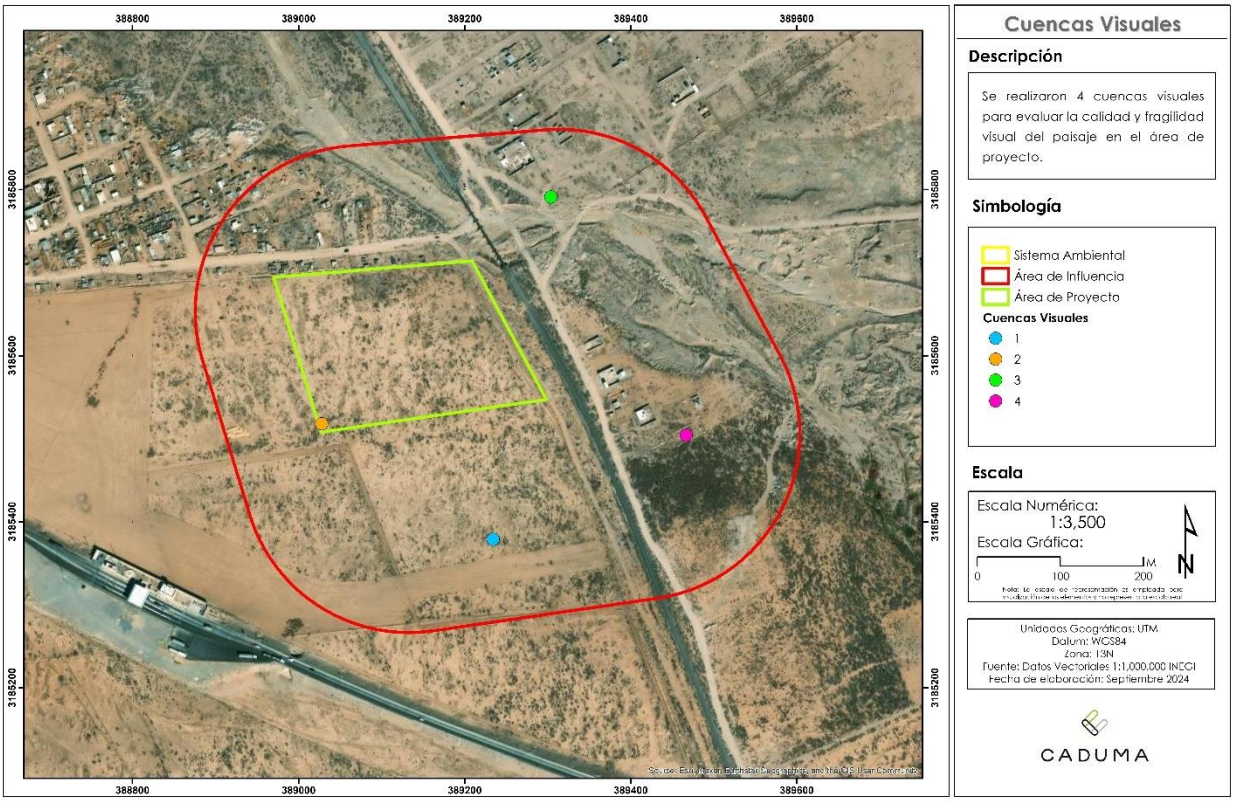


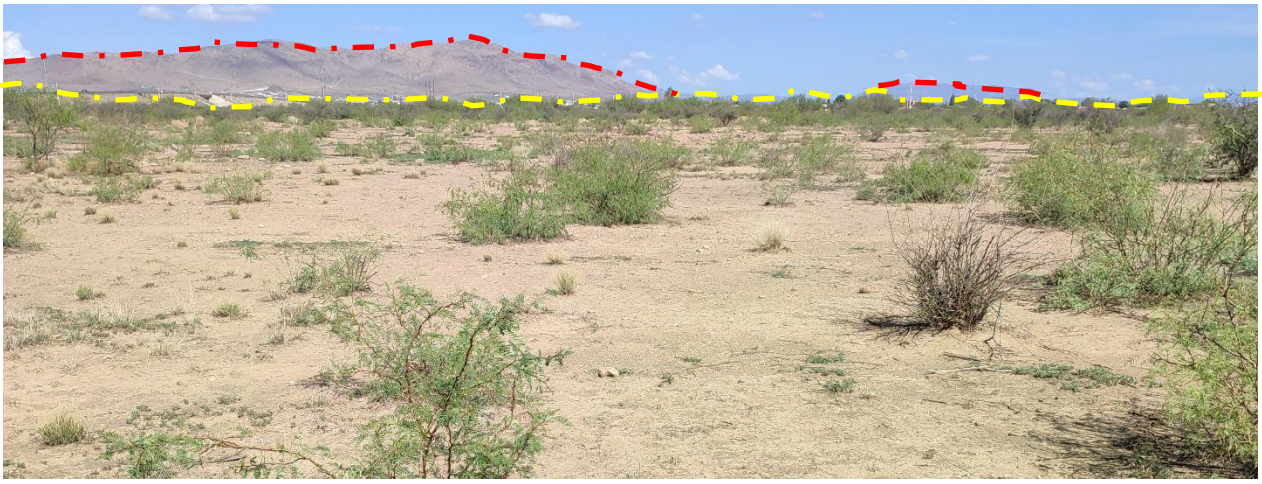
Tabla IV. 175. Evaluación de la calidad y fragilidad visual.

Cuenca Visual	Coordenadas	
	X	Y
1	389027.93	3185518.05
2	389234.23	3185378.83
3	388821.37	3185600.48
4	388623.76	3185521.22

Cuenca visual 1

La cuenca visual presenta una dominancia del plano horizontal de visualización, ausencia de fauna en los puntos de observación, una cubierta vegetal de poca significancia en la configuración por presentar poco contraste, paisaje común con inexistencia de elementos únicos o singulares, cubierta vegetal con poca diversidad de estratos, sin riqueza visual, vegetación monoespecifica o con contrastes evidentes, pero no sobresalientes.

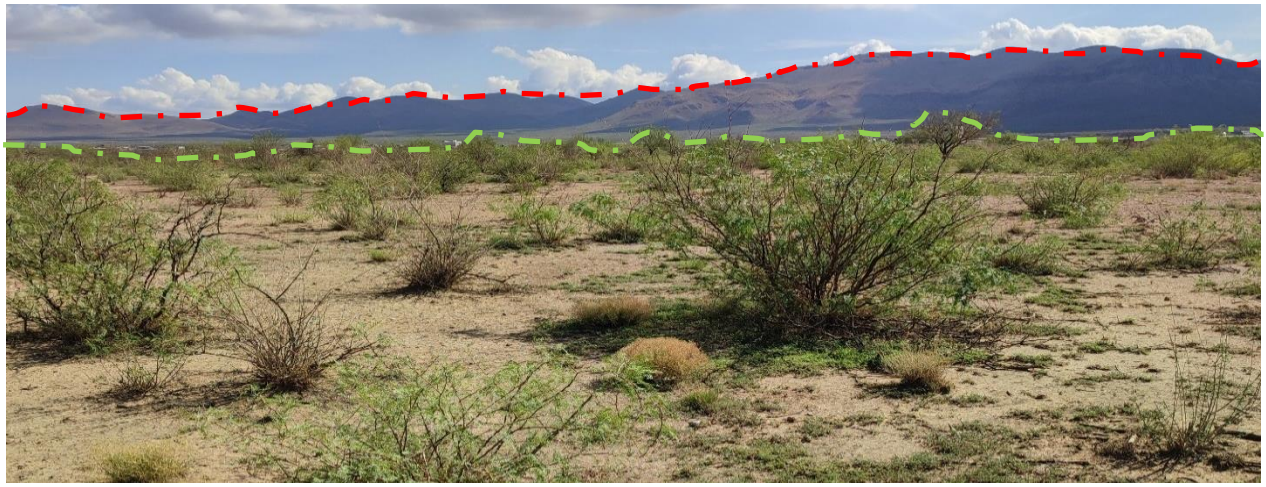
Figura IV. 43. Coordenadas y orientación de las cuencas visuales.



Cuenca visual 2

La cuenca visual presenta una cubierta vegetal de poca significancia por presentar poco contraste, colores y texturas, ausencia de fauna y ausencia de cuerpos de agua. Se observan planos de dominancia horizontal con pendientes entre 0% y 15%, vegetación mono especifica con contrastes poco evidentes, y con cercanía de paisajes comunes, sin riqueza visual.

Figura IV. 44. Cuenca visual 2



Cuenca visual 3

Se observa en la cuenca visual una dominancia del plano horizontal de visualización, una cubierta vegetal de poca significancia por presentar poco contraste y formas comunes, ausencia de cuerpos de agua, así como ausencia de fauna en los puntos de observación y cercanía a paisajes comunes sin riqueza visual, sin embargo, está libre de actuaciones antrópicas.

Figura IV. 45. Cuenca visual 3



Cuenca visual 4

En la cuenca se puede apreciar una cubierta vegetal de poca significancia en la configuración por presentar poco contraste y formas comunes, ausencia de cuerpos de agua, alguna variedad e intensidad en el color y contrastes, pero no actúa como elemento dominante, con cubierta vegetal discontinua y percepción visual alta desde principales caminos y con cercanía de paisajes comunes.

Figura IV. 46. Cuenca visual

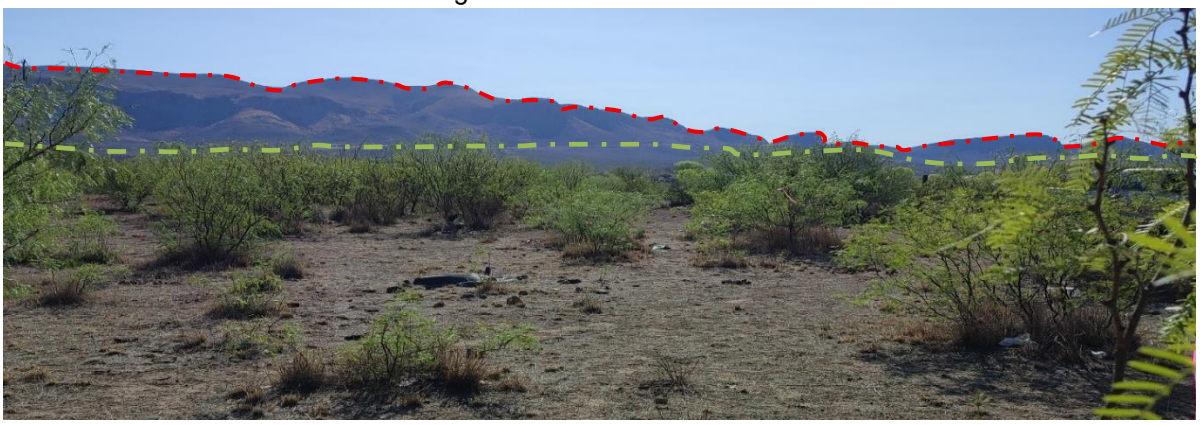


Tabla IV. 176. Evaluación de Calidad Visual.

Conceptos	Cuencas Visuales 1	2	3	4	Niveles Totales
Relieve o Topografía	B	M	B	M	B
Fauna	B	B	B	B	B
Vegetación	M	M	M	M	M

Presencia de cuerpos de Agua	B	B	B	B	B
Variabilidad cromática	B	M	B	M	B
Singularidad o rareza	B	B	B	B	B
Acción Antrópica	A	A	A	A	A
Calidad Visual					**Baja**

Tabla IV. 177. Evaluación de Fragilidad Visual.

Elementos de influencia	Cuencas Visuales 1	2	3	4	Niveles Totales
Pendiente	B	B	B	B	B
Densidad de vegetación	A	M	M	M	M
Contraste de vegetación	A	A	A	A	A
Altura de la vegetación	M	M	M	M	M
Tamaño de la cuenca visual	M	M	A	M	M
Forma de la cuenca visual	A	A	A	A	A
Compacidad	A	M	A	M	M
Unidad de paisaje	B	B	B	B	B
Visual	A	A	A	A	A
Fragilidad Visual					**Media**

IV.2.3.3. Conclusión de Paisaje

Las cuencas visuales cuentan con planos de dominancia horizontal en donde dominan las pendientes entre 0 y 15%, una cubierta vegetal de poca significancia en la configuración por presentar poco contraste y formas comunes, poca variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca, vegetación, cubierta vegetal aislada y ausencia de cuerpos de agua y fauna en los puntos de observación. La mayoría de los escenarios se caracterizan por ser estar libres de actuaciones antrópicas, así como por ser paisajes comunes sin gran riqueza visual.

La evaluación indica que la calidad visual es baja y la fragilidad visual es media. Lo que determinan una sensibilidad paisajística media para el proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua".

IV.2.4 Medio socioeconómico

El proyecto de "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del Municipio de Chihuahua", cuya área en estudio se ubica en el Municipio de Chihuahua, perteneciente al estado de Chihuahua.

a) Aspectos Demográficos

De acuerdo con el Censo de Población Chihuahua 2020, el municipio posee una población de acuerdo a los datos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 178. Habitantes del municipio de Chihuahua.

Municipio	No. habitantes	Hombres	Mujeres
Chihuahua	937,674	457,240	480,434

Fuente: INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2020.

La población total del municipio de Chihuahua tiene un total de 937,674 habitantes, de los cuales, el 46.96% son hombres y el 49.34% son mujeres.

Evolución demográfica

De acuerdo a la información que muestra el consejo nacional de población, se muestran los datos del municipio de Chihuahua acerca de la proyección de población de los años siguientes de corto y largo plazo.

Tabla IV. 179. Proyecciones de la población del municipio de Chihuahua.

Año	No. Habitantes
2030	10.3%
2050	17.1%

Fuente: SEDATU.

Natalidad y mortalidad

En el Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua 2017 menciona que en el año 2016 el municipio de Chihuahua registró un total de 14 904 nacimientos de los cuales 7 624 son hombres y 7 280 son mujeres. En el caso de las defunciones, en el año 2015 se registraron 5 405 de los cuales 3 018 son hombres y 2 381 mujeres.

b) Factores socioculturales

Actividades Económicas

En el municipio de Chihuahua las actividades económicas se concentran un 41.8% en el Comercio al por menor, continua con 17.9% en otros servicios excepto actividades gubernamentales, continua con el Servicio de Alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas con el 41.1%, en 4to lugar se ubica la industria manufacturera.

Índice de marginación

La estimación del índice de marginación se evalúa aspectos que tiene la población, como el nivel educativo, si tiene vivienda y de que materiales está construida, servicios de los que dispone la localidad, así como la densidad de población, las personas que tienen empleo y su salario. El siguiente recuadro muestra los indicadores socioeconómicos, así como el índice y grado de marginación en que se encuentra el municipio de Chihuahua.

Cobertura de Servicios Básicos

Vivienda

Según datos del Anuario Estadístico de Chihuahua 2020 en el municipio de Chihuahua se tienen registradas 1 033 216 total de viviendas habitadas, con 877 939 ocupantes.

Energía eléctrica

El municipio de Chihuahua posee un total de 322 763 usuarios que disponen de energía eléctrica, lo cual significa que el 36.75% de la población total (878 062) cuenta con disponibilidad de energía eléctrica al 31 de diciembre del 2016.

Sistema y cobertura de la seguridad social

De acuerdo a los datos del Anuario Estadístico y Geográfico de Chihuahua en el 2017, la población derechohabiente atendida por las instituciones de seguridad social ubicadas dentro del municipio de Chihuahua es el siguiente:

Tabla IV. 180. Unidades médicas y población usuaria en el municipio de Chihuahua

Institución	Unidades médicas	Población usuaria	Personal médico
IMSS	9	542904	1057
ISSTE	2	ND	217
PEMEX	0	1472	0
SEDENA	4	5491	41
Pensiones Civiles	1	48824	336
IMSS – Prospera	2	ND	2
SSA	28	ND	585
ICHISAL	3	26216	618

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua, 2015.

Educación

La infraestructura educativa y docente respecto al número de alumnos inscritos es suficiente para atender las necesidades de la población del municipio hasta el nivel bachillerato.

Tabla IV. 181. Escuelas existentes en el Municipio de Chihuahua.

Escolaridad	Alumnos	Docentes
Preescolar	34460	1417
Primaria	90655	3530
Secundaria	43621	2712
Bachillerato	27007	1723
Superior	14421	2601
TOTAL	**210164**	**11983**

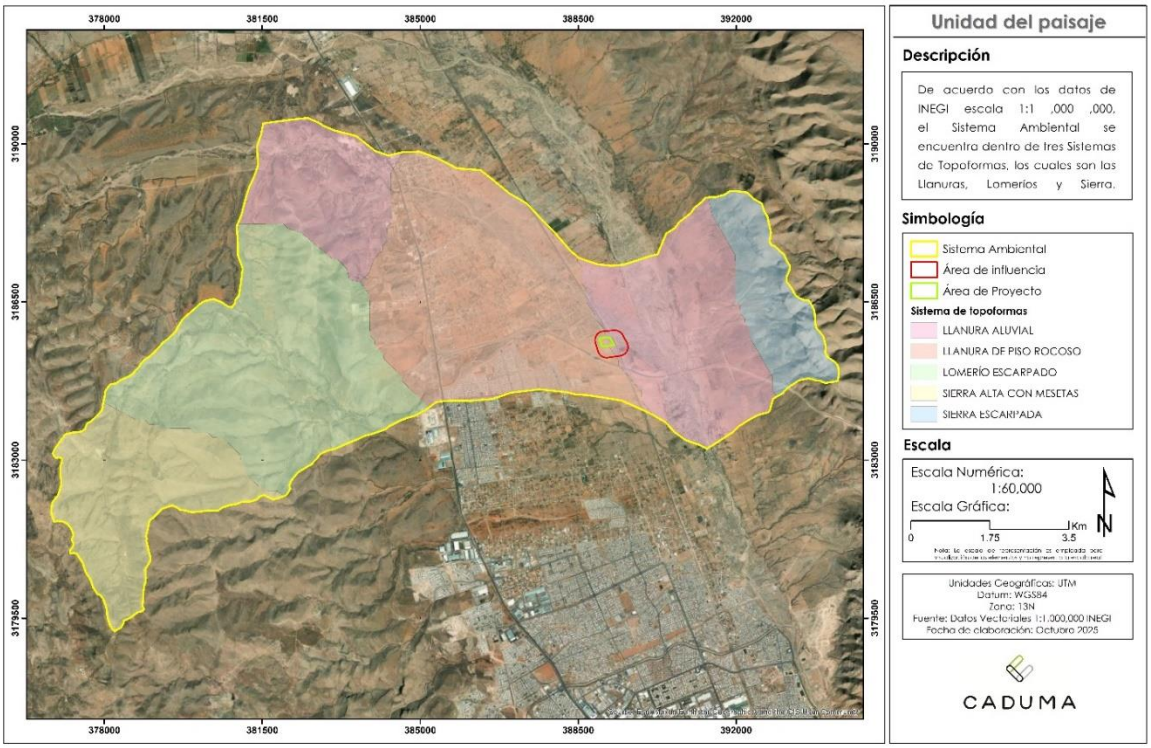
Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua, 2015.

IV.3 Diagnóstico ambiental

La finalidad del diagnóstico ambiental es analizar y evaluar el grado de conservación y/o deterioro presente en el área de estudio, así como las capacidades que tiene el medio para mantenerse en equilibrio o en caso de adversidad, auto regularse.

Se puede establecer que no se provocarán desequilibrios ambientales significativos en el sistema ambiental ya que en la zona del proyecto no se encuentran elementos relevantes o críticos. El ecosistema en la zona no presenta alteraciones significativas que representen un desequilibrio ecológico. No se distinguen acciones que impacten negativamente la salud pública y el desarrollo de las comunidades o poblaciones en la zona de influencia. No presenta perturbación crítica en la cobertura vegetal original.

Figura IV. 47. Unidad de paisaje.



Integración e interpretación del inventario ambiental

En este apartado se consideró determinar la calidad de los factores ambientales y sociales mediante un sistema de evaluación, en el cual se describe brevemente la condición en función de su estado.

Tabla IV. 182. Niveles de calidad ambiental

Niveles de calidad ambiental
Original
Escasamente modificado
Moderadamente modificado
Totalmente modificada

Tabla IV. 183. Valoración y descripción del escenario ambiental.

Elemento	Condición	Indicadores	Descripción
Agua	Escasamente modificado	Calidad de agua Modificación de corrientes. Perforación de pozos.	Este recurso presenta pocos impactos por actividades antropogénicas.
Suelo	Escasamente modificado	Erosión. Extracción de materiales.	Existe una moderada modificación en el Sistema Ambiental por erosión hídrica e influencia humana.
Atmósfera	Escasamente modificado	Calidad del aire. Ruido. Olores.	En la zona que ocupa el Sistema Ambiental existen pocas perturbaciones a la atmósfera. No se considera la emisión de ruido cotidiana de actividades que sobre pasen los límites establecidos por la NOM-081-SEMARNAT-1994.
Flora	Escasamente modificado	Aprovechamientos. Biodiversidad. Especies bajo NOM-059-SEMARNAT-2010.	De las especies encontradas dentro del Sistema Ambiental, ninguna se encuentra dentro de la lista de especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Fauna	Escasamente modificado	Biodiversidad. Especies bajo NOM-059-SEMARNAT-2010.	Dentro del Sistema Ambiental no se encontraron especies dentro de las listas de especies en riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Paisaje	Moderadamente modificado		La evaluación realizada al Paisaje del Sistema Ambiental indica que la calidad visual es baja y la fragilidad

Elemento	Condición	Indicadores	Descripción
			visual es media. Lo que determinan una sensibilidad paisajística actual media.
Social	Moderadamente modificado (+)		La comunidad más cercana al área de estudio es la localidad de San Juanito, donde existe una dotación de servicios como: electricidad, sistema de drenaje, seguridad social y servicios de salud, así como instalaciones educativas.
Económico	Moderadamente modificado (+)		La actividad económica que más se lleva a cabo en la comunidad, es el turismo, la silvicultura y la agricultura.

Una vez analizados los elementos que afectan directa e indirectamente la calidad del ambiente, se concluye que el estado que guarda el inventario ambiental puede englobarse en una condición de **escasamente modificado**, sin embargo, existen elementos ambientales y sociales que deberán ser considerados puntualmente para realizarles una evaluación más a fondo y la mitigación de los impactos ambientales correspondiente.

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SINÉRGICOS, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL.

V.1 Identificación de impactos ambientales

En este capítulo se describen las metodologías utilizadas para identificar los posibles impactos ambientales que pudieran generarse durante las etapas del proyecto.

El objetivo de este apartado es identificar y caracterizar los impactos ambientales que puedan ser producidos en cada una de las etapas que componen al proyecto. Para ello es necesario considerar e identificar el tipo o atributos de impacto ambiental, como el área que se afecta y la duración de los impactos, los componentes y funciones ambientales afectados, los efectos directos e indirectos, los impactos primarios o de orden mayor, los efectos sinérgicos y combinados, su magnitud, importancia y riesgo, entre los más importantes (INEGI, 2000).

El resultado de esta sección es la construcción del escenario resultante al introducir el proyecto en el Sistema Ambiental, lo que permitirá identificar las acciones que pudieran generar desequilibrios ecológicos que por su magnitud e importancia, provocarían daños al ambiente y/o contribuirían en la consolidación de los procesos de cambio existentes.

V.1.1 Componentes del proyecto

Para el análisis preliminar de la identificación de impactos ambientales se describen cada una de las etapas con sus acciones y componentes, así como las perturbaciones o impactos que podría ocasionar la implementación del proyecto al ambiente.

Tabla V.1. Identificación de componentes e impactos generales.

Etapa	Actividad	Acciones y componentes del proyecto	Perturbaciones o impactos
Preparación del sitio	Desmonte	Remoción de vegetación con ayuda de maquinaria y/o motosierras dentro del área del proyecto.	Pérdida de hábitat para la fauna, disminución de la cobertura vegetal, contaminación auditiva.
	Despalme	Remoción de la capa orgánica superficial del suelo dentro del área del proyecto.	Pérdida de suelo, pérdida de hábitat para fauna, contaminación atmosférica por emisiones y contaminación auditiva.
	Acarreo de material	Transporte del material producto del desmonte y despalme hasta el sitio de utilización o depósito.	Contaminación auditiva, contaminación atmosférica por emisiones.
	Obras provisionales	Instalaciones de almacenes temporales para el resguardo de materiales y/o maquinaria, además de oficina móvil.	Afectación a la apariencia visual, generación de residuos.
Construcción	Terracerías	Compactación del terreno natural en el área de desplante y terraplenes.	Pérdida de suelo, contaminación atmosférica por emisiones y contaminación auditiva.
	Construcción	Construcción de diferentes edificaciones.	Pérdida de permeabilidad, contaminación atmosférica por emisiones y contaminación auditiva.

	Instalaciones eléctricas	Implementación del servicio de electricidad para todas las áreas necesarias.	Contaminación auditiva y visual.
	Instalaciones sanitarias	Implementación del servicio de agua potable y para uso sanitario.	Contaminación auditiva y visual.
	Instalación de equipamiento	Implementación e instalación del equipo necesario para tener edificaciones de calidad.	Contaminación auditiva y visual.
	Vialidades	Construcción de capas que brindan la capacidad estructural a las vialidades para soportar cargas de circulación vehicular.	Perdida de permeabilidad, contaminación atmosférica y auditiva.
	Áreas verdes	Implementación de áreas verdes.	-
Operación	Separación	Ingreso y separación de residuos.	Contaminación visual.
	Biosecado y bioestabilización	Clasificación de residuos en aprovechables como combustible o dispuestos directamente en el relleno sanitario.	Contaminación visual, auditiva.
Abandono del sitio	Abandono del sitio	Cosiste en el término de las operaciones, retiro de maquinaria, limpieza y abandono del sitio.	-

V.1.2 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto se desarrolló una matriz de impactos en la cual se evalúan de manera cualitativa los efectos generados, considerando su presencia, magnitud, extensión y temporalidad.

Se consideró el método de modelos matriciales de Leopold, con variantes en los parámetros de la matriz. Este método se seleccionó como el más adecuado para la identificación y valorización para el proyecto.

El método de matrices es considerado como el más apropiado para la evaluación del impacto ambiental en proyectos carreteros, al igual que el método de sobre posición de mapas (IMT, 2001).

A continuación se describe de manera general los pasos utilizados para la evaluación de los impactos generados por la realización del proyecto carretero:

- Como primer paso de evaluación se buscó identificar de manera general todos los impactos que pudieran generarse en las distintas etapas del proyecto.

- Una vez identificados los impactos del proyecto se realizó el análisis de cada uno de ellos en relación a su sinergia y acumulación.

- Al concluir los puntos anteriores se procede a la categorización de cada uno de los impactos en base a su relevancia (significancia).

V.1.3 Justificación de la metodología seleccionada

Como se mencionó anteriormente, la metodología empleada para la evaluación de impactos ambientales se basa en la propuesta del método de Leopold, la cual es ampliamente conocida y empleada para este tipo de proyectos.

El método de Leopold fue desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros, posteriormente resultó útil en proyectos de construcción de obras, como aplica en este proyecto.

El objetivo del método consiste en desarrollar una matriz en la cual se relacionan las características particulares del proyecto con sus causas y efectos.

Originalmente es un método de identificación de impactos, sin embargo con las modificaciones propuestas por varios autores permite establecer de manera muy clara los impactos ambientales y establecer diversos criterios como signo, magnitud, extensión y temporalidad.
Ventajas del método seleccionado:

- Considera la posibilidad de impactos sobre diversos factores ambientales.
- Establece la magnitud e importancia de un impacto ambiental.
- Se puede manejar de manera independiente para diversos componentes ambientales o socioeconómicos.
- Sirve como resumen en la información contenida en la evaluación de impacto ambiental.

V.1.4 Técnicas para evaluar los impactos ambientales

Etapas seleccionadas para identificación de impactos de acuerdo al proyecto.

Se identificaron los impactos ambientales generados en cada etapa del proyecto, para obtener una vista más clara y precisa de las afectaciones que se generaran al ambiente.

Con la finalidad de establecer un procedimiento simplificado y preciso se decidió identificar los impactos ambientales de acuerdo con la etapa en que se genera.

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo II del presente estudio se identificó 1 etapa.

Tabla V.2. Etapas del proyecto.

Etapa	Actividad
Preparación del sitio	Desmonte
	Despalme
	Acarreo de material
	Obras provisionales
Construcción	Terracerías
	Construcción
	Instalaciones eléctricas
	Instalaciones sanitarias
	Instalación de equipamiento
	Vialidades
	Áreas verdes
Operación	Separación
	Biosecado y Bioestabilización
Abandono del sitio	Abandono del sitio

Estas etapas fueron seleccionadas debido a que engloban todos los posibles impactos ambientales que se pudieran generar al inicio, durante y después de la construcción del Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua.

Adicionalmente se proponen cada una de las actividades más representativas por etapa para su evaluación en particular.

Indicadores o factores ambientales, económicos y sociales de impacto

En el proceso de identificación de los indicadores o factores que pudieran tener una relación y eventualmente ser afectados por la ejecución del proyecto, se han seleccionado considerando su presencia en el área del proyecto SA, por su relevancia ambiental o social.

Estos factores serán evaluados teniendo en cuenta diversos criterios que serán descritos en el siguiente apartado y que consideran su magnitud, extensión y temporalidad.

Lista indicativa de factores e indicadores de impacto

Derivado del análisis del Sistema Ambiental y los aspectos socioeconómicos directamente relacionados con la región y las actividades que considera el proyecto, se determinó emplear los siguientes factores:

Tabla V.3. Factores de impacto.

Factores
Agua
Suelo
Atmósfera
Flora
Fauna
Paisaje
Social
Económico

Tabla V.4. Indicadores específicos por factor evaluado.

Factor	Indicador	Indicadores específicos
Agua	Superficial	Calidad del agua Capacidad hidráulica
	Subterránea	Calidad del agua Extracción
Suelo	Erosión	Erosión
	Características Físico - Químicas	Textura Metales pesados Hidrocarburos Materia Orgánica
	Permeabilidad	Capacidad de infiltración
	Geomorfología	Cortes y terraplenes
	Estructura del suelo	Perdida de capa fértil
Atmósfera	Calidad del Aire	Partículas suspendidas COV, NOx SO2 Hidrocarburos
	Estado acústico	Mayor de 65db.
	Olores	Percepción desagradable
Flora	Terrestre	Perdida de cubierta vegetal Especies en estatus NOM-059-SEMARNAT-2010 Introducción de especies exóticas
Fauna	Terrestre	Eliminación Especies en estatus NOM-059-SEMARNAT-2010 Perdida de hábitat
	Acuática	Eliminación Dispersión Pérdida de hábitat
Paisaje	Relieve	Alteración de la topografía
	Apariencia visual	Estructuras geométricas agresivas Cambios bruscos de color Residuos

	Biológico	Cambio de vegetación Mutilación de la vegetación
Social	Bienestar social	Servicios
	Riesgo	Accidentes de transito
Económico	Empleo	Temporal Permanente
	Ingreso	Derrama económica en la zona

Criterios y metodologías de evaluación

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental pueden definirse como aquellos elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto o actuación sobre el medio ambiente. En ese sentido estos criterios y métodos tienen una función similar a los de la valoración del inventario, puesto que los criterios permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, mientras que los métodos de evaluación lo que tratan es de valorar conjuntamente el impacto global del proyecto.

Criterios

Para este proyecto se determinó utilizar los siguientes criterios para la evaluación de los impactos ambientales:

Tabla V.5. Criterios.

Criterio	Descripción
Signo	Muestra si el impacto es positivo (+), negativo (-) o neutro (o).
Magnitud o dimensión	Se refiere al grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado factor.
Extensión o desarrollo	Considera la superficie afectada por un determinado impacto.
Temporalidad o permanencia	Este criterio hace referencia a la permanencia de un determinado impacto desde su aparición.

Fuente: Elaboración propia a partir de las definiciones de la Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, vías generales de comunicación.

Signo

La asignación de este signo permite identificar si se trata de un impacto favorable o adverso.

Tabla V.6. Valores para la intensidad de impactos.

Valor	Intensidad
(+)	Positivo o favorable
(-)	Negativo o adverso
(0)	Neutro

Magnitud o dimensión

Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos, este puede ser favorable o desfavorable.

Tabla V.7. Valores de escala de magnitud.

Valor	Intensidad
1 a 2	Irrelevante
3 a 4	Leve
5 a 6	Moderado
7 a 8	Severo
9 a 10	Crítico

Extensión o desarrollo

Se refiere a la cobertura, extensión puntual, local, regional, etc.

Tabla V.8. Valores de cobertura, extensión puntual, local, regional, etc.

Valor	Cobertura	Extensión
1- 2	Puntual	Hasta 1 km.
3- 5	Local	Hasta 15 km.
6- 8	Regional	Hasta 150 km.
9-10	Estatal o internacional	Más de 150 km.

Temporalidad o permanencia

Valores que se le asignan al impacto dependiendo la duración.

Tabla V.9. Valores de duración en el tiempo de los impactos ambientales identificados.

Valor	Temporalidad	Plazo
1	Fugaz	Menos de 1 año
5	Temporal	De 1 a 10 años
10	Permanente	Más de 10 años

V.1.5. Evaluación de Impactos Sinérgicos y Acumulativos

Una vez identificados los impactos ambientales y evaluados en base a los elementos de magnitud, extensión y temporalidad se realiza una evaluación en relación a sus efectos sinérgicos o acumulativos.

Definición de acuerdo con la Guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional (SEMARNAT, 2010).

- Impactos sinérgicos: aquel que se produce cuando el efecto continúo de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales consideradas aisladamente.

- Impactos acumulativos: Efecto en el ambiente que resulta de la adición de los impactos que potencialmente puede generar una obra o actividad, con los que ya generaron otras obras sobre el mismo componente ambiental o que actualmente los están generando.

V.1.6. Impactos Sinérgicos

La identificación de los impactos que tengan una sinergia se evaluará llevando a cabo una matriz de 2 entradas en la que se evalúa cada uno de los factores entre sí y con ello identificar su sinergia.

Una vez identificados se realiza una valoración a juicio del grupo de trabajo para determinar su nivel de sinergia con otros factores.

Tabla V.10. Clasificación de los niveles de sinergia.

Identificador	Nivel de sinergia
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Tabla V.11. Agrupación de indicadores con relación sinérgica para el proyecto en particular.

Impactos Sinérgicos																								
		Agua		Suelo					Atmósfera			Flora	Fauna		Paisaje			Social		Económico	
Factor	**Indicador**	Superficial	Subterránea	Erosión	Físico-Químicas Características	Permeabilidad	Geomorfología	Estructura del suelo	Calidad del Aire	Estado acústico	Olores	Terrestre	Terrestre	Acuática	Relieve	Apariencia visual	Biológico	Bienestar social	Riesgo	Empleo	Ingreso
Agua	Superficial																				
	Subterránea	1																			
Suelo	Erosión	2	2																		
	Características Físico-Químicas			1																	
	Permeabilidad		2	1																	
	Geomorfología																				
	Estructura del suelo			1	1	1	1														
Atmósfera	Calidad del Aire			1																	
	Estado acústico																				
	Olores								1												
Flora	Terrestre		1	2		2	1	1													
	Acuática																				
Fauna	Terrestre											2									
	Acuática						1			1											
Paisaje	Relieve																				
	Apariencia visual						2					2			2						
	Biológico						2					2	1		1						
Social	Bienestar social						1														
	Riesgo																				
Económico	Empleo																		1		
	Ingreso																			1	

V.1.7. Impactos Acumulativos

Para la evaluación de impactos acumulativos se identificaron aquellas actividades presentes o pasadas, que generen o hayan generado cambios en el ecosistema y que puedan generar un efecto acumulativo sobre los indicadores o factores que serán afectados por el proyecto.

Para esta evaluación se consideró manejar una escala de juicio en base a su magnitud. Esta consideración fue propuesta con la finalidad de vincular este valor a la matriz de impacto del proyecto.

Como primer paso se realizó la lista de actividades que tienen un efecto en el ecosistema.

Tabla V.12. Actividades con impactos en el ecosistema.

Actividad con impactos en el ecosistema
Vías de comunicación
Habitacional

Una vez identificadas las actividades con impacto en el ecosistema se evalua la magnitud, por factor e indicador ambiental y se determina el impacto acumulativo en base a la Tabla V.13.

Tabla V.13. Valores de intensidad.

Valor	Intensidad
1 a 4	Irrelevante
5 a 8	Leve
9 a 12	Moderado
13 a 16	Severo
17 a 20	Critico

El valor de intesidad que se le da al impacto acumulativo, así como los criterios de magnitud, temporalidad, extensión así como su sinergia, servirán para determinar los impactos significativos por factor.

Tabla V.14. Evaluación de impactos acumulativos por factor y actividad.

Impactos Acumulativos				
Factor	**Indicador**	**Actividad**		
		Vías de acceso	Habitacional	Impacto Acumulativo
Agua	Superficial	2	2	4
	Subterránea	2	2	4
Suelo	Erosión	3	2	5
	Características Físico Químicas	2	2	4
	Permeabilidad	3	3	6
	Geomorfología	2	2	4
	Estructura del suelo	3	3	6

Atmósfera	Calidad del Aire	4	2	6
	Estado acústico	3	1	4
	Olores	1	1	2
Flora	Terrestre	1	1	2
	Acuática	0	0	0
Fauna	Terrestre	2	2	4
	Acuática	0	0	0
Paisaje	Relieve	2	2	4
	Apariencia visual	3	3	6
	Biológico	2	2	4
Social	Bienestar social	4	2	6
	Riesgo	4	2	6
Económico	Empleo	2	1	3
	Ingreso	3	3	6

V.1.8. Matriz de Impactos Ambientales

Como se describió anteriormente en este apartado se lleva a cabo la elaboración de la Matriz de Impactos empleado los criterios y actividades del proyecto por etapa para identificar la magnitud, temporalidad y extensión.

Se anexa al presente estudio la Matriz de Evaluación de Impactos.

ANEXO 7. Matriz de impactos ambientales

Descripción de impactos ambientales identificados

Tabla V.15. Descripción de Impactos ambientales y etapas en la que se identificaron.

Factor		Indicador	Descripción de Impacto	Etapas	Temporalidad	Magnitud
1	Agua	Superficial	La capacidad hidráulica de captación se podría ver afectada por el arrastre y la acumulación de partículas de material utilizado en la obra.	PS, CO	Temporal	Leve
2		Subterránea	La calidad del agua subterránea se podría ver afectada por la posibilidad de un derrame de aceite, pintura o alguna otra sustancia usada en el proceso de obra.	PS, CO	Permanente	Moderado
3			La remoción de vegetación y de la capa superficial del suelo disminuirá la capacidad de infiltración del agua al subsuelo.	PS	Permanente	Moderado
4	Suelo	Características físico químicas	Las actividades de desmonte y despalme tendrán una afectación directa a las características físicas del suelo, principalmente por la pérdida de materia orgánica y la modificación de su estructura.	PS	Fugaz	Moderado
5	Suelo	Erosión	Durante las desmonte y despalme, el suelo quedará desprotegido, dejando al descubierto el horizonte de suelo orgánico, el cual será susceptible de arrastre principalmente por efectos del viento, sin embargo, la temporalidad de estas actividades será fugaz por lo cual este impacto se considera moderado.	PS	Fugaz	Moderado
6	Suelo	Permeabilidad	Durante la preparación del sitio y construcción se realizarán las actividades que provocarán un impacto en capacidad de infiltración, debido a la remoción de la vegetación, sin embargo es moderada en relación a la dimensión del área del proyecto a desmontar respecto al Sistema Ambiental.	PS, CO	Temporal	Moderado

7	Suelo		Durante las actividades se realizará compactación reduciendo la permeabilidad del suelo, sin embargo esta superficie será muy limitada en relación al área del sistema ambiental.	PS	Fugaz	Leve
8	Suelo	Estructura del suelo	El impacto en la estructura del suelo se deberá principalmente a la pérdida de la capa fértil del mismo, durante las actividades de preparación del sitio y construcción.	PS, CO	Temporal	Leve
9	Suelo		Las actividades de preparación del sitio y construcción afectaran la estructura del suelo.	PS, CO	Temporal	Moderado
10	Suelo	Geomorfología	La geomorfología del suelo se ve afectada por las actividades de preparación del sitio y construcción.	PS, CO	Fugaz	Moderado
9	Aire	Calidad del Aire	La calidad del aire se verá afectada por la generación de emisiones a la atmósfera de gases de combustión derivados del uso de maquinaria y equipos, así como la emisión de partículas suspendidas en las actividades de preparación del sitio y construcción	PS,CO	Temporal	Leve
11	Aire	Estado acústico	El uso de la maquinaría durante las etapas de preparación del sitio y construcción. así como la operación, tendrán un efecto negativo derivado de las emisiones de ruido, generado por la maquinaria y personal en el sitio.	PS, CO	Temporal	Leve
12	Flora	Vegetación	Las actividades de preparación del sitio y construcción tendrán un efecto significativo en la vegetación, debido a la remoción de esta en el área del proyecto.	PS,CO	Fugaz	Leve

13	Fauna	Fauna Terrestre	Las actividades propias de la preparación del sitio, construcción y operación, implican la remoción de la vegetación y movimiento del suelo y a su vez la generación de ruido por el uso de maquinaria y equipo, lo cual tendrá un efecto negativo en la fauna derivado de la perdida de hábitat, sin embargo, se tiene contemplados programas de rescate y reubicación de fauna como medida preventiva, los cuales que se anexan a este documento.	PS, CO, OP	Permanente	Moderado
14	Paisaje	Relieve	Las actividades propias de las etapas: preparación del sitio provocarán un impacto al paisaje debido a que modificarán la topografía en el área del proyecto.	PS	Permanente	Moderado
15	Paisaje	Apariencia visual	Las actividades del proyecto tendrán un efecto negativo a la apariencia visual generado por el movimiento de maquinaria y efectos sobre el estado natural del paisaje, durante todas las etapas del proyecto.	PS,CO,OP	Permanente	Moderado
16	Paisaje	Biológico	Las actividades propias de la etapa de preparación del sitio y construcción contemplan la remoción de la vegetación lo cual provocará un impacto al paisaje.	PS, CO	Fugaz	Leve
17	Paisaje	Biológico	La colocación de las oficinas móviles impedirá que el área del proyecto vuelva a ser ocupada por flora y fauna mientras estén ahí.	PS, CO	Temporal	Leve
18	Social	Bienestar social	Las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y abandono presentan impactos positivos principalmente por la generación de empleo y derrama económica en la zona.	PS, CO, OP, AB	Temporal	Bueno
19	Económico	Empleo	Para llevar a cabo las actividades de contempladas en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y abandono, esto generará empleo para las personas a nivel local.	PS, CO, OP, AB	Temporal	Bueno

20	Económico	Ingreso	Las etapas de preparación del sito, construcción, operación y abandono requieren de mano de obra, lo cual provocará un impacto positivo al generar empleo y esto a su vez conllevará a una derrama económica en la zona.	PS, CO, OP, AB	Temporal	Bueno

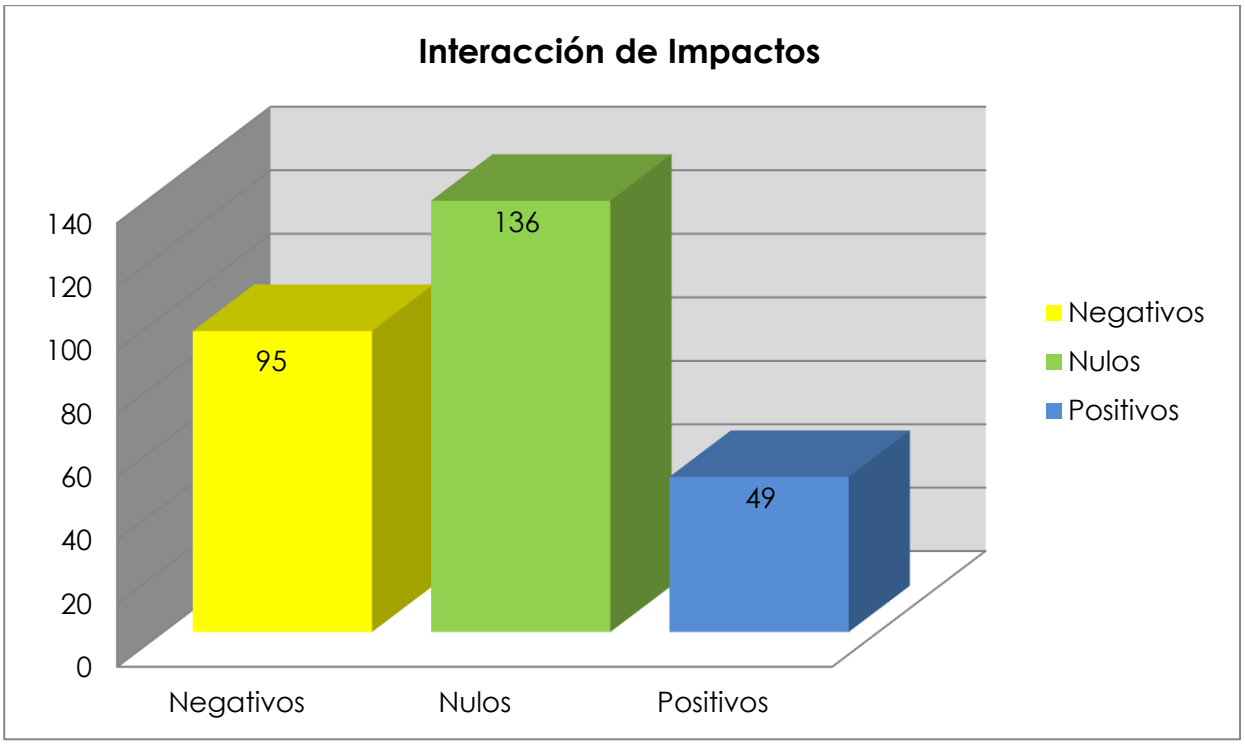
V.2. Interacción de impactos identificados

A continuación se desglosan los impactos identificados del proyecto de acuerdo a su nivel, etapa y efecto positivo o negativo.

Tabla V.16. Tipo y porcentaje de interacciones por tipo de impacto.

Tipo de Impacto	Tipo de Interacciones	% de Interacciones
Positivo	49	17.50
Nulo	136	48.57
Negativo	95	33.93

Gráfica V.1. Interacción de impactos.



En relación a lo anterior, se identifica que el proyecto tendrá un 48.57% de interacciones nulas, el 33.93% de las interacciones serán negativas y un 17.50% positivas, de acuerdo con los indicadores y etapas propuestas para la evaluación.

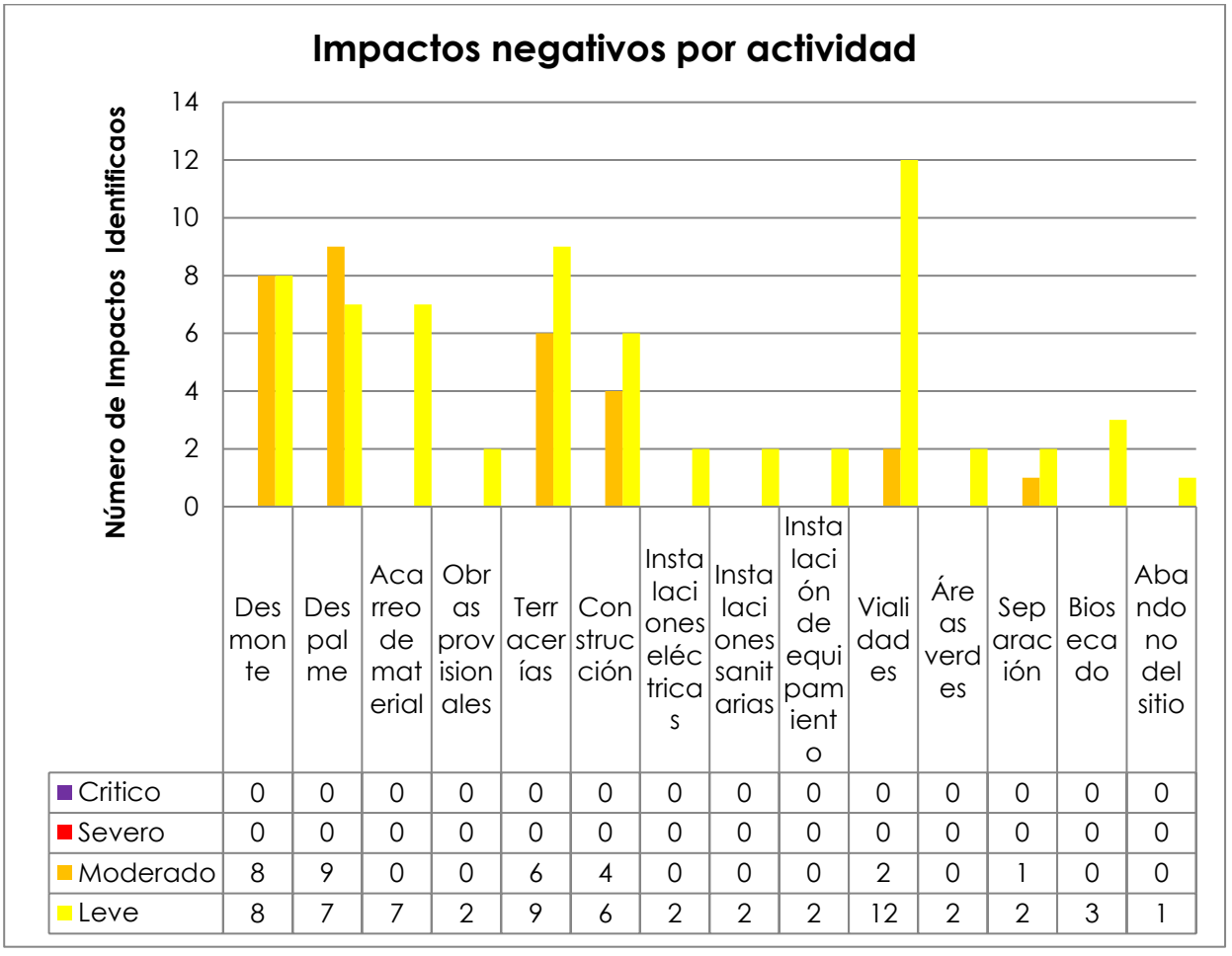
V.2.1. Etapas de generación de impactos

Es importante que bajo el análisis de identificación de impactos significativos se tenga en cuenta el período o etapa en que se generan cada uno de los impactos, así como los efectos al ambiente, económico y social. Para el proyecto en particular es imprescindible evaluar los efectos negativos ya que de ello dependerá la asignación de las medidas de prevención, mitigación o compensación ambiental.

Los principales impactos negativos identificados se consideran de leves a moderados, estos se presentan durante las actividades de desmonte, despalme, terracerías y vialidades.

El mayor impacto que se generará es debido principalmente a las actividades de preparación del sitio, sin embargo, se busca reducir el grado de estos aplicando las medidas pertinentes.

Gráfica V.2. Impactos negativos por etapa de proyecto.

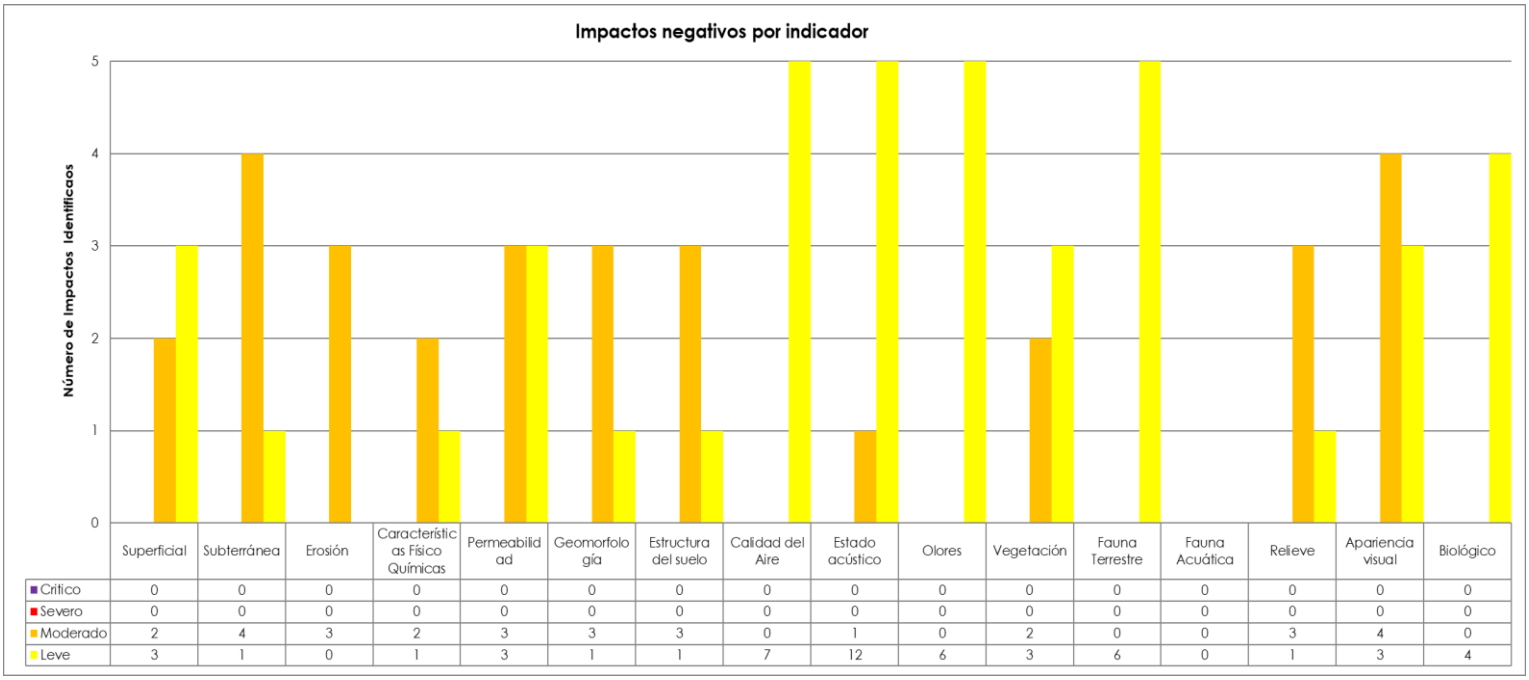


	Desmonte	Despalme	Acarreo de material	Obras provisionales	Terracerías	Construcción	Instalaciones eléctricas	Instalaciones sanitarias	Instalación de equipamiento	Vialidades	Áreas verdes	Separación	Biosecado	Abandono del sitio
Critico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Severo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado	8	9	0	0	6	4	0	0	0	2	0	1	0	0
Leve	8	7	7	2	9	6	2	2	2	12	2	2	3	1

V.2.2. Impactos por factor e indicador

De acuerdo con el análisis de impactos por factor e indicador se puede identificar que en la mayoría de los indicadores se presenta una incidencia de impactos negativos, sin embargo, estos son considerados entre leves y moderados

Gráfica V.3. Impactos negativos por indicador.



	Superficial	Subterránea	Erosión	Características Físico Químicas	Permeabilidad	Geomorfología	Estructura del suelo	Calidad del Aire	Estado acústico	Olores	Vegetación	Fauna Terrestre	Fauna Acuática	Relieve	Apariencia visual	Biológico
Crítico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Severo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado	2	4	3	2	3	3	3	0	1	0	2	0	0	3	4	0
Leve	3	1	0	1	3	1	1	7	12	6	3	6	0	1	3	4

Para el presente análisis fueron omitidos los indicadores de bienestar social, riesgo, empleo e ingreso, ya que las interacciones con el proyecto generarán solo efectos positivos, principalmente por la generación de empleo y derrama económica en la zona. En este sentido se pueden considerar como efectos significativos positivos.

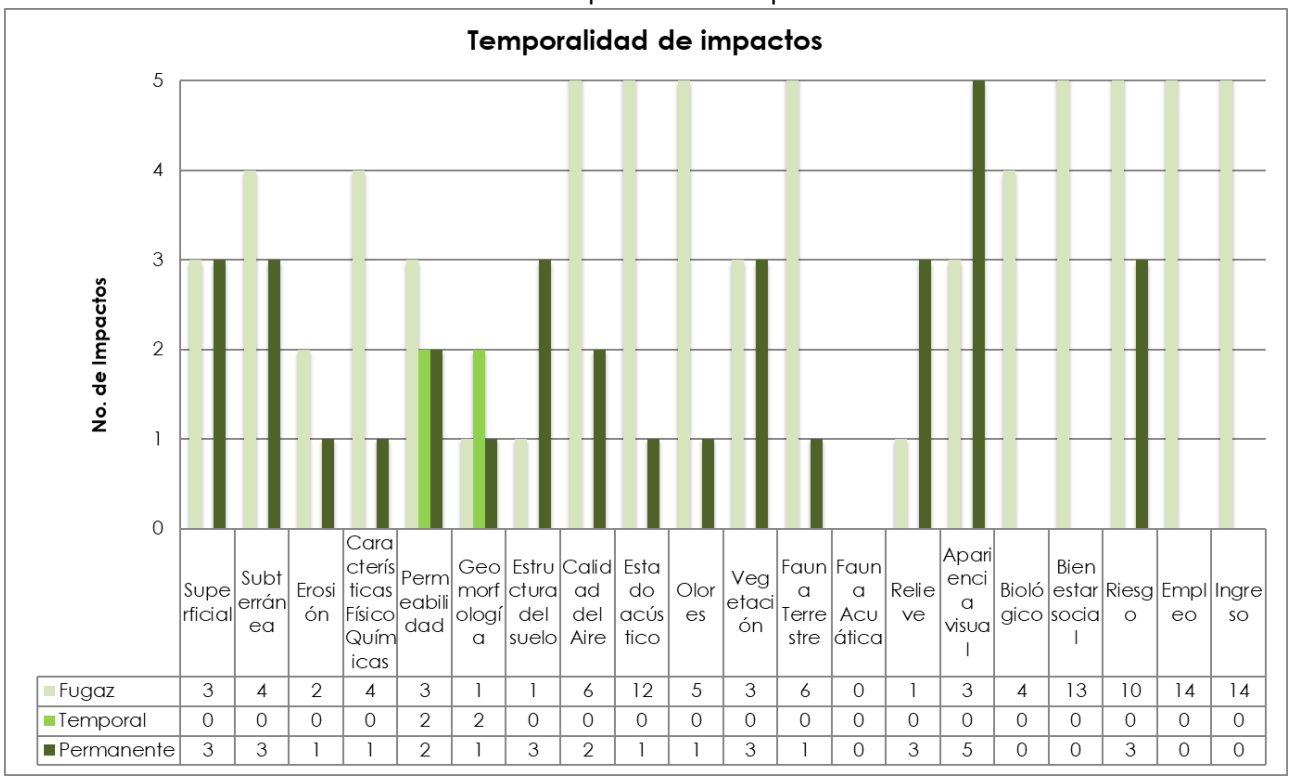
V.2.3.Temporalidad de los impactos

La temporalidad de los impactos es un factor importante a considerar ya que de ello dependerá la permanencia del impacto sobre los factores, ambientales, sociales o económicos considerados.

El proyecto como el que nos ocupa en la presente evaluación, por su naturaleza tendrá efectos permanentes en diferentes elementos por la instalación de la infraestructura, así mismo se presentan impactos fugaces principalmente de las etapas de preparación del sitio y construcción.

En relación a la temporalidad es importante considerar los factores permanentes por lo que las medidas que sean propuestas para atenuar estos impactos tendrán que buscar reducir la temporalidad o de lo contrario implementar acciones que mitiguen su magnitud.

Gráfica V.4. Temporalidad de impactos.

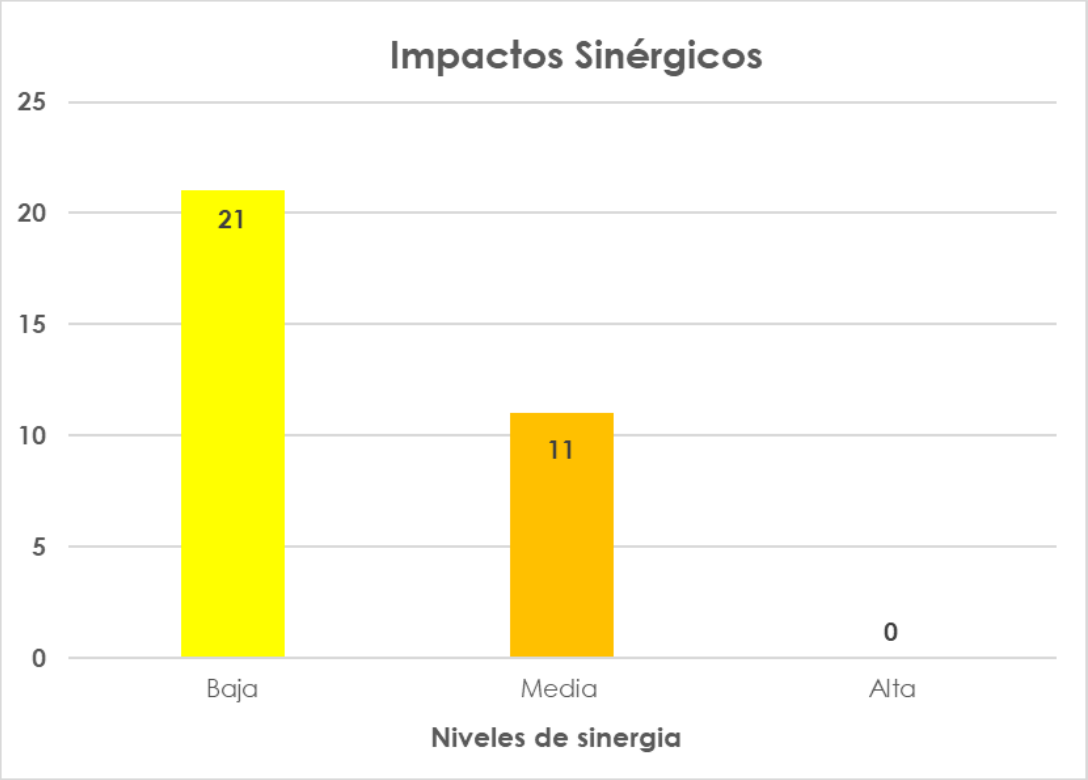


	Superficial	Subterránea	Erosión	Características Físico Químicas	Permeabilidad	Geomorfología	Estructura del suelo	Calidad del Aire	Estado acústico	Olores	Vegetación	Fauna Terrestre	Fauna Acuática	Relieve	Apariencia visual	Biológico	Bienestar social	Riesgo	Empleo	Ingreso
Fugaz	3	4	2	4	3	1	1	6	12	5	3	6	0	1	3	4	13	10	14	14
Temporal	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permanente	3	3	1	1	2	1	3	2	1	1	3	1	0	3	5	0	0	3	0	0

V.2.4 Impactos Sinérgicos

Un efecto sinérgico se da cuando el impacto final es mayor que la suma de los impactos individuales que lo originaron en magnitud, extensión y elementos afectados. La descripción de los impactos sinérgicos se describe anteriormente.

Gráfica V.5. Numero de impactos sinérgicos

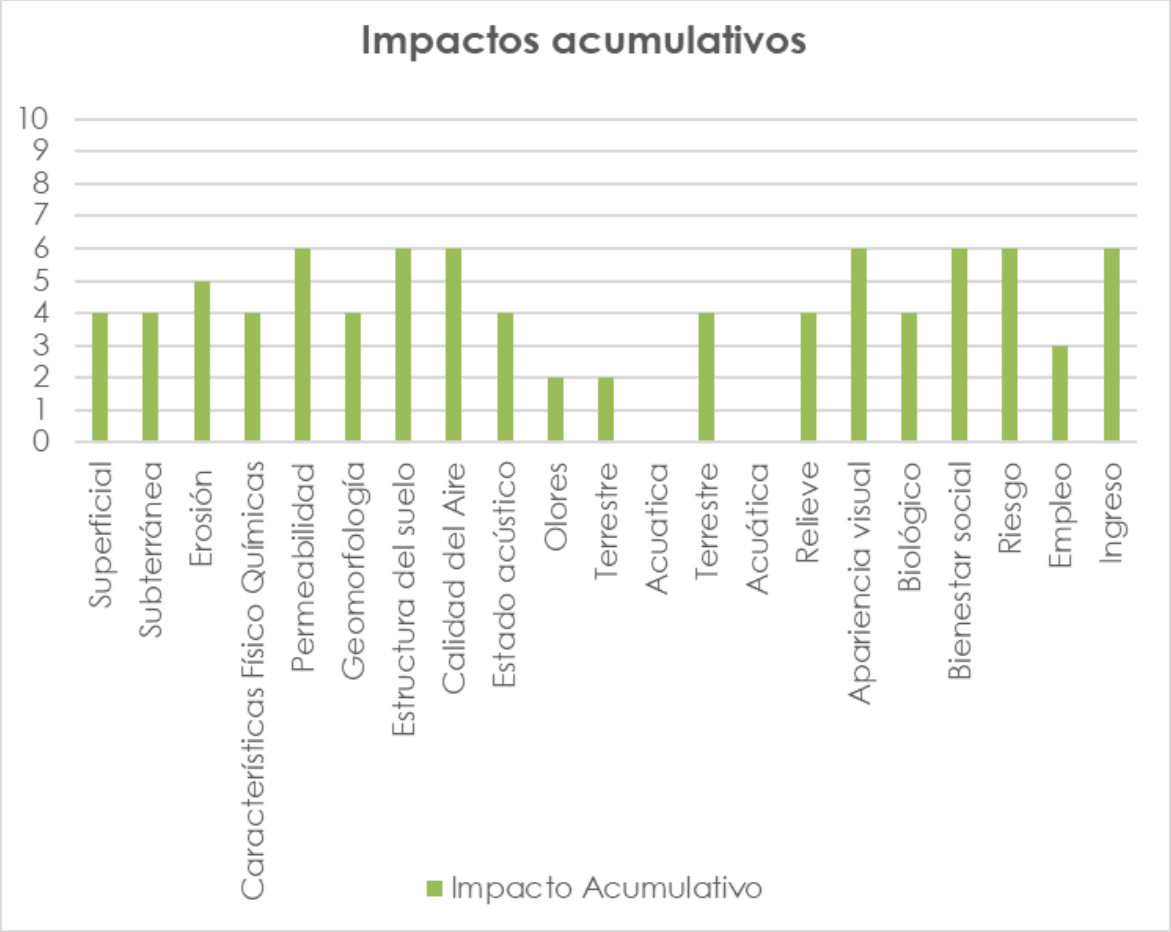


V.2.5. Impactos Acumulativos

Los efectos acumulativos son los cambios ambientales causados por una acción o actividad en combinación con las otras acciones o actividades humanas. La descripción de los impactos acumulativos se menciona anteriormente.

Una vez identificadas las actividades con impacto en el ecosistema se evalua la magnitud, por factor e indicador ambiental y se determina el impacto acumulativo en base a la Tabla V.14 antes mencionada.

Gráfica V.6. Impactos Acumulativos representados por actividad.



V.2.6 Caracterización de impactos ambientales

Identificación de impactos significativos

Una vez evaluados los elementos de magnitud, extensión, temporalidad, sinergia y acumulabilidad se realiza el análisis de impactos significativos los cuales se identifican mediante la siguiente fórmula:

Nivel de Impacto = Sn ((3.5 * Mg) + (2 * Ex) + (1.5 * Tm) + (1.5 * Sn) + (1.5 * (Ac/NaAc))

Donde:
Sn = Signo
Mg = Magnitud
Ex = Extensión
Tm = Temporalidad
Sn = Sinergia
Ac = Acumulable
NaAc = Número de actividades evaluadas por Impactos Acumulados.

Una vez calculado el Nivel de Impacto se clasifica mediante la siguiente tabla de valores.

Tabla V.17. Valores para clasificar el nivel de impacto.

Valor	Intensidad
-100	Critico
-75	Severo
-50	Moderado
-25	Leve
0	Nulo
25	Bueno
50	Efectivo
75	Importante
100	Trascendente

Esta clasificación establece una ponderación en los diferentes elementos evaluados por factor ambiental permitiendo identificar aquellos impactos que por alguno de sus efectos al ambiente permita ser considerado bajo alguna categoría que debe ser analizada.

Una de las principales consideraciones es que todas aquellas interacciones que por su nivel de impacto sean clasificadas como moderadas o mayor tendrán carácter significativo. Sin embargo todas las interacciones serán evaluadas con la finalidad de detectar aquellos otros impactos que sean importantes de atender.

Mediante la fórmula anterior se obtuvieron los siguientes niveles de impacto de acuerdo a la etapa e indicador.

Tabla V.18. Niveles de impactos significativos por etapa de proyecto.

Matriz de identificación de Impactos significativos		Preparación del sitio				Construcción							Operación		Abandono del sitio
		Desmonte	Despalme	Acarreo de material	Obras provisionales	Terracerías	Construcción	Instalaciones	Instalaciones	Instalación de	Vialidades	Áreas verdes	Separación	Biosecado y bioestabilización	Abandono del sitio
Agua	Superficial	-26	-26	0	0	-19	-32	0	0	0	-29	29	0	0	0
	Subterránea	-27	-27	0	13	-13	-27	0	0	0	-30	30	0	0	0
Suelo	Erosión	-34	-34	0	0	-37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Características Físico Químicas	-21	-34	0	0	-37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permeabilidad	-29	-29	-12	0	-16	-33	0	0	0	-23	29	0	0	0
	Geomorfología	-31	-31	0	0	-31	0	0	0	0	-18	0	0	0	0
	Estructura del suelo	-35	-35	0	0	-31	0	0	0	0	-11	0	0	0	0
Atmósfera	Calidad del Aire	-18	-18	-18	0	-11	-11	0	0	0	-18	24	0	-24	0
	Estado acústico	-21	-21	-17	-10	-10	-17	-10	-10	-10	-17	-10	-27	-10	0
	Olores	-24	-24	-14	0	0	-14	0	0	0	-17	0	-24	0	0
Flora	Vegetación	-40	-36	0	0	-19	-12	0	0	0	-16	33	0	0	0
Fauna	Fauna Terrestre	-17	-17	-10	0	-10	-24	0	0	0	-10	17	0	0	0
	Fauna Acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje	Relieve	-32	-32	0	0	-32	0	0	0	0	-12	0	0	0	0
	Apariencia visual	-30	-30	-9	-9	-30	-27	0	0	0	-13	23	0	0	0
	Biológico	-12	-12	0	0	-9	0	0	0	0	-9	0	0	0	0
Social	Bienestar social	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
	Riesgo	-11	-11	-11	0	-11	-11	-11	-11	-11	-24	-11	-24	-24	-11
Económico	Empleo	20	20	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	Ingreso	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

V.3. Conclusiones

Con el escenario modificado por las actividades del proyecto se puede establecer que no se provocarán desequilibrios ambientales en el Sistema Ambiental ya que en la zona del proyecto no se encuentran elementos relevantes o críticos. El ecosistema en la zona no presenta alteraciones que representen un desequilibrio ecológico. No se distinguen acciones que impacten negativamente la salud pública y el desarrollo de las comunidades o poblaciones en el área de influencia.

Se anexa a este documento los programas de: Rescate y reubicación de fauna, reforestación, de obras de conservación de suelos y vigilancia ambiental con los que se prevé mitigar y compensar las afectaciones que el proyecto pudiera ocasionar.

ANEXO 2

Las especificaciones del proyecto proporcionadas por el promovente respetan el marco legal vigente en el entorno ambiental establecido por la SEMARNAT, además el proyecto no se contrapone con los planes y programas de desarrollo de la región.

La construcción del Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua es un escenario favorable para los habitantes de la ciudad de Chihuahua al mejorar las condiciones bajo las cuales se rige el manejo de los residuos actualmente.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

VI.1. Programa y medidas de manejo ambiental.

VI.1.1. Líneas Estratégicas

Las medidas y acciones que serán propuestas serán agrupadas de acuerdo con el impacto potencial conforme a su factor ambiental o alcance.

Tabla VI. 1. Definición de Líneas Estratégicas Generales.

Líneas Estratégicas	
Agua	Prevención de Contaminación de Agua.
Flora y Fauna	Protección de Flora y Fauna
Suelo	Conservación de Suelo
Residuos	Manejo Integral de Residuos
Paisaje	Calidad paisajística

VI.1.2. Tipos de medidas

Las medidas de mitigación de impactos ambientales, son trascendentales en la prevención y/o mitigación de los efectos negativos generados por las actividades del proyecto.

La implementación de medidas puntuales en cada una de las etapas que conforman al proyecto, aunado a su integración a programas de conjunto, que contemplen desde la preparación del sitio, hasta la etapa de operación, permiten que este proyecto sea más viable al medio ambiente.

A continuación se describen las diversas medidas de mitigación de acuerdo con su alcance en relación a los impactos ambientales.

Tabla VI. 2. Descripciones de medidas propuestas.

Tipo de medida	Descripción
Medidas preventivas (Pr)	Estas acciones evitan efectos previsibles de deterioro en el ambiente.
Medidas de remediación (Re)	Estas acciones tienen como fin contrarrestar los efectos negativos provocados por las actividades del proyecto.
Medidas de rehabilitación (Rh)	Son programas de conservación y cuidado que se deberán llevar a cabo una vez terminado el proyecto.
Medidas de compensación (Cm)	Estas medidas no evitan la aparición del efecto, pero contrapesa de alguna manera la alteración del factor, son aplicadas a impactos irrecuperables e inevitables.
Medidas de reducción (Rd)	Con la aplicación de estas medidas los daños que se puedan ocasionar al ecosistema serán mínimos.

VI.1.3. Medidas y acciones de mitigación

El proyecto propone medidas generales de prevención, mitigación y minimización de los impactos ambientales, así como medidas de mitigación específicas para los impactos detectados mediante el análisis de impactos significativos.

Medidas preventivas o de mitigación generales propuestas para el proyecto

Las áreas, actividades o cualquier modificación en las condiciones del proyecto, deberán contar con las autorizaciones correspondientes, respecto a su operación, manejo y control de impactos en materia ambiental.

Las acciones que se presentan en la siguiente tabla quedan estrictamente prohibidas para todas las etapas del proyecto y son de aplicación en todo el Sistema Ambiental como medida preventiva de impactos ambientales.

Tabla VI. 3. Actividades prohibidas dentro del Sistema Ambiental

Actividades	U. Medida y/o evidencia
Llevar a cabo la quema de residuos que puedan generarse durante las diferentes etapas del proyecto, o desecharlos al aire libre.	Se concientizará y capacitará al personal involucrado en el proyecto sobre el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos.
Verter aguas residuales a cualquier cuerpo de agua natural existente.	Se contratará el servicio de baños portátiles. La empresa contratada se encargará de dar la correcta disposición a las aguas residuales generadas durante las etapas del proyecto.
El uso de productos desechables o plásticos durante la estancia del personal, con la finalidad de reducir el volumen de residuos sólidos urbanos.	Se concientizará y capacitará al personal involucrado en el proyecto sobre la reducción de la generación de residuos sólidos urbanos.
La caza, captura, daño o tráfico de especies de fauna silvestre, tanto en los terrenos del proyecto, como en sus colindancias.	Se concientizará al personal involucrado en el proyecto sobre la importancia de la protección y conservación de las especies de fauna silvestre, así como también se hará de su conocimiento las consecuencias legales que el daño a estas conlleva.
Transitar fuera de los caminos establecidos.	Se informará oficialmente al personal involucrado en el proyecto de no transitar fuera de caminos o áreas establecidas con el fin de no dañar la vegetación forestal de zonas aledañas.
El tráfico o cualquier aprovechamiento de especies de flora silvestre, tanto en los terrenos del proyecto, como en sus colindancias.	Se concientizará al personal involucrado en el proyecto sobre la importancia de la protección y conservación de las especies de flora silvestre, así como también se hará de su conocimiento las consecuencias legales que el daño a estas conlleva.
Hacer uso de maquinaria o equipo en malas condiciones que puedan generar residuos o emisiones al ambiente.	Se informará a la empresa contratista que deberá mantener la maquinaria y el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Asimismo la maquinaria y equipo deberá ser evaluada periódicamente para verificar su condición.

- Se implementarán las medidas necesarias que garanticen la seguridad de los trabajadores participantes en las diferentes etapas del proyecto, dotándolos de los equipos de seguridad y brindándoles capacitación respecto al manejo y operación de equipos.

- Contará con las medidas de seguridad necesarias para atención a contingencias y botiquín de primeros auxilios.

- Se mantendrá la maquinaria y equipos en regla y bajo condiciones óptimas de funcionamiento.

- Se tomarán las medidas necesarias que limiten la presencia de animales domésticos o exóticos en el área de proyecto.

Flora

Tabla VI. 4. Descripciones de las medidas de mitigación por impacto.

Nombre de la medida	
Evitar el derribo de vegetación forestal fuera del área del proyecto	
Impactos atendidos	
• Protección al suelo, fauna, flora y paisaje.	
Descripción de la medida	
Se evitará en medida de lo posible, derribar la vegetación forestal fuera del área delimitada donde se realizará el proyecto, con la finalidad de afectar la menor cantidad de individuos forestales posible.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Constructor y Supervisor de Obra
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación del sitio (PS)	• Verificación visual. • Reporte fotográfico de vegetación colindante con el área del proyecto.
Temporalidad de ejecución	
Durante la ejecución del proyecto	
Indicadores de éxito	
• Permanencia de la vegetación forestal en las áreas colindantes con el proyecto	
Acciones de respuesta	
• Suspensión de labores y revisión de las medidas de mitigación (reunión con trabajadores). • Incorporación de medidas de compensación "reforestación", de acuerdo a la cantidad de individuos y especies afectadas.	
Ubicación	
Áreas colindantes con el polígono del proyecto	

Nombre de la medida	
Reforestación	
Impactos atendidos	
• Pérdida de biodiversidad • Erosión de suelo	
Descripción de la medida	
Se llevará a cabo la reforestación de las especies de vegetación que se verán afectadas con la ejecución del área del proyecto, en el área temporal del proyecto, lo anterior se presenta detalladamente en el programa de reforestación (anexo al presente Estudio Técnico Justificativo), estas actividades se desarrollarán durante la etapa de preparación del sitio reforestando las especies susceptibles identificadas en el proyecto, haciendo hincapié en especies sensibles, de importancia ecológica, endémicas o que se encuentren citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles a daño alguno.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Compensación (Cm)	Mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS	• Supervisión de programa de Reforestación • Reportes de actividades con evidencia fotográfica • Seguimiento de reforestación de individuos
Temporalidad de ejecución	
PS	
Indicadores de éxito	
• Establecimiento adecuado de especies de flora y porcentaje de sobrevivencia	
Ubicación	
• La reforestación se realizará en el área temporal del proyecto.	

Nombre de la medida	
Resiembra de pastos	
Impactos atendidos	
• Pérdida de biodiversidad • Erosión de suelo	
Descripción de la medida	
Se llevará a cabo la resiembra de pastos de las especies de vegetación que se verán afectadas con la ejecución del área del proyecto, , lo anterior se presenta detalladamente en el programa de resiembra de pastos (anexo al presente Estudio Técnico Justificativo), estas actividades se desarrollarán durante la etapa de preparación del sitio con las especies susceptibles identificadas en el proyecto, haciendo hincapié en especies sensibles, de importancia ecológica, endémicas o que se encuentren citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles a daño alguno.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Compensación (Cm)	Mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación del sitio	• Supervisión de programa de Reforestación • Reportes de actividades con evidencia fotográfica • Seguimiento de reforestación de individuos
Temporalidad de ejecución	
Preparación del sitio	
Indicadores de éxito	
• Establecimiento adecuado de especies de flora y porcentaje de sobrevivencia.	
Ubicación	
La resiembra se realizará en el área designada asignada.	

Fauna

Nombre de la medida	
Rescate y reubicación para especies de fauna	
Impactos atendidos	
• Protección al suelo y agua	
Descripción de la medida	
Se llevará a cabo la identificación y ahuyentamiento de fauna, previo a las actividades de preparación del sitio, desmonte y despalme, haciendo hincapié en especies sensibles, de importancia ecológica, endémicas, lento desplazamiento o que se encuentren citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Anexo Normativo III, publicado en el DOF el día 14 de noviembre de 2019 y el 04 de marzo 2020 susceptibles a daño alguno. Se presenta la propuesta del Programa de rescate de fauna por cada grupo faunístico donde se describe detalladamente las acciones a realizar.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación del sitio (PR)	• Reportes de actividades con evidencia fotográfica
Temporalidad de ejecución	
Previo a las actividades de preparación del sitio, desmonte, despalme.	
Indicadores de éxito	
• Consistencia entre las especies reportadas y las rescatadas; • Número de individuos liberados	
Acciones de respuesta	
• Aumentar la frecuencia de recorridos de monitoreo de fauna.	

Erosión de los suelos

<table>
<tr><th colspan="2">Nombre de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Zanja Bordo</td></tr>
<tr><th colspan="2">Impactos atendidos</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Protección al suelo y retención agua</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Son un conjunto de zanjas y bordos continuos, en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar el bordo.
Estas permitirán disminuir la velocidad del escurrimiento y su poder erosivo, reducir la erosión hídrica, retener azolves, además de favorecer en la retención e infiltración de agua. La descripción detallada del cálculo, características y ubicación especifica de estas obras, se presenta en el Programa de obras de conservación de suelo anexo al presente estudio.</td></tr>
<tr><th>Tipo de medida</th><th>Responsable de ejecución</th></tr>
<tr><td>Compensación (Cm)</td><td>Mitigador</td></tr>
<tr><th>Etapa de aplicación</th><th rowspan="3">Mecanismo de revisión y seguimiento</th></tr>
<tr><td>Preparación (PR)</td></tr>
<tr><th>Temporalidad de ejecución</th></tr>
<tr><td>A partir de la preparación del sitio.</td><td>• Supervisión de programa de conservación de suelo
• Reportes de actividades con evidencia fotográfica.
• Ubicación de las obras.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Indicadores de éxito</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Captación de suelo
• Disminución de erosión
• Captación de agua
• infiltración</td></tr>
<tr><th colspan="2">Acciones de respuesta</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ubicación</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Zonas aledañas al área de proyecto.</td></tr>
</table>

Medidas para mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono

<table>
<tr><th colspan="2">Nombre de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Reforestación</td></tr>
<tr><th colspan="2">Impactos atendidos</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Pérdida de biodiversidad
• Erosión de suelo</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Se llevará a cabo la reforestación de las especies de vegetación que se verán afectadas con la ejecución del área del proyecto, en el área temporal del proyecto, lo anterior se presenta detalladamente en el programa de reforestación (anexo al presente Estudio Técnico Justificativo), estas actividades se desarrollarán durante la etapa de preparación del sitio reforestando las especies susceptibles identificadas en el proyecto, haciendo hincapié en especies sensibles, de importancia ecológica, endémicas o que se encuentren citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles a daño alguno.</td></tr>
<tr><th>Tipo de medida</th><th>Responsable de ejecución</th></tr>
<tr><td>Compensación (Cm)</td><td>Mitigador</td></tr>
<tr><th>Etapa de aplicación</th><th>Mecanismo de revisión y seguimiento</th></tr>
<tr><td>Preparación del sitio</td><td rowspan="3">• Supervisión de programa de Reforestación
• Reportes de actividades con evidencia fotográfica
• Seguimiento de reforestación de individuos</td></tr>
<tr><th>Temporalidad de ejecución</th></tr>
<tr><td>Preparación del sitio</td></tr>
<tr><th colspan="2">Indicadores de éxito</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Establecimiento adecuado de especies de flora y porcentaje de sobrevivencia</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ubicación</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Área de reforestación</td></tr>
</table>

Nombre de la medida	
Resiembra de pastos	
Impactos atendidos	
• Pérdida de biodiversidad • Erosión de suelo	
Descripción de la medida	
Se llevará a cabo la resiembra de pastos de las especies de vegetación que se verán afectadas con la ejecución del área del proyecto, , lo anterior se presenta detalladamente en el programa de resiembra de pastos (anexo al presente Estudio Técnico Justificativo), estas actividades se desarrollarán durante la etapa de preparación del sitio con las especies susceptibles identificadas en el proyecto, haciendo hincapié en especies sensibles, de importancia ecológica, endémicas o que se encuentren citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles a daño alguno.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Compensación (Cm)	Mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación del sitio	• Supervisión de programa de Reforestación • Reportes de actividades con evidencia fotográfica • Seguimiento de reforestación de individuos
Temporalidad de ejecución	
Preparación del sitio	
Indicadores de éxito	
• Establecimiento adecuado de especies de flora y porcentaje de sobrevivencia.	
Ubicación	
La resiembra se realizará en el área de reforestación.	

Medidas para mitigar el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación

Nombre de la medida	
Zanja Bordo	
Impactos atendidos	
• Protección al suelo y retención agua	
Descripción de la medida	
Son un conjunto de zanjas y bordos continuos, en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar el bordo. Estas permitirán disminuir la velocidad del escurrimiento y su poder erosivo, reducir la erosión hídrica, retener azolves, además de favorecer en la retención e infiltración de agua. La descripción detallada del cálculo, características y ubicación especifica de estas obras, se presenta en el Programa de obras de conservación de suelo anexo al presente estudio.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Compensación (Cm)	Mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación (PR)	• Supervisión de programa de conservación de suelo • Reportes de actividades con evidencia fotográfica. • Ubicación de las obras.
Temporalidad de ejecución	
A partir de la preparación del sitio.	
Indicadores de éxito	
• Captación de suelo • Disminución de erosión • Captación de agua • infiltración	
Acciones de respuesta	
• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida.	
Ubicación	
• Zonas aledañas al área de proyecto.	

Calidad del agua

Nombre de la medida	
Remediación de suelos por derrame de hidrocarburos	
Impactos atendidos	
• Calidad del agua superficial; • Calidad del agua subterránea; • Composición fisicoquímica del suelo; • Perdida de vegetación.	
Descripción de la medida	
En caso de derrame de combustibles o aceites sobre suelo natural deberá realizarse la remediación del sitio atendiendo las especificaciones de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. En caso de retiro se deberá enviar a una empresa autorizada para su tratamiento o confinamiento.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Remediación (Re)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Identificación de derrames dentro del área de afectación por parte del supervisor; • Manifiesto de disposición final de RP por parte de la constructora.
Temporalidad de ejecución	
PS, CO, OP	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de derrames de hidrocarburos. • Ausencia de hidrocarburos en el agua superficial y subterránea. • Disposición final de residuos peligrosos.	
Acciones de respuesta	
• Acciones de recolección y saneamiento de suelos y/o agua contaminados.	
Ubicación	
• Frentes de trabajo.	

Medidas de mitigación generales

Nombre de la medida	
Delimitación del área del proyecto	
Impactos atendidos	
• Protección al suelo, fauna, flora y paisaje.	
Descripción de la medida	
Previo a las actividades de despalme, en la preparación del sitio, se realizará la delimitación del área del proyecto por medio de flejes, estacas y/o algún otro elemento, con la finalidad de evitar afectar sitios aledaños o no considerados en la presente manifestación de Impacto Ambiental. La superficie delimitada deberá coincidir con la solicitada para el proyecto de 4.7206 ha, los flejes, estacas y/o elemento de delimitación deberá colocarse cada 10 metros de distancia uno del otro o a una distancia visible sin perder de vista el anterior.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Constructor y Supervisor de Obra
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
Preparación del sitio	• Identificación de flejes y/o estacas • Delimitación visible en campo con referencia en Coordenadas UTM.
Temporalidad de ejecución	
Durante la ejecución del proyecto	
Indicadores de éxito	
• No se presenten disturbios en la vegetación, suelo y paisaje de áreas aledañas, por la implementación del proyecto.	
Acciones de respuesta	
• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones.	
Ubicación	
• Polígono del Proyecto.	

Nombre de la medida	
Almacén de Residuos Peligrosos	
Impactos atendidos	
• Calidad de agua superficial; • Calidad de agua subterránea; • Contaminación visual; • Alteración de composición físico-química del suelo.	
Descripción de la medida	
Establecer una zona para almacenar los residuos peligrosos y materiales peligrosos que se vayan a utilizar y generar en la obra. Siempre y cuando un área del almacén sea delimitada y señalada únicamente para los materiales y otra área exclusivamente para los residuos. La zona establecida como almacén debe encontrarse fuera de zonas que sean consideras como terrenos forestales con el fin de no causar afectación de fauna, vegetación o suelos. El almacén de residuos peligrosos deberá cumplir con las características establecidas en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Reducción (Rd)	Constructor y Supervisor de Obra
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Presentar manifiestos de la disposición final de los residuos peligrosos. • Bitácora del almacén de residuos peligrosos. • Verificación visual de los almacenes.
Temporalidad de ejecución	
Previo a las actividades de ps y co	
Indicadores de éxito	
• Área de afectación del proyecto libre de residuos peligrosos • Buena calidad de agua superficial	
Acciones de respuesta	
• Acciones de recolección y manejo adecuado de los residuos	
Ubicación	
• Áreas de afectación directa del proyecto.	

Nombre de la medida	
Baños portátiles	
Impactos atendidos	
• Contaminación del suelo • Contaminación del agua • Olores	
Descripción de la medida	
Se propone la colocación y distribución de 1 baño portátil por cada 15 trabajadores en los sitios en los que no se cuente con el servicio sanitario, debiendo realizar el depósito o tratamiento de los residuos de acuerdo con las alternativas que brinde la región.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Verificación visual del estado de los sanitarios portátiles. • Bitácora de la limpieza de los baños. • Autorización para el manejo de los residuos de la empresa que realiza la limpieza de los baños. • Asignación y movilidad acorde a los frentes de trabajo.
Temporalidad de ejecución	
Durante la etapa de preparación y construcción hasta que el contingente de trabajadores sea menor a 15 personas.	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de fecalismo en el área de afectación del proyecto • Disminución de olores en el área de afectación del proyecto • Mejor calidad de aire	
Acciones de respuesta	
• Acciones de saneamiento de agua y/o suelo contaminado. • Suspensión de actividades hasta cumplir con la presente medida.	
Ubicación	
• Área de proyecto.	

Nombre de la medida	
Contenedores de Residuos Sólidos Urbanos	
Impactos atendidos	
• Dispersión de RSU en el área de afectación; • Contaminación visual; • Deposición de RSU en agua superficial; • Incidencia de fauna en el área de afectación por residuos orgánicos; • Composición física del suelo.	
Descripción de la medida	
Llevar a cabo la colocación de contenedores para la recolección de residuos sólidos urbanos, distribuidos en las áreas de generación. Su disposición deberá ser periódica y en rellenos sanitarios autorizados.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Constructor
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS y CO	• Verificar la proporcionalidad de contenedores conforme a los frentes de trabajo y el número de trabajadores así como la cantidad de RSU generada. • Comprobante del manejo y disposición final de los RSU generados en el proyecto.
Temporalidad de ejecución	
Durante la preparación del sitio de la obra y construcción. La recolección de los residuos deberá hacerse al menos 1 vez por semana. Se podrá hacer en coordinación con la entidad facultada para la disposición final en relleno sanitario.	
Indicadores de éxito	

• Área de afectación libre de RSU
• Reducción de:
  ○ Contaminación visual;
  ○ Deposición de RSU en agua superficial;
  ○ Incidencia de fauna en el área de afectación por residuos orgánicos.	

Acciones de respuesta	
• Acciones de recolección y manejo adecuado de los residuos. • Capacitar de nuevo a los empleados sobre el manejo de residuos y cumplimiento de las medidas de mitigación.	
Ubicación	
• Área del proyecto.	

<table>
<tr><th colspan="2">Nombre de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Resguardo de maquinaria</td></tr>
<tr><th colspan="2">Impactos atendidos</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Impactos al suelo y flora</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">El sitio que sea propuesto para el resguardo de maquinaria y almacén de residuos deberá establecerse dentro del área del proyecto que ya se encuentren desprovistas de vegetación y no se deberán afectar zonas no consideradas para el proyecto.</td></tr>
<tr><th>Tipo de medida</th><th>Responsable de ejecución:</th></tr>
<tr><td>Preventiva (Pr)</td><td>Constructor y Supervisor de Obra</td></tr>
<tr><th>Etapa de aplicación</th><th>Mecanismo de revisión y seguimiento</th></tr>
<tr><td>PS, CO</td><td rowspan="3">• Revisión visual del resguardo de maquinaria.</td></tr>
<tr><th>Temporalidad de ejecución</th></tr>
<tr><td>PS, CO</td></tr>
<tr><th colspan="2">Indicadores de éxito</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Que no esté presente maquinaria en zonas no consideradas para el proyecto.
• Vegetación y suelo aledaños al proyecto sin afectar.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Acciones de respuesta</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ubicación</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Área del proyecto.</td></tr>
</table>

Nombre de la medida	
Mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria.	
Impactos atendidos	
• Contaminación a la atmósfera. • Contaminación del suelo. • Contaminación auditiva. • Contaminación del agua superficial.	
Descripción de la medida	
Se dará mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria, de preferencia en un centro de servicio especializado. En caso de realizar el mantenimiento en el área del proyecto, el suelo debe ser cubierto por una membrana impermeable y otra absorbente, además de contar con un kit para atender derrames, el cual puede estar conformado por un tambo, una pala y aserrín. El mantenimiento debe cumplir con las siguientes acciones: •Mantener los dispositivos anticontaminantes de acuerdo con las especificaciones de la maquinaria. •Afinación de motores. •Servicio de filtro de aire. •Cambio de aceite. •Cambio de filtro de combustible.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Reducción (Rd)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Implementación y revisión periódica de bitácora de mantenimiento vehicular. • Verificación de mantenimiento preventivo de maquinaria de desmonte de aerogeneradores.
Temporalidad de ejecución	
Según los requerimientos y especificaciones del tipo de maquinaria utilizada.	
Indicadores de éxito	
• Disminución de humos por mala combustión; • Ausencia de exceso de ruido en motores de maquinaria. • Ausencia de derrames de hidrocarburos sobre el suelo.	
Acciones de respuesta	
• Acciones de control de contaminantes y ruido con base a la NOM-041-SEMARNAT-1993, NOM-045-SEMARNAT-1994 y NOM-080-SEMARNAT-1994.	
Ubicación	
Con la finalidad de evitar reparaciones en el sitio del proyecto, los mantenimientos preventivos y correctivos de maquinaria se realizarán en sitios previamente delimitados y/o talleres especializados.	

Nombre de la medida	
Jornadas laborales diurnas	
Impactos atendidos	
• Contaminación auditiva, • Contaminación lumínica, • Procesos biológicos en fauna.	
Descripción de la medida	
Las actividades de preparación del sitio se deberán realizar durante el día, evitando la instalación de reflectores, equipos o actividades ruidosas o luminosas que afecten el desplazamiento de la fauna durante la noche.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Reducción (Rd)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Horarios laborales • Cronograma de actividades
Temporalidad de ejecución	
Preparación del sitio	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de luces reflejantes • Ausencia de ruidos en la noche • Presencia de fauna durante los recorridos de monitoreo.	
Ubicación	
• Frentes de trabajo.	

Nombre de la medida	
Equipo de protección personal	
Impactos atendidos	
• Riesgos • Integridad personal de los trabajadores	
Descripción de la medida	
Los trabajadores que laboren en la preparación del sitio de la obra deberán usar equipo de protección personal, el cual deberá constar como mínimo, de: • Casco • Guantes • Zapatos de seguridad • Chaleco de seguridad • Lentes de seguridad De acuerdo con la NOM-031-STPS-2011, punto 6 Obligaciones de los trabajadores, apartado 6.3 Utilizar el equipo de protección personal proporcionado por el patrón, el contratista o subcontratista, de acuerdo con los procedimientos de uso, revisión, reposición, limpieza, mantenimiento, resguardo y disposición final.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Medida de prevención	Supervisor de obra y constructor
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Revisión visual • Reglamento interno • NOM-031-STPS-2011
Temporalidad de ejecución	
Durante la realización del proyecto.	
Indicadores de éxito	
• Cero accidentes • Cumplimiento del reglamento interno y la NOM-031-STPS-2011	
Acciones de respuesta	
• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida.	
Ubicación	
• Área del proyecto, vehículos de transporte y maquinaria pesada.	

Nombre de la medida	
Remediación de suelos por derrame de hidrocarburos	
Impactos atendidos	
• Calidad del agua superficial; • Calidad del agua subterránea; • Composición fisicoquímica del suelo; • Perdida de vegetación.	
Descripción de la medida	
En caso de derrame de combustibles o aceites sobre suelo natural deberá realizarse la remediación del sitio atendiendo las especificaciones de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. En caso de retiro se deberá enviar a una empresa autorizada para su tratamiento o confinamiento.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Remediación (Re)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Identificación de derrames dentro del área de afectación por parte del supervisor; • Manifiesto de disposición final de RP por parte de la constructora.
Temporalidad de ejecución	
PS, CO, OP	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de derrames de hidrocarburos. • Ausencia de hidrocarburos en el agua superficial y subterránea. • Disposición final de residuos peligrosos.	
Acciones de respuesta	
• Acciones de recolección y saneamiento de suelos y/o agua contaminados.	
Ubicación	
• Frentes de trabajo.	

Nombre de la medida	
Límite de velocidad en el área de afectación.	
Impactos atendidos	
• Contaminación del aire • Afectaciones directas a la fauna.	
Descripción de la medida	
El equipo de transporte y maquinaria deberán circular a una velocidad menor a 30km/h dentro del área del proyecto, para esto, se deberán colocar letreros de señalamiento de velocidad para el tránsito (de 2 a 6 señalamientos).	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Reducción (Rd)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Verificar puntos estratégicos de ubicación de señalética; • Verificar la instalación de señalamientos del límite máximo de velocidad.
Temporalidad de ejecución	
PS, CO, OP	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de accidentes de tránsito. • Calidad del aire. • Ausencia de atropellos de fauna silvestre.	
Acciones de respuesta	
• Capacitación de nuevo a los empleados en el cumplimiento de la medida. • Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida de mitigación.	
Ubicación	
• Áreas del proyecto.	

Nombre de la medida	
Riego de materiales	
Impactos atendidos	
• Calidad del aire • Erosión	
Descripción de la medida	
Durante los procesos de despalme, deberá realizarse riego previo de los materiales con la finalidad de evitar la dispersión de partículas suspendidas, se recomienda realizar 2 riegos de materiales a la semana y/o cuando el material lo requiera, esto puede variar de acuerdo a la época del año.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Medidas de reducción (Rd)	Constructor
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Bitácoras de riego • Evidencia fotográfica.
Temporalidad de ejecución	
Conforme al cronograma del proyecto	
Indicadores de éxito	
• Mejora en la calidad de aire	
• Disminución perceptible de partículas suspendidas	
Acciones de respuesta	
• Suplir lo más pronto posible el riego de materiales, solamente si este lo requiere (época de sequía y/o fuertes vientos).	
Ubicación	
• Área del proyecto.	

Nombre de la medida	
Cubiertas en contenedores o camiones	
Impactos atendidos	
• Calidad de aire • Dispersión de partículas	
Descripción de la medida	
Las cajas o contenedores de los camiones de transporte de material deberán ser cubiertas con lona para evitar dispersión de partículas, se deberán cubrir todos los camiones o contenedores empleados en la realización del proyecto.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Reducción (Rd)	Constructor
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Registro de camiones • Evidencias fotográfica
Temporalidad de ejecución	
Durante la etapa de preparación y construcción	
Indicadores de éxito	
• Disminución visible de partículas • Calidad del aire • Camiones transportando el material cubierto con una lona.	
Acciones de respuesta	
• Suspensión de actividades hasta cumplir con las especificaciones de la presente medida.	
Ubicación	
• En todo el trayecto del camino y/o vehículos de transporte.	

Nombre de la medida	
Limpieza	
Impactos atendidos	
• Contaminación del agua • Contaminación del suelo • Calidad del paisaje	
Descripción de la medida	
Establecer un programa de limpieza que incluya la recolección de residuos sólidos urbanos.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Supervisor ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Evidencia Fotográfica
Temporalidad de ejecución	
PS, CO	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de residuos sólidos en el área del proyecto. • Ausencia de residuos o azolves en las cunetas.	
Acciones de respuesta	
• Acciones de recolección y manejo adecuado de los residuos.	
Ubicación	
• Área del proyecto.	

Nombre de la medida	
Educación ambiental	
Impactos atendidos	
• Agua superficial • Características físico-químicas del suelo • Flora • Fauna • Paisaje	
Descripción de la medida	
Se impartir capacitaciones de educación ambiental de forma periódica a todos los trabajadores para crear una conciencia ambiental. Los temas mínimos a tratar deberán de ser: • La identificación y correcto manejo de residuos peligrosos • Residuos sólidos urbanos, uso correcto de los contenedores y ceniceros • Importancia de la flora y fauna • Protección del suelo durante los mantenimientos de maquinaria (en caso de realizarla en el sitio)	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Prevención (Pr)	Constructor y mitigador
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO	• Listas de asistencia a las capacitaciones. • Reportes de trabajo.
Temporalidad de ejecución	
PS, CO	
Indicadores de éxito	
• El total del personal capacitado. • Cumplimiento de los índices de éxito de las otras medidas de prevención y mitigación.	
Acciones de respuesta	
• Rediseño de la metodología de las capacitaciones. • Impartir de nuevo las capacitaciones al personal.	
Ubicación	
• Área del proyecto	

Nombre de la medida	
Señalización	
Impactos atendidos	
• Atropellamiento de la fauna • Calidad del agua	
Descripción de la medida	
Colocar letreros de precaución que indiquen la presencia de animales en camino junto a los letreros correspondientes a la velocidad permitida, para disminuir el riesgo de atropellamiento de fauna. Colocar letreros que prohíban tirar basura en el área del proyecto.	
Tipo de medida	**Responsable de ejecución**
Preventiva (Pr)	Constructor y Supervisor Ambiental
Etapa de aplicación	**Mecanismo de revisión y seguimiento**
PS, CO, OP	• Evidencia Fotográfica
Temporalidad de ejecución	
PS, CO, OP	
Indicadores de éxito	
• Ausencia de fauna atropellada. • Ausencia de residuos sólidos en el área del proyecto.	
Acciones de respuesta	
• Aumentar el número de letreros.	
Ubicación	
• Área del proyecto.	

<table>
<tr><th colspan="2">Nombre de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">Desmonte de manera manual</td></tr>
<tr><th colspan="2">Impactos atendidos</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Protección al suelo, agua, fauna y flora</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción de la medida</th></tr>
<tr><td colspan="2">El proceso de desmonte para los estratos arbóreos y arbustos deberá seguir las siguientes actividades para garantizar el adecuado retiro de la vegetación:
1. Marqueo del arbolado ubicado en el área del proyecto, en compañía de personal técnico forestal.
2. Derribo direccionado del arbolado mediante motosierra, evitando dañar vegetación fuera de la zona del proyecto.
3. En áreas en donde el estrato arbustivo posea tallas pequeñas se realizará el proceso de desmonte con ayuda de maquinaria pesada.
4. El material vegetal muerto deberá ser esparcido en el área propuesto para dicha obra, esto se realizará en conjunto con el top soil, conforme se finalicen las actividades, buscando que quede disperso a lo largo de toda el área propuesta, esto con el fin de reducir la energía del agua en su impacto con el suelo durante la precipitación, y reducir la velocidad del viento, por lo tanto propiciar la conservación de la humedad del suelo y reducir la erosión eólica. Las coordenadas del área propuesta se describen en el programa de obras de suelos.</td></tr>
<tr><th>Tipo de medida</th><th>Responsable de ejecución</th></tr>
<tr><td>Reducción (Rd)</td><td>Constructor y Supervisor de Obra</td></tr>
<tr><th>Etapa de aplicación</th><th>Mecanismo de revisión y seguimiento</th></tr>
<tr><td>Preparación del sitio</td><td rowspan="3">• Bitácora el inicio de cada una de las actividades.
• Reporte fotográfico el cumplimiento de cada acción.</td></tr>
<tr><th>Temporalidad de ejecución</th></tr>
<tr><td>Desmonte</td></tr>
<tr><th colspan="2">Indicadores de éxito</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Ausencia de vegetación y fauna quemada.
• Calidad del aire.
• Ausencia de olores por quema de vegetación.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ubicación</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Área del proyecto.</td></tr>
</table>

VI.2. Impactos residuales

Es el efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación. En este apartado se describen los impactos ambientales residuales y medidas propuestas ya aplicadas y comparadas con la matriz de identificación de impactos (Capítulo V).

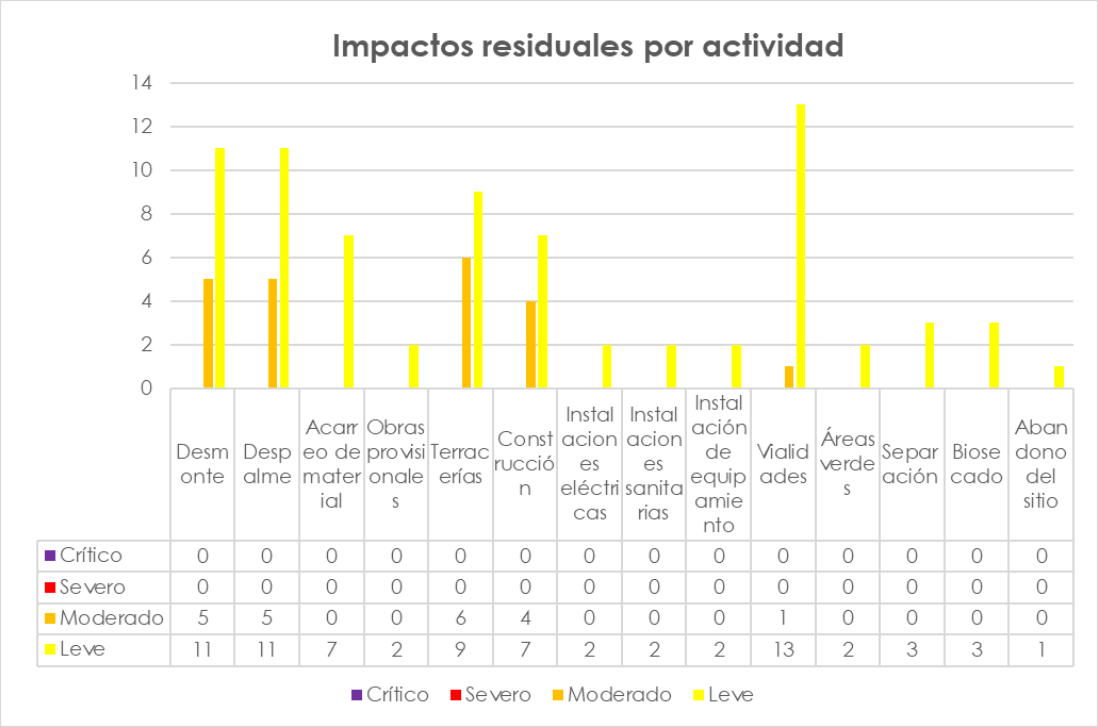
Tabla VI. 5. Matriz de impactos residuales.

Matriz de Impactos residuales		Preparación del sitio				Construcción							Operación		Abandono del sitio
		Desmonte	Despalme	Acarreo de material	Obras provisionales	Terracerías	Construcción	Instalaciones eléctricas	Instalaciones sanitarias	Instalación de equipamiento	Vialidades	Áreas verdes	Separación	Biosecado y bioestabilización	Abandono del sitio
Agua	Superficial	-15	-15	0	0	-15	-29	0	0	0	-25	25	0	0	0
	Subterránea	-17	-17	0	13	-13	-27	0	0	0	-27	27	0	0	0
Suelo	Erosión	-20	-20	0	0	-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Características Físico Químicas	-14	-14	0	10	-27	-14	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permeabilidad	-22	-22	-12	0	-16	-33	0	0	0	-16	29	0	0	0
	Geomorfología	-27	-27	0	0	-31	0	0	0	0	-18	0	0	0	0
	Estructura del suelo	-28	-28	0	0	-28	0	0	0	0	-11	0	0	0	0
Atmósfera	Calidad del Aire	-14	-14	-14	0	-11	-11	0	0	0	-14	24	0	-24	0
	Estado acústico	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-24	-10	0
	Olores	-10	-10	-10	0	0	-10	0	0	0	-14	0	-24	0	0
Flora	Vegetación	-29	-29	0	0	-16	-12	0	0	0	-12	29	0	0	0
Fauna	Fauna Terrestre	-14	-14	-10	0	-10	-24	0	0	0	-10	14	0	0	0
	Fauna Acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje	Relieve	-29	-29	0	0	-29	0	0	0	0	-12	0	0	0	0
	Apariencia visual	-26	-26	-9	-9	-26	-27	0	0	0	-9	23	0	0	0
	Biológico	-9	-9	0	0	-9	0	0	0	0	-9	0	0	0	0
Social	Bienestar social	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
	Riesgo	-11	-11	-11	0	-11	-11	-11	-11	-11	-24	-11	-24	-24	-11
Económico	Empleo	20	20	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	Ingreso	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Para visualizar de una mejor forma el efecto que tendrán las medidas de prevención y mitigación en los impactos negativos se presenta la siguiente gráfica.

La gráfica muestra el promedio de los impactos por indicador que se producirán una vez implementadas las medias de mitigación.

Gráfica. VI. 1. Impactos con medidas de prevención y mitigación.



	Desmonte	Despalme	Acarreo de material	Obras provisionales	Terracerías	Construcción	Instalaciones eléctricas	Instalaciones sanitarias	Instalación de equipamiento	Vialidades	Áreas verdes	Separación	Biosecado	Abandono del sitio
Crítico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Severo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado	5	5	0	0	6	4	0	0	0	1	0	0	0	0
Leve	11	11	7	2	9	7	2	2	2	13	2	3	3	1

La implementación de las medidas preventivas y de mitigación contrarrestará los impactos ambientales negativos en gran medida.

Los impactos residuales obtenidos posteriores a la implementación de medidas de mitigación seguirán presentes por su naturaleza, afectando factores como agua, suelo y paisaje, sin embargo estos impactos son de manera fugaz y/o temporal. Asimismo, al ser impactos negativos de menor nivel se consideran un impacto leve. Algunos de ellos presentan un alto nivel de impacto (vialidades y construcción) debido a que su temporalidad es permanente, sin embargo siguen siendo impactos de nivel leve.

Cabe mencionar que se tendrán impactos positivos en los factores de bienestar social y en el de empleo y la generación de ingresos.

En conclusión las medidas propuestas son lo suficientemente efectivas para contrarrestar los impactos que se generarían por la ejecución del proyecto, ya que disminuyen en gran medida el efecto de los impactos, y los impactos residuales existentes son considerados con un impacto leve.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

VII.1. Pronóstico del escenario

El pronóstico o proyección ilustra el resultado de la acciones de las medidas correctivas o de mitigación, sobre los impactos ambientales relevantes y críticos. A continuación se presenta el escenario original y los pronósticos generados por el desarrollo del proyecto considerando las medidas de mitigación.

Tabla VII. 1. Niveles de calidad ambiental.

Niveles de calidad ambiental
Original
Escasamente modificado
Moderadamente modificado
Totalmente modificada

Tabla VII. 2. Condiciones del área de estudio sin proyecto y con proyecto con y sin medidas de mitigación.

Elemento	Sin proyecto	Proyecto	
	Condición actual	Sin medidas de mitigación	Con medidas de mitigación
Agua	Escasamente modificado	Moderadamente modificado	Escasamente modificado
Suelo	Escasamente modificado	Moderadamente modificado	Moderadamente modificado
Atmósfera	Escasamente modificado	Escasamente modificado	Escasamente modificado
Flora	Escasamente modificado	Moderadamente modificado	Escasamente modificada (+)
Fauna	Escasamente modificado	Moderadamente modificado	Escasamente modificado
Paisaje	Moderadamente modificado	Moderadamente modificado	Moderadamente modificado
Social	Moderadamente modificado	Moderadamente modificado (+)	Moderadamente modificado (+)
Económico	Moderadamente modificado	Moderadamente modificado (+)	Moderadamente modificado (+)

Con base en el diagnóstico del sistema ambiental, en los impactos ambientales provocados por la realización de las obras del proyecto, así como en las medidas de prevención, mitigación y restauración, se pueden establecer las tendencias de los elementos sujetos a cambio, tal como se describe a continuación.

VII.1.1 Descripción del escenario en condiciones actuales.

En el escenario actual del sitio para el desarrollo del proyecto las condiciones son buenas y según la evaluación en el diagnóstico ambiental presenta una calidad ambiental escasamente modificada. Esta calidad fue evaluada en base a los elementos de agua, suelo, atmósfera, flora, fauna, paisaje, social y económico, los cuales se describen detalladamente en el capítulo IV del presente manifiesto.

El paisaje corresponde a una pendiente de entre 0 – 15% cuenta con vegetación de Matorral Desértico Micrófilo. Cuenta con una cubierta vegetal de poco significancia en la configuración por presentar poco contraste y formas comunes, poca variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca, vegetación, cubierta vegetal aislada y ausencia de cuerpos de agua dentro de la zona del proyecto y fauna escasa en los puntos de observación. La mayoría de los escenarios se caracterizan por ser estar libres de actuaciones antrópicas, así como por ser paisajes comunes sin gran riqueza visual.

Según lo observado en campo, en la zona existen suelos limitados en profundidad por presencia de roca continua donde el límite de la superficie hasta el estrato rocoso no es muy amplia. El factor causativo de degradación que se presenta dentro del SA es la pérdida de suelo superficial por acción por acción del viento, el cual llega a ocasionar disminución en el espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforma del material del suelo.

VII.1.2 Descripción del escenario con proyecto y sin medidas de mitigación

Toda obra genera impactos ambientales negativos debido a que se modifica el ecosistema. Los elementos del sistema ambiental se encuentran en su estado escasamente modificado o bien moderadamente modificado.

Ejecutar esta obra sin implementar las medidas de mitigación provocaría diversos daños al medio ambiente que pueden evitarse:

- La contaminación del suelo por: derrame de residuos peligrosos y sustancias peligrosas, residuos sólidos urbanos, aguas residuales.
- La pérdida de suelo debido a la erosión provocada por el tránsito de los vehículos, el viento, el agua y el movimiento de suelo con maquinaria.
- La contaminación del agua superficial por el derrame de residuos y sustancias peligrosas, y por el vertimiento de los desechos de aguas residuales.
- El daño a la vegetación aledaña a la zona del proyecto.
- Pérdida de fauna.
- Contaminación del aire por dispersión de partículas debido al tránsito de vehículos y el movimiento de suelo durante la preparación del sitio.
- Una mayor modificación del paisaje.

Los impactos ambientales que se generarían al no aplicar las medidas son diversos, y de distinta magnitud, sin embargo todos son de relevancia.

VII.1.3 Descripción del escenario con proyecto y medidas de mitigación

Durante el desarrollo del proyecto se asegurará la ejecución correcta de cada una de las medidas de mitigación emitidas en el Capítulo VI del presente estudio.

La ejecución de la obra con la implementación de las medidas de mitigación permitirá que el proyecto se desarrolle en armonía con el medio ambiente:

- Se evitará en medida de lo posible la contaminación del agua y suelo, independientemente del tipo de residuo, ya que estará prohibido desechar residuos al aire libre. En caso de haber algún derrame accidental de residuos peligrosos o sustancias peligrosas se realizará la remediación correspondiente para evitar afectaciones.
- Se conservará el suelo debido a que habrá una baja erosión.
- Se tendrá una mejor calidad del aire debido a que se implementaran medidas para evitar la suspensión de partículas a la atmósfera.
- Se conservaran en gran medida las poblaciones de fauna ya que se pondrán en práctica medidas para protegerla, ahuyentarla y reubicarla.
- Se preservará la calidad del agua subterránea.
- Las obras de conservación de suelo ayudaran a la mejora de las condiciones del suelo, reduciendo la erosión y mejorando la infiltración.

En conclusión, las etapas del área del proyecto poniendo en práctica las medidas de prevención, mitigación y compensación generarán impactos al medio ambiente en menor magnitud. Es improbable la ejecución de una obra con cero impactos ambientales, pero si es posible disminuirlos al máximo, es por esto la importancia de llevar a cabo las medidas propuestas en esta Manifestación de Impacto Ambiental.

VII.2. Evaluación de alternativas

El presente apartado describe las alternativas del proyecto considerando los criterios de ubicación, tecnológicos y reducción de superficie.

Alternativas de ubicación

El Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua se ubicará al norte de la Ciudad de Chihuahua sobre la Av. De las industrias y calle Del Ladrillo en el predio de Quintas Carolinas, en la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua.

Tecnología

El proyecto comprende el uso de materiales de primera calidad en uso en los materiales y procedimientos conforme a las Normas Técnicas Nacionales e Internacionales en todas sus etapas.

Reducción de superficie

El proyecto del Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua cuenta con una superficie de 4.7206 ha de área.

VII.3. Conclusiones generales

Los impactos generados por la realización del proyecto serán moderados y leves si no se aplican las medidas de mitigación propuestas, no obstante, con su correcta aplicación y seguimiento los impactos serán reducidos y mitigados.

El proyecto en cuestión ocasionará impactos ambientales a nivel local que pueden ser prevenidos, compensados y mitigados, es decir, su magnitud puede ser disminuida.

Con base en la correcta aplicación de las medidas de mitigación se podrá recuperar la continuidad de corredores ambientales (flora y fauna) para asegurar una mayor conservación del sistema en el largo plazo.

La aportación de mayor importancia de este proyecto, es que como parte de sus medidas de mitigación y compensación, contempla una serie de programas y acciones que permitirán recuperar sitios dañados procedentes de la obra, así como parte del deterioro existente en la zona.

Que el proyecto cuenta con las factibilidades técnicas y económicas necesarias para llevarse a cabo, sin detrimento del factor ambiental y social como determinante de la sustentabilidad y éxito a largo plazo de la actividad en la región.

VII.4. Programa de Monitoreo

Para el proyecto "Complejo ambiental de Gestión de Residuos del municipio de Chihuahua" se requiere una adecuada vigilancia ambiental, por lo que se elaborara:

- Programa de Vigilancia Ambiental.
- Reporte fotográfico.
- Programa de reforestación.
- Programa de rescate y reubicación de fauna.
- Programa de obras de conservación de suelos.

Los programas que se anexan al presente estudio tienen como objetivo asegurar la recuperación, restitución, protección y conservación de los diferentes factores, así como para ejecutar medidas para que el ecosistema no pierda el equilibrio natural antes del desarrollo del proyecto, además se tiene el objetivo de controlar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas que resulten del resolutivo del impacto ambiental y las referidas en el propio estudio.

Las acciones establecidas en los programas corresponden a aquellas actividades que generan impactos sobre los factores ambientales considerados en la matriz de impactos, para lo cual se determina el tipo de gestión y la forma de medición o de control a través de los indicadores que permitan dar el adecuado seguimiento y valoración del cumplimiento respectivo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Regiones Terrestres Prioritarias de México, Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html

Atlas Nacional Interactivo de México (ANIM), http://www.atlasdemexico.gob.mx

Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad: Regional, SEMARNAT. http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx.

Sosa, C. M. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. Apuntes. Carrera; Ingeniero en Ecología. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

COTECOCA 1990. Tipos de vegetación de México. Comisión Técnica para la determinación regional de los coeficientes de agostadero. SARH. México, D.F.

Ayala-Islas, D., R. Rodríguez-Estrella y B. Granados. 2005. Ficha técnica de Accipiter cooperii. En: Escalante, P. (compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto W042. México. D.F.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rivera-Rodríguez. 2005. Ficha técnica de Aquila chrysaetos. En: Escalante, P. (compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto W042. México. D.F.

Cartas topográficas H12b88 y H12b89, escala 1:50,000 publicadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Instituto Nacional de Geografía e Historia, II Conteo de Población y Vivienda, 2005.

VOSS RS y LH EMMONS. 1996. Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. Bulletin of the American Museum of Natural History 230:1-115.

Rzedowski, 1978, Vegetación de México. Ed. Limusa, México.

Diccionario de datos fisiográficos escala 1:1 000 000, Base de datos geográficos, INEGI, 2000.

Diccionario de datos climáticos escala 1:1 000 000, Base de datos geográficos, INEGI, 2000.

Diccionario de datos edafológicos escala 1: 250,000, Base de datos geográficos, INEGI, 1998.
Diccionario de datos geológicos escala 1: 250,000, Base de datos geográficos, INEGI, 1998.

Viramontes, O. 2009. Manual para determinar pérdida de suelos en cuencas hidrológicas. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, Dirección de Extensión y Difusión.

Cardoza, R., Cuevas, L. García J.,et al. Manual de Obras y Prácticas. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales. 3er edición. Zapopan, Jalisco. Comisión Nacional Forestal.

Plan Nacional de Infraestructura 2014-2018, Gobierno de la República Mexicana.

CONAFOR, 2013. Protección, restauración y conservación de suelos forestales.

Atienza, J.C., I. Martín Fierro, O. Infante, J. Valls y J. Domínguez. 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. SEO/BirdLife, Madrid. España.

Erickson W., G. Johnson, D. Young, D. Strickland, R. Good, M. Bourassa, K. Bay y K. Sernka. 2002. Synthesis and Comparison of Baseline Avian and Bat Use, Raptor Nesting and Mortality Information from Proposed and Existing Wind Developments. Informe de Bonneville Power Administration. Estados Unidos.

Jenkins A.R., C.S. van Rooyen, J.J. Smallie y H.A. Smith. 2011. Best practice guidelines for avian monitoring and impact mitigation at 31 proposed wind energy development sites in southern Africa. Wildlife and energy program of the Endangered Wildlife Trust and BirdLife South Africa. Sudáfrica.

Kunz T., E. Arnett, B. Cooper, W. Erickson, R. Larkin, T. Mabee, M. Morrison, D. Strickland y J. M. Szewczak. 2007. Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: A guidance document. The Journal of Wildlife Management. Estados Unidos.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF) 21 de Noviembre de 2014.

Arredondo, A., Sánchez, F., 2007. Folleto técnico No. 31, Guía técnica para la protección y rescate de cactáceas por eventos de perturbación. San Luis Potosí, México.

Ackerman, L. 1999. The Biology, Husbandry and Health Care of Reptiles. Vol 2. T.F.H.Publications Inc. USA.

Campbell, J. and W. Lamar. 1989. Venemous Reptiles of Latin America. Cornell University Press. Ithaca. New York. USA.

Casas G. et al. 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles. Primera edición.Instituto de Biología. UNAM. México D.F. 68 pp.

Ceballos G. y FE ccardi. 1996. Diversidad de Fauna Mexicana. Segunda edición. CEMEX,S.A de C.V. Agrupación Sierra Madre, S.C. México, D.F. 191 pp.

Bligh, j. and Harthoorn, A.M. (1965). Conti-nuous radiotelemetric records of the deep body temperature of some unrestrained African mammals under near-natural conditions. J. Physiol. Lond. 176: 145.

Klauber M. L. 1972 Rattlesnakes: their habits, life histories and influence on mankind. Second edition. Berkeley and Los Angeles, Univ. California Press. Vol. I y II.

Lazcano-Barrero et al. 1984. Estudio y conservación de anfibios y reptiles, una propuesta. Segunda edición. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa Veracruz. México.44pp.

Nostrand y Jold. 1972. Grzimek´s Animal Life Enciclopedy.Vol 6. 460-466 Camp Editores. England.

Richards, J. D. & J. Short. 2003. Reintroduction and establishment of the western barred bandicoot Perameles bougainville (Marsupialia: Peramelidae) at Shark Bay, Western Australia. Biological Conservation 109: 181-195.

Sánchez O. 1998. Biodiversidad. Serpientes de México. Año 4, no. 21.CONABIO. México. D.F. www.conabio.gob.mx

Weindensaul S. 1998. Serpientes del mundo. SUSAETA Ediciones S.A. Singapur. 128 pp.

Andersson, S. 1998. Ultraviolet sexual dimorphism and assortative mating in blue tits. Proceeding of the Royal Society B 265 (1395): pp. 445–50.

Hall M.I. 2008.The anatomical relationships between the avian eye, orbit and sclerotic ring: implications for inferring activity patterns in extinct birds. Journal of Anatomy 212 pp. 781–794.

Hayes B., G.R. Martin y M. de L. Brooke. 1991. Novel area serving binocular vision in the retinae of procellariiform seabirds. Brain, Behavior and Evolution 37: pp. 79–84.

Hötker, H. et al. 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation.
Bergenhusen: Michael-Otto-Institut.

Muheim R., J.B. Phillips y S. Åkesson. 2006. Polarized light cues underlie compass calibration in migratory songbirds. Science 313: pp. 837–839.

Sinclair S. 1985. How Animals See: Other Visions of Our World. Beckenham, Kent: Croom Helm.

Subramanian M. 2012. "An ill wind". Nature Global. España y Estados Unidos.
www.biodiversidad.gob.mx

Wolf, C. M., T. Garland, Jr & B. Griffith. 1998. Predictors of avian and mammalian translocation success: reanalysis with phylogenetically independent contrasts. Biological Conservation 86:243-255.

Richards, J. D. & J. Short. 2003. Reintroduction and establishment of the western barred bandicoot Perameles bougainville (Marsupialia: Peramelidae) at Shark Bay, Western Australia. Biological Conservation 109: 181-195.

Bainbridge, D., 2007. A Guide for Desert and Dryland Restoration. Washington, DC.

C. (2005, 08). Catálogo de especies encontradas en campo. GT002. Obtenido 12, 2005, de http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/GT002_Anexo%20Catalogo%20especies.pdf.