MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Capítulo I

CONTENIDO

I . DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 2
I.1 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS 3
I.1.1 PREPARACIÓN DEL SITIO 4
I.1.1.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 4
I.1.1.2 LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS 4
I.1.1.3 DESMONTE Y DESPALME 5
I.1.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN 5
I.1.2.1 OBRA CIVIL DE TORRES AUTOSOPORTADAS 5
I.1.2.1.1 EXCAVACIÓN DE CEPAS 5
I.1.2.1.2 COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO 5
I.1.2.1.3 CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS 6
I.1.2.1.4 RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES 6
I.1.2.2 OBRA ELECTROMECÁNICA 6
I.1.2.2.1 ARMADO, NIVELADO Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS 6
I.1.2.2.2 VESTIDO DE ESTRUCTURAS 6
I.1.2.2.3 TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA 6
I.1.2.2.4 SISTEMA DE TIERRAS 8
I.1.2.2.5 PRUEBAS PRE-OPERATIVAS 8
I.1.3 ETAPA DE OPERACIÓN 8
I.1.4 ETAPA DE MANTENIMIENTO 8
I.1.5 ETAPA DE ABANDONO DE SITIO 10
I.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO 11
I.2.1 ALMACENES Y BODEGAS. 11
I.2.2 INSTALACIONES SANITARIAS. 11
I.3 TIPOS DE OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO CONFORME AL ARTÍCULO 5 DEL RLGEEPA MATERIA DE EIA 12
I.4 INVERSIÓN TOTAL 12
I.5 DURACIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO 13
I.6 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 13
I.7 SUPERFICIES GENERALES DEL PROYECTO 13

CONSULTA PÚBLICA

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

Tabla 1. Datos generales del proyecto y del responsable del estudio

PROYECTO	
Nombre del Proyecto	Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga
PROMOVENTE	
Nombre o Razón Social	Comisión Federal de Electricidad
RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
Nombre o Razón Social	CAAFF Consultoría Forestal S. de R.L. de C.V.
Nombre del responsable técnico de elaboración del estudio de impacto ambiental	Ing. Juan Ramón Quintana Luna
Correo(s) electrónico(s)	[redacted]

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental).

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

_____

Ing. Juan Ramón Quintana Luna

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

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 2. Ubicación del proyecto

UBICACIÓN DEL PROYECTO			
Entidad federativa	Sonora	Municipio	Hermosillo
Calle y número, código postal y localidad, en caso aplicable.	Hermosillo, Sonora		
IMAGEN DE UBICACIÓN DEL PROYECTO, INCLUIR TODOS LOS POLÍGONOS DE LOS COMPONENTES QUE LO CONFORMAN			



ANEXO 2. Ubicación del Proyecto (Mapas, Shapefile, KML/KMZ y CSV, del polígono general y de cada uno de los componentes del Proyecto)

ANEXO 3. Polígonos de las superficies de intervención y afectación y cambio de uso del suelo, Shape Shapefile, KML/KMZ y CSV, PDF y DWG)

I.1 DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES, INCLUYENDO OBRAS COMPLEMENTARIAS

La naturaleza del proyecto corresponde a infraestructura energética estratégica del sector eléctrico, específicamente en el rubro de transmisión de energía eléctrica, la cual es considerada de utilidad pública, al contribuir al fortalecimiento, confiabilidad y continuidad del Sistema Eléctrico Nacional.

Con la implementación del proyecto se atenderá la problemática de saturación de la infraestructura de transformación pronosticada en la zona de carga Hermosillo, en condiciones de red completa y ante contingencia sencilla de algún elemento de transmisión. Se esperan beneficios como son la reducción de costos operativos (pérdidas eléctricas por efecto joule I2 R), mejorar condiciones de voltaje para el suministro de la demanda en la zona de influencia (Calidad de energía), atender el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en el largo plazo y, en consecuencia, permitir el desarrollo de nuevos proyectos locales para el crecimiento económico de esta región.

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, el proyecto responde a la necesidad de atender la demanda energética de la región, particularmente en una zona de alto crecimiento industrial como lo es Hermosillo, contribuyendo al desarrollo económico y a la consolidación de la infraestructura eléctrica necesaria para el funcionamiento de actividades productivas. Si bien el Proyecto implica la modificación puntual del entorno natural, incorporará medidas de prevención y mitigación ambiental que permiten su desarrollo bajo criterios de sustentabilidad y control de impactos.

La ejecución del proyecto implica la realización de actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, incluyendo desmonte y despalme, excavación para cimentaciones, instalación de estructuras y tendido de conductores.

Tabla 3. Características generales de la Línea de Transmisión

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	
Capacidad de transmisión:	115 kV
Número de circuitos:	Dos (2) circuitos
Longitud del proyecto:	16.03 km
Ancho de derecho de vía:	18.5 m
Longitud y ancho de brecha de patrullaje	16.03 km y 4 m
Punto de interconexión y/o entronque.	CFE Subestación Eléctrica Hermosillo Lomas
Superficie total del derecho de vía (área del proyecto):	29.593 ha
Superficie de CUSTF:	26.999 ha
Tipo de Estructuras de soporte:	Torres de acero autosoportadas
Número estimado de estructuras:	45
Cable Conductor (Tipo):	795 ACSR-TA
Cable de Guarda (Tipo):	Fibra óptica
Aisladores:	De suspensión de vidrio templado
Disposición de fases:	Horizontal y Vertical
Sistema de Tierras:	Cable de acero
Tipo de cimentación:	Cimentación de concreto

I.1.1 PREPARACIÓN DEL SITIO

I.1.1.1 Levantamiento topográfico

Durante el levantamiento topográfico se ubica físicamente la trayectoria definitiva en el terreno, posterior de que esta fue seleccionada en gabinete, colocando mojoneras en cada punto de inflexión (PI) localizado. Esta tarea la realizará una cuadrilla topográfica con apoyo de equipo de precisión, siendo probable el requerirse la remoción manual (con machete) de algunas ramas o arbustos, con la intención de poder realizar mediciones de forma correcta.

I.1.1.2 Localización de estructuras

Se basa en verificar en campo los planos de perfil donde aparecen indicadas las mojoneras y estacas necesarias para la localización de estructuras. CFE coloca una mojonera en el centro del lugar donde se localiza cada estructura indicando el número y tipo de torre; posteriormente se verifican los puntos más sobresalientes del perfil. De acuerdo con el levantamiento topográfico y el estudio geotécnico preliminar, se realiza la distribución y localización de las estructuras y los patios para el tendido y tensado de los cables de guarda y conductor a lo largo de la trayectoria.

CONSULTA PÚ ICA

I.1.1.3 Desmonte y despalme

Los trabajos de desmonte tienen la finalidad de limpiar la superficie destinada para la brecha de patrullaje y bases de las torres, así como las áreas de armado e hincado. Por otro lado, el trabajo de despalme consiste prácticamente en retirar la capa vegetal y la materia orgánica del suelo, y apartar el material suelto de las áreas que se van a utilizar para maniobras y aquellas que servirán como brechas de patrullaje, una vez realizado el desmonte o derribo de vegetación. La remoción de estos materiales se hará utilizando maquinaria pesada (bulldozer o retroexcavadora). Se removerá una capa de 5 a 10 cm en las áreas de desmonte permanente y temporal.

Esta actividad tiene como objetivo permitir las maniobras de construcción durante el desarrollo de los trabajos; servir para el transporte del personal, materiales y equipos; así como el tensado de cable conductor y guarda.

I.1.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

I.1.2.1 Obra civil de torres autosoportadas

I.1.2.1.1 Excavación de cepas

Son las excavaciones que se efectúan para formar la sección de desplante en las cimentaciones de las estructuras de soporte y se ubican de acuerdo con las dimensiones del proyecto. Se ejecutará 4 excavaciones para la torre de acero; estas excavaciones pueden ser tipo pilas o tipo zapatas; el equipo a utilizar consiste en maquinaria, retroexcavadora con martillo y compresor para las excavaciones tipo zapatas y para las excavaciones tipo pilas se realiza mediante texomas.

El material producto de las excavaciones se utiliza en el relleno y compactado de las mismas excavaciones que contiene la cimentación de las estructuras. Durante la excavación la mayor parte del volumen extraído será utilizado en el relleno-compactado de las superficies, previendo que sólo en caso de que el material no sea compactable utilizar material de bancos de préstamo. El material sobrante se dispersará en el área cuando las partículas que lo forman sean pequeñas; en caso contrario se trasladará a lugares adecuados para su posterior utilización.

Se tomarán las medidas necesarias para evitar que las excavaciones puedan originar daños a personas, animales y vehículos, se delimitarán con malla de hasta 1.30 m y colocaran las señalizaciones adecuadas.

I.1.2.1.2 Colocación de acero de refuerzo

Consiste en la elaboración del enrejado de acero que dará fuerza a las cimentaciones. El enrejado de acero se fabricará de acuerdo con las especificaciones del diseño y tipo de estructuras, utilizando varillas corrugadas de diferentes diámetros y alambre recocido.

Esta actividad se realiza normalmente en el área de almacén y el acero ya habilitado es transportado al área proyecto para su colocación en el sitio definitivo.

CONSULTA PÚ ICA

I.1.2.1.3 Cimentación de estructuras

Es la mezcla de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos que se especifican en las proporciones adecuadas que al endurecerse adquieren la resistencia mecánica (250 kg/m) y características requeridas para la construcción de los cimientos de las estructuras, estas cuentan además con varillas las cuales resistirán el esfuerzo necesario para operar. Esta actividad se realizará en la superficie denominada "área de estructura de acero".

I.1.2.1.4 Relleno y compactado de cimentaciones

Antes de montar el cuerpo superior de la estructura de soporte, la Comisión Federal de Electricidad revisará la nivelación del bottom panel (base de las torres). Una vez que sea aprobada, se procederá a rellenar la excavación con el material que se extrajo de la misma y se compactará.

I.1.2.2 Obra electromecánica

I.1.2.2.1 Armado, nivelado y montaje de estructuras

Esta etapa consiste en el armado estructural de cada una de las piezas de tornillería y ángulos de acero galvanizado a partir del "bottom panel" para formar lo que es el cuerpo de la estructura, el "bottom panel" es armado y nivelado en el lugar donde quedará localizada la estructura. Después con la ayuda de una grúa hidráulica se levanta el cuerpo de la torre o estructura para realizar el montaje sobre el "bottom panel". Esta actividad se realizará en la superficie denominada "sitio de construcción".

I.1.2.2.2 Vestido de estructuras

El vestido de torres o estructuras consiste en colocar en los lugares respectivos los herrajes, aisladores y accesorios en general; incluyendo las placas de aviso de peligro y numeración de estructuras de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto, las actividades son las siguientes: Instalación de conjuntos de herrajes y aisladores, tanto por los cables conductores como para los cables de guarda; instalación de los sistemas de señalización de peligro y numeración consecutiva de las estructuras; y señalización aérea de numeración en cada una de las estructuras y en ambos sentidos de la trayectoria de la línea de transmisión. Esta actividad se realizará en la superficie denominada "sitio de construcción".

I.1.2.2.3 Tendido y tensado del cable conductor y de guarda

El tendido de cable conductor incluye el tendido y tensionado de cable conductor, la colocación definitiva de los herrajes correspondientes y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores; la instalación de separadores y amortiguadores cuando se necesiten, la ejecución de los empalmes de tramos de cable conductor, y la instalación de puentes y remates en las torres que se requieran. Se utilizarán equipos llamados devanadora y traccionadora, los cuales funcionan respectivamente para el frenado y arrastre del cable a tender.

CONSULTA PÚ ICA

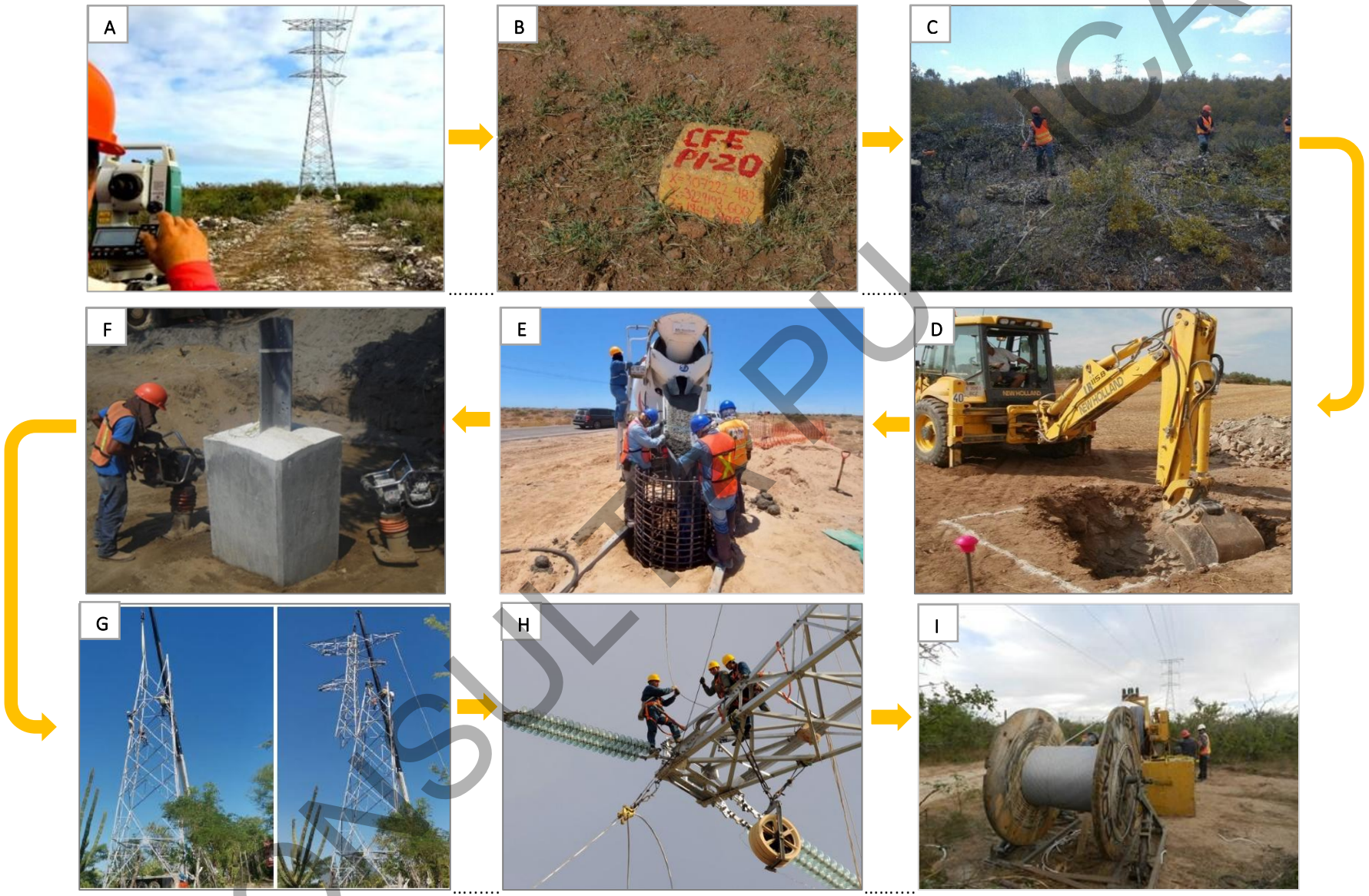


Figura 1. Esquema ilustrativo de la construcción de una LT con Torres autosoportadas: A: Levantamiento topográfico; B: Localización de estructuras; C: Desmonte; D: Excavación de cepas; E: Colocación de acero de refuerzo y relleno; F: Compactado de cimentaciones; G: Montaje y armado de estructuras; H: Vestido de estructuras; I: Tendido y tensado de cable conductor y de guarda

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.2.4 Sistema de tierras

Esta actividad consiste en proveer a cada una de las torres de un sistema de protección en caso de alguna descarga accidental. Para el sistema de tierras en la torre de acero, consiste en poner en cada una de las "patas" un cable de 8 metros de largo y a una profundidad de 40 cm. Esta actividad se realizará en la superficie denominada "sitio de construcción.

I.1.2.2.5 Pruebas pre-operativas

Consiste en la realización de pruebas operacionales antes de la puesta en marcha definitiva. Incluye actividades de revisión y recepción con la finalidad de detectar fallas en el sistema de distribución. Se verifica que la línea haya sido construida bajo las especificaciones de la CFE, cumpliendo con la legislación ambiental vigente, estándares de calidad y la capacidad de transmisión necesaria para el área demandante.

I.1.3 ETAPA DE OPERACIÓN

La etapa operativa inicia desde el momento en que la línea de transmisión sea energizada y dada de alta en el sistema eléctrico nacional. Su única función será la de transmitir, la energía eléctrica generada. Para detectar cualquier falla en el sistema se cuenta con un equipo de seguridad automático que interrumpe el flujo eléctrico, el cual se restablece hasta que la causa de la falla ha sido eliminada Totalmente por el equipo de supervisión.

I.1.4 ETAPA DE MANTENIMIENTO

Con el fin de garantizar la continuidad en el suministro de energía eléctrica y la conservación en forma adecuada de los elementos que conforman el proyecto, es necesario contar con un programa de mantenimiento de cada uno de los elementos que la componen. Para el mantenimiento de la línea de transmisión se aplica lo siguiente:

a) Mantenimiento preventivo

Tiene como objetivo evitar las interrupciones de la transmisión del fluido eléctrico por la línea, mejorando la calidad y continuidad en su operación y es consecuencia de las inspecciones programadas.

b) Mantenimiento correctivo

Es el que se realiza en condiciones de emergencia, o de las actividades o fallas que queden fuera del control del mantenimiento preventivo. Busca contar con los recursos suficientes (humanos y materiales, principalmente) a fin de lograr el menor tiempo de interrupción. Este tipo de situaciones no son deseables, ya que afectan los índices de disponibilidad de fluido eléctrico de las líneas.

c) Mantenimiento predictivo

Tiene la finalidad de combinar las ventajas de los dos tipos de mantenimiento anteriores para lograr el mismo tiempo de operación, eliminando el trabajo innecesario. Este mantenimiento exige mejores técnicas de inspección

CONSULTA PÚBLICA

y medición para contar con un control más riguroso de las condiciones de la línea que permita la planeación adecuada de las inspecciones y pruebas verdaderamente necesarias.

A continuación, se listan las principales actividades de mantenimiento que se realizarán:

- **Inspección mayor.** Deberá realizarse cuando menos una vez por año a lo largo de la línea de transmisión. Esta revisión deberá hacerse a detalle de cada elemento o componente de la estructura, cables conductores, hilos de guarda y factores externos susceptibles de ocasionar fallas en la misma, como: brecha de maniobra y patrullaje, contraperfiles, libramientos, cruzamientos con ríos, zonas de contaminación, vandalismo y áreas de incendio.
- **Inspección menor.** Podrán realizarse mínimo dos inspecciones menores por año en la línea de transmisión, en el entendido de que durante esta actividad no es estrictamente necesario por parte del liniero subir a las estructuras.
- **Patrullaje o inspección aérea.** Es una actividad que se realiza en helicóptero o avioneta sobrevolando la línea, permite detectar fallas notorias en el hilo de guarda, cable conductor, estructuras, brecha de maniobra y patrullaje, aisladores, colas de rata, elementos estructurales, cimentaciones e invasiones de derechos de vía.
- **Inspección de brechas de terceros.** Comprende las actividades de supervisión y recepción de brecha realizadas por CFE cuando se maneja algún contrato de servicios llevados a cabo por terceros.
- **Medición de resistencia a tierra.** Debe realizarse cada 4 años, se estima conveniente hacer programas de medición de resistencia de tierras al 100%. Tratándose de líneas nuevas (en la recepción) se deberán medir todas las estructuras antes de su puesta en servicio. El equipo más recomendable para medir la resistencia de tierras en líneas energizadas es el de alta frecuencia que no requiere una desconexión. La medición de tierra deberá ejecutarse en las épocas del año en las que el terreno permanezca seco.
- **Medición de corrosión.** Esta actividad deberá evaluarse y programarse en aquellas líneas que pudieren presentar corrosión, conforme al manual CFE MMAOO-01 Evaluación de la corrosión para mantenimiento de estructuras metálicas de líneas de transmisión, subtransmisión y distribución, debiéndose considerar la medición de la corrosión en cimentaciones mediante la obtención de la resistividad del terreno y potencial al piso.
- **Cambio de aislamiento con línea energizada.** Cambio de aislamiento con el uso de equipo de línea viva, pudiendo aplicarse el método a potencial o con pértiga.
- **Cambio de aislamiento con línea desenergizada.** Actividad programada que se realiza cuando la línea eléctrica está desenergizada. Se busca que no afecte la prestación del servicio eléctrico ni que resta confiabilidad a la red. Se realiza cuando la actividad con la línea energizada implicaría un alto riesgo para el personal.
- **Sustitución de empalme de conductor o guarda.** Donde se detecten empalmes dañados o defectuosos (mecánicos o compresión), se deberá programar su reemplazo, considerando para ello el método que ofrezca mayor seguridad para el personal (uso de canastillas, bajar cable al piso, etc.).
- **Reapriete de herrajes.** Incluye la corrección de conexiones deficientes por tornillería floja en clemas de suspensión, clemas de remate, puente de cables de guarda y estructura en general.
- **Sustitución de conectores y cable de guarda.** En zonas de alta contaminación, donde los cables de guarda son severamente atacados por corrosión, se programará la sustitución de estos incluyendo los casos donde eventualmente se llega a tener una ruptura de uno o más hilos de cable de guarda.

CONSULTA PÚ ICA

- **Sustitución de cola de rata.** Esta actividad se realizará cuando se encuentre dañado el cable de guarda.
- **Mantenimiento a conexiones o cambio de puente.** Incluye sustitución de tornillería en zapatas de conectores mecánicos en las estructuras de tensión-remate, remate-deflexión y/o transposición, así como cambio de puentes y conectares.
- **Reparación de conductor o hilo de guarda.** Estos trabajos tienen como propósito efectuar reparaciones en cables con hilos rotos, golpeados o dañados por corrosión, descargas atmosféricas o vandalismo.
- **Corrección al sistema de tierras.** Como resultado de un programa de medición en algunas líneas que resulten valores de resistencia altos, los valores mayores a 10 OHMS deberán corregirse, utilizando preferentemente el método de contra antenas y electrodos y/o mejorando las propiedades del terreno artificialmente.
- **Corrección de corrosión.** Se aplicará el criterio del manual CFEMAOO-01 Evaluación de la corrosión para mantenimiento de estructuras metálicas de líneas de transmisión, subtransmisión y distribución, que consiste en la aplicación de recubrimiento anticorrosivo previa preparación de superficies, tanto para la parte aérea, interfaz y subterránea.
- **Corrección de brecha.** Se considera como el mantenimiento de la brecha de maniobra y patrullaje, consiste en la poda de árboles realizada con personal de CFE, en zonas donde el crecimiento de árboles, maleza o pastizales ponen en riesgo la operación y confiabilidad de las líneas.

Tabla 4. Actividades de mantenimiento y su periodicidad para la Línea de Transmisión

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD
Inspección mayor	1 por año
Inspección menor	2 por año
Medición de resistencia a tierra	Cada 4 años
Medición de corrosión	Cada 6 años
Cambio de aislamiento con línea energizada	1 por año
Cambio de aislamiento con línea desenergizada	1 por año
Sustitución de empalmes de conducción o de guarda	Cada 5 años
Reapriete de herrajes	Cada 3 años
Sustitución de conector de guarda	Según requerimientos
Sustitución de cable de guarda	Según requerimientos
Sustitución de cola de rata	Según requerimientos
Mantenimiento a conexiones o cambio de puente	Según requerimientos
Reparación de conductor o hilo de guarda	Según requerimientos
Corrección al sistema de tierras	Cada 4 años
Corrección de corrosión	Cada 6 años
Mantenimiento de equipo y herramientas	Cada 2 años

I.1.5 ETAPA DE ABANDONO DE SITIO

El proyecto ha sido concebido para una vida útil estimada de 40 años, periodo durante el cual se prevé su operación continua, sujeta a programas de mantenimiento preventivo, correctivo y, en su caso, modernización de componentes, lo que podría permitir la extensión de su vida útil más allá del horizonte originalmente previsto.
Al concluir dicho periodo, se realizará una evaluación técnica de la infraestructura instalada, con el propósito de determinar la viabilidad de su reutilización, sustitución, rehabilitación o desinstalación, en función de las

CONSULTA PÚ ICA

condiciones operativas del sistema eléctrico, del estado físico de las estructuras y de los requerimientos del servicio.

No obstante, es importante señalar que la etapa de abandono del sitio no se considera como una fase previsible dentro de la descripción del proyecto, debido a que este tipo de infraestructura eléctrica normalmente se incorpora de manera permanente a la red de suministro de energía eléctrica, recibiendo mantenimiento continuo para conservar su funcionalidad y prolongar su operación. En este sentido, se prevé que la infraestructura pueda permanecer en servicio, ser modernizada o, en su caso, ser reemplazada parcialmente conforme a las necesidades del Sistema Eléctrico Nacional y a las condiciones técnicas que prevalezcan al término de su vida útil.

I.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO

Las obras provisionales y o actividades que requiere la instalación de los proyectos son las siguientes:

I.2.1 ALMACENES Y BODEGAS.

Los almacenes requeridos estarán ubicados en las poblaciones aledañas a las líneas de transmisión y a criterio del contratista. Estos generalmente se levantan en sitios apropiados y consisten en piezas de material multipanel que se arman sobre piso de tierra convencional que es utilizada como casa-oficina. Los almacenes y bodegas generalmente ocupan una superficie de 25 m^2 a 10,000 m^2; consistiendo estas últimas de una casa multipanel de 30 m^2 a 50 m^2 y el resto delimitado con alambre de púas o malla ciclónica. Por otro lado, es de importancia mencionar que el o los contratistas también podrán optar por la renta de bodegas ya establecidas en las poblaciones cercanas, lo cual es lo más común para este tipo de proyectos con dimensiones de 4 m x 4 m llevando normalmente una ventana, adquiriendo así la forma de una habitación.

En dichas instalaciones se guardará únicamente el equipo, herramienta y maquinaria necesaria durante la preparación del sitio y construcción de la obra, después de lo cual se desmantelarán. Las dimensiones exactas de almacenes y bodegas que se requieran para este proyecto se definirán cuando inicie la construcción; aunque en última instancia será la compañía constructora quien los ubicará a su conveniencia y quien obtendrá la autorización de la autoridad competente para su construcción. Es preciso señalar que este tipo de instalaciones no deberá establecerse sobre superficies con uso de suelo forestal, razón por la que no forman parte de la solicitud de autorización.

I.2.2 INSTALACIONES SANITARIAS.

En la etapa de construcción se instalarán baños portátiles provisionales de acuerdo con el número de empleados, se distribuirán a lo largo de la trayectoria y estarán sujetas a un programa de limpieza y mantenimiento por parte de la compañía prestadora de servicios, la cual deberá contar con las autorizaciones vigentes para su operación.

CONSULTA PÚ ICA

I.3 TIPOS DE OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO CONFORME AL ARTÍCULO 5 DEL RLGEEPA MATERIA DE EIA

Tabla 5. Tipos de obras o actividades del proyecto

INDICAR LOS TIPOS DE OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO CONFORME AL ARTÍCULO 5 DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
K) INDUSTRIA ELÉCTRICA: III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica O) Sector Forestal y Cambios de Uso de Suelo Aprovechamientos forestales en selvas tropicales o especies de difícil regeneración, así como el **cambio de uso de suelo de áreas forestales** a cualquier otro uso. *Excepción:* Se exceptúan las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar en predios con pendientes menores al 5% y superficies menores a 2 ha (zonas templadas) o 5 ha (zonas áridas). El Proyecto es una Línea de transmisión de 16.03 km, con una capacidad de 115 kV en una superficie de 29.593 has, de las cuales 26.999 has corresponden a Vegetación secundaría arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

I.4 INVERSIÓN TOTAL

Tabla 6. Inversión total del proyecto

COSTO DE INVERSIÓN DEL PROYECTO($)	COSTO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O RESTAURACIÓN ($)	TOTAL ($)
$ 69,520,000 MXN Sesenta y nueve millones quinientos veinte mil pesos 00/100 M.N.	$15, 480,000 MXN Quince millones cuatrocientos ochenta mil pesos 00/100 M.N.	$ 85,000,000.00 MXN Ochenta y cinco millones de pesos 00/100 M.N.

CONSULTA PÚBLICA

I.5 DURACIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO

Tabla 7. Duración del proyecto

ETAPA	DURACIÓN EN AÑOS, MESES O SEMANAS
Preparación del sitio	12 meses
Construcción	24 meses
Operación y/o mantenimiento	40 años
Cierre y abandono de sitio	Las Líneas de transmisión se considera de utilidad permanente; sin embargo, la vida útil se estima en 40 años, periodo en el cual se evaluarán las acciones a seguir.

I.6 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Tabla 8. Resumen de características del proyecto

CONCEPTO		PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN (CANTIDAD Y UNIDADES)	OPERACIÓN (CANTIDAD Y UNIDADES)
Consumo de energía eléctrica		NA	--
Consumo de agua		250 m^3	--
Emisiones de gases de efecto invernadero		-	No significativo
Aprovechamiento de otros recursos naturales (especificar)		NA	No significativo
Generación de residuos	Peligrosos	< 400 kg	-
	Manejo especial	14 toneladas	No significativo
	Sólidos urbanos	7 toneladas	-
Descargas de agua residual y/o de proceso		N/A	N/A
Otros		---	---

I.7 SUPERFICIES GENERALES DEL PROYECTO

Tabla 9. Superficies generales del proyecto

CONCEPTO	SUPERFICIE	
Superficie del predio o superficie total para el desarrollo del Proyecto	29.593 ha	
Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones	14.797 ha	
Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas	14.797 ha	
	Existente	**Por afectar**
Superficie total de vegetación	26.999 ha	26.999 ha
Superficie de vegetación forestal total	26.999 ha	26.999 ha
Superficie por cada tipo de vegetación		
Vegetación Secundaría arbustiva de Mezquital Xerófilo	26.999 ha	26.999 ha
Superficie de incidencia en Cuerpos de agua (temporal y/o permanente)	0.129 ha	0
Superficie de incidencia en Zona Federal (temporal y/o permanente)	NA	NA
Superficie de incidencia en Zona Federal Marítimo Terrestre (temporal y/o permanente)	NA	NA

CONSULTA PÚ ICA

Capítulo II

CONTENIDO

II . VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 1

II.1 LEYES Y REGLAMENTOS 1
II.1 ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DEL TERRITORIO 5
II.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO 5
II.1.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL ESTADO DE SONORA 11
II.2 PLANES DE DESARROLLO URBANO 15
II.3 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y DE CONSERVACIÓN 17
II.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 17
II.5 VINCULACIÓN CON OTROS INSTRUMENTOS JURÍDICOS APLICABLES 19
II.5.1 SUSCEPTIBILIDAD ANTE RIESGOS GEOLÓGICOS Y METEOROLÓGICOS 19
II.5.2 INCIDENCIA DE CORRIENTES INTERMITENTES, PERENES Y, CUERPOS DE AGUA 20
II.6 LOCALIDADES CON POBLACIÓN INDÍGENA 21

CONSULTA PÚBLICA

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

En el presente capítulo se desarrolló un análisis exhaustivo del marco normativo y los instrumentos de planeación ambiental aplicables al proyecto "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga", el estudio comprendió la evaluación de ordenamientos ecológicos del territorio, Áreas Naturales Protegidas (ANP) y demás disposiciones jurídicas vigentes, con el objetivo de determinar el grado de congruencia y cumplimiento regulatorio de la obra. Para ello, se sistematizó información de fuentes oficiales en los ámbitos federal, estatal y municipal, garantizando que el diseño y ejecución del proyecto se alineen estrictamente con las condicionantes de uso de suelo y los criterios de protección para ecosistemas de Mezquital xerófilo.

II.1 LEYES Y REGLAMENTOS

Tabla 1. Leyes y reglamentos en materia ambiental y del sector eléctrico.

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
Constitución de los Estados Unidos Mexicanos Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05 de febrero de 1917, última reforma publicada el 03 de marzo del 2026.	**El Artículo 2o.** Reconoce la composición pluricultural y multiétnica de la Nación, así como a los pueblos y comunidades indígenas como sujetos de derecho público con personalidad jurídica y patrimonio propio. **Artículo 4o.** Reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico. Asimismo, establece la responsabilidad por el daño y deterioro ambiental en los términos de la ley. **Artículo 27.** Establece el dominio de la Nación sobre determinados recursos naturales y dispone que la ley regulará, entre otros aspectos, el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de ejidos y comunidades.	El Proyecto se ubicará en predios particulares del municipio de Hermosillo, Sonora, su área de influencia no se superpone con territorios indígenas reconocidos por el INPI. El Proyecto contempla medidas de prevención, mitigación y restauración ambiental, así como acciones de conservación de suelo y agua, orientadas a reducir sus efectos sobre el ambiente y contribuir a la protección de los recursos naturales. El Proyecto contempla limitar el desmonte y el cambio de uso de suelo a 26.999 ha necesarias para su desarrollo, así como conservar la mayor superficie posible de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo. Además, prevé programas de rescate y reubicación de flora; ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna; reforestación; y conservación de suelos y agua. La intervención estará sujeta a las autorizaciones que resulten aplicables.
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente Publicado en el DOF el 28 de febrero de 1988, última reforma publicada en el DOF 19 de enero del 2026.	**Artículo 28 (fracciones II y VII):** Señala que tanto las obras de la industria eléctrica como los cambios de uso de suelo en áreas forestales, selvas y zonas áridas requieren obligatoriamente de la autorización previa de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental.	El proyecto se ubica en Vegetación secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), por lo cual es aplicable el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, así como lo correspondiente en materia forestal para el cambio de uso de suelo. Con base a ello, se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, con la descripción de las actividades así como los posibles impactos que este pueda ocasionar y las medidas propuestas para evitar, minimizar y mitigar los efectos sobre el medio ambiente; y de

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
		manera simultánea se presentará el Estudio Técnico Justificativo.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental Publicado en el DOF el 30 de mayo del 2000, última reforma publicada el 31 de octubre del 2014.	**Artículo 5o.** **Inciso K (fracción III y párrafo final): Inciso O (fracción II)** **Articulo 10 y 11**	La "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga" se vincula con el REIA por tratarse de infraestructura del sector eléctrico y porque su ejecución contempla intervención sobre superficies con vegetación que pueden actualizar el supuesto de cambio de uso del suelo de áreas forestales o zonas áridas. En consecuencia, el Proyecto será sometido previamente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la SEMARNAT, mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional (MIA-R), en la cual se analizarán integralmente sus impactos directos, indirectos, acumulativos, sinérgicos y residuales, así como las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación correspondientes. Asimismo, para las superficies forestales que requieran remoción de vegetación se tramitará el CUSTF mediante el ETJ correspondiente.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable Publicada en el DOF el 28 de abril del 2003, última reforma publicada en el 01 abril del 2024.	**Artículos 93, 97, 98, 100 y 133:** Regulan el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), estableciendo que su autorización procede únicamente por excepción y debe sustentarse mediante un Estudio Técnico Justificativo (ETJ) que acredite la protección de la biodiversidad y la mitigación de efectos sobre suelo, agua y almacenamiento de carbono. Asimismo, restringen el CUSTF en terrenos afectados por incendio, tala o desmonte durante los últimos 20 años; establecen la obligación de realizar la compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano; prevén la coordinación de las obras del sector eléctrico con la normatividad forestal; y obligan a reparar o compensar los daños ocasionados a los recursos forestales.	Considerando que el Proyecto contempla obras de la industria eléctrica y se desarrolla sobre superficies con Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), se tramitará ante la SEMARNAT la autorización de CUSTF, acompañada del correspondiente ETJ, de manera simultánea con la evaluación de impacto ambiental. Se verificará que las superficies solicitadas no se encuentren en los supuestos restrictivos previstos por la Ley y se implementarán medidas de prevención, mitigación, rescate, restauración y compensación para reducir las afectaciones sobre la vegetación, fauna, suelo, agua y demás servicios ambientales. Asimismo, se realizará el depósito de compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano y, en caso de generarse daños a los recursos forestales, se procederá a su reparación o compensación conforme a la legislación ambiental aplicable.
Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable Publicado en el DOF el 21/02/2005, última reforma publicada el 9/12/2020	El **artículo 139** establece los requisitos de la solicitud; el **artículo 141** determina el contenido del Estudio Técnico Justificativo (ETJ), incluyendo la descripción de los recursos afectados, evaluación de servicios ambientales y medidas de prevención y mitigación, así como el programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, con ubicación georreferenciada de los sitios de reubicación y acciones para	La "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga" contempla la intervención de superficies con vegetación forestal, el promovente tramitará ante la SEMARNAT la autorización de CUSTF y presentará el ETJ con la información técnica requerida por el Reglamento. Se incorporarán medidas específicas para prevenir y mitigar afectaciones sobre vegetación, fauna, suelo, agua y servicios ambientales, así como un

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
	favorecer su supervivencia y adaptación. Los **artículos 144 y 145** regulan aspectos relacionados con la compensación ambiental y las materias primas forestales derivadas del CUSTF; mientras que **el artículo 149** establece obligaciones de seguimiento e información sobre la ejecución del cambio de uso del suelo. Asimismo, el **artículo 154** establece obligaciones y responsabilidades de los prestadores de servicios forestales que intervienen en la elaboración y ejecución de los instrumentos correspondientes.	Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre, priorizando las especies en categoría de riesgo identificadas en el área del Proyecto. Asimismo, se atenderá la compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano en los términos que determine la autoridad y se dará cumplimiento a los avisos, informes y demás obligaciones de seguimiento derivados de la autorización. Las materias primas forestales resultantes de la remoción de vegetación serán manejadas y, cuando corresponda, transportadas conforme a los mecanismos de control y documentación forestal aplicables. De esta manera, el CUSTF se ejecutará exclusivamente sobre las superficies autorizadas y conforme a las condicionantes, medidas de mitigación, rescate, restauración y compensación establecidas por la SEMARNAT.
Ley General de Vida Silvestre (LGVS) Publicada en el DOF el 03 de julio del 2000, última reforma publicada el 20 de mayo del 2021	**Artículos 19, 29, 30, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 73 y 106:** Establecen disposiciones para la protección y conservación de la vida silvestre y su hábitat, incluyendo la adopción de medidas para prevenir, minimizar, reparar o compensar afectaciones; el trato digno y respetuoso de la fauna silvestre durante actividades de manejo, captura y traslado; y la protección especial de las especies y poblaciones en riesgo. Asimismo, regulan la conservación de especies prioritarias y hábitats críticos, restringen obras o actividades que puedan ocasionar su destrucción o degradación, promueven el mantenimiento de la movilidad y dispersión de la fauna silvestre y establecen la responsabilidad de reparar o compensar los daños ocasionados a la vida silvestre o su hábitat. Estas disposiciones se complementan con la identificación de especies en riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Para el desarrollo de la Línea de Transmisión (LT) se realizarán previamente actividades de caracterización de flora y fauna, con especial atención a la identificación de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Previo y durante el desmonte y despalme se implementarán medidas de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, aplicando técnicas de manejo que eviten lesiones, estrés o mortalidad de los ejemplares; asimismo, se ejecutarán acciones de rescate y reubicación de flora de interés para la conservación cuando corresponda. Las actividades se limitarán a las superficies autorizadas, evitando afectaciones innecesarias al hábitat y procurando mantener la conectividad y libre desplazamiento de la fauna, particularmente dentro del derecho de vía. En caso de identificarse especies en riesgo o áreas que constituyan hábitats de importancia para éstas, se establecerán medidas específicas de protección, manejo y seguimiento. Asimismo, cualquier afectación a la vida silvestre o su hábitat atribuible al Proyecto será atendida mediante las medidas de restauración, reparación o compensación que correspondan conforme a la legislación ambiental aplicable.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) Publicada en el DOF el 8/10/2003, última reforma	**Artículos 1, 2, 7, 28, 42, 45, 46, 47, 54, 67 y 69:** Establecen los principios y obligaciones para la prevención, valorización y manejo integral de los residuos generados durante las diferentes etapas de un proyecto, bajo criterios de responsabilidad compartida y responsabilidad	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la Línea de Transmisión, se implementarán medidas para la separación, identificación, almacenamiento temporal y disposición adecuada de los residuos generados, evitando su abandono, dispersión o

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
publicada en el DOF 08/05/2023	del generador. Regulan particularmente la identificación, clasificación, almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos, así como la formulación de los planes de manejo que resulten aplicables y el cumplimiento de las obligaciones correspondientes según la categoría del generador. Asimismo, prohíben la mezcla o dilución de residuos peligrosos con fines contrarios a la normatividad y establecen la obligación de remediar los sitios contaminados cuando se produzca contaminación derivada del manejo de materiales o residuos peligrosos.	disposición sobre suelo natural. Los residuos peligrosos, tales como aceites, lubricantes, solventes, pinturas, envases y materiales contaminados que pudieran generarse principalmente por actividades de mantenimiento, serán identificados y manejados conforme a sus características y entregados a prestadores de servicios autorizados para su transporte y destino final. Los residuos susceptibles de valorización serán segregados para favorecer su reúso o reciclaje y se establecerán los planes de manejo, registros, bitácoras y demás instrumentos de control que resulten legalmente aplicables, de acuerdo con el tipo y cantidad de residuos efectivamente generados. Asimismo, se evitará la mezcla de residuos peligrosos incompatibles y se implementarán medidas preventivas para evitar derrames y contaminación del suelo; en caso de presentarse contaminación atribuible al Proyecto, se realizarán las acciones de limpieza y remediación correspondientes conforme a la legislación aplicable.
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2006, última reforma publicada el 31/10/2014	**Artículos 16, 24, 36, 46, 73, 75 y 8** Establece modalidades para los planes de manejo y el procedimiento para registrar los relativos a residuos peligrosos cuando exista dicha obligación. También prevé la identificación y clasificación de residuos peligrosos, su manejo separado y la prohibición de mezclar residuos incompatibles. Asimismo, regula la presentación de informes mediante la Cédula de Operación Anual, la conservación de bitácoras y las condiciones de las áreas de almacenamiento, conforme a la categoría de generador y demás supuestos aplicables.	La promovente identificará, clasificará y manejará los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen durante el Proyecto, considerando las disposiciones aplicables y, en su caso, las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-161-SEMARNAT-2011. Se elaborarán y registrarán los planes de manejo que correspondan, según el tipo de residuo y las obligaciones de la promovente. Los residuos peligrosos se almacenarán por separado, evitando mezclas incompatibles, en áreas que cumplan las condiciones reglamentarias, incluida la contención de posibles derrames. Se conservarán las bitácoras y demás documentación durante los plazos aplicables y, cuando corresponda, se presentará la Cédula de Operación Anual ante la autoridad competente.
Ley del Sector Eléctrico (LSE) Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2025	**Artículos 4, 88, 133, 134, 135, 136 y 139.** Las actividades de transmisión de energía eléctrica son de utilidad pública cuando son provistas por el Estado y se consideran de interés social y orden público, en los términos de la Ley. Los proyectos de infraestructura eléctrica deben atender principios de sostenibilidad y respetar los derechos humanos y los recursos naturales de las comunidades asentadas en la región. La Secretaría de Energía informará sobre la presencia de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas y, cuando corresponda, llevará a	Por tratarse de un proyecto de infraestructura eléctrica, particularmente de una Línea de Transmisión (LT), el promovente gestionará los derechos necesarios para el establecimiento y conservación del derecho de vía y de la infraestructura asociada, respetando los derechos de los propietarios, poseedores y comunidades involucradas. Asimismo, se atenderán ante la autoridad competente las obligaciones aplicables en materia de impacto social, identificando los posibles efectos derivados de la construcción y operación de la LT e incorporando las medidas

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
	cabo la consulta previa, libre e informada. Asimismo, los interesados deben presentar la **Manifestación de Impacto Social del Sector Energético (MISSE)** y obtener su autorización definitiva antes de iniciar el desarrollo de la infraestructura, sin perjuicio de las demás autorizaciones aplicables.	correspondientes en la Gestión Social. En caso de identificarse la presencia o posible afectación de pueblos o comunidades indígenas o afromexicanas dentro del área de influencia del Proyecto, se atenderán los procedimientos de consulta que determine y coordine la autoridad competente. De esta manera, el Proyecto será desarrollado procurando compatibilidad entre la ejecución de la infraestructura eléctrica, los derechos sobre los terrenos y la prevención y gestión de sus impactos sociales.
Reglamento del Sector Eléctrico Publicado en el Diario Oficial el 03 de octubre de 2025	Conforme a los artículos **201, 203, 205, 207, 215 y 219.**, los proyectos sujetos a autorización deben presentar la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético (MISSE), salvo que se encuentren en alguno de los supuestos de excepción previstos reglamentariamente.	No se iniciarán las actividades de construcción, incluyendo el desplante, excavación y cimentación de las estructuras de soporte, sin contar previamente con la resolución en materia de impacto social que legalmente corresponda. Asimismo, se caracterizará el área de influencia social y se identificarán las localidades, propietarios, núcleos agrarios y, en su caso, pueblos o comunidades indígenas o afromexicanas potencialmente involucradas. Si la SENER determina la procedencia de una Consulta Previa, Libre e Informada, el Proyecto atenderá el procedimiento coordinado por la autoridad competente. De esta forma, el desarrollo de la LT se realizará procurando compatibilizar la ampliación de la infraestructura eléctrica con la prevención de impactos sociales, la protección ambiental y el respeto de los derechos de las comunidades involucradas.

II.1 ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS DEL TERRITORIO

II.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)**[1], es una herramienta de política pública basada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de ordenamiento ecológico. Su objetivo es guiar a la Administración Pública Federal (APF) en la formulación de programas sectoriales; considera la aptitud del territorio, la degradación de los recursos naturales, los servicios ambientales y los riesgos naturales.

El POEGT actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la APF, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; y social y

[1] D.O.F. (2012).ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de septiembre del 2012. México.

CONSULTA PÚBLICA

económicamente, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas; sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes.

El POEGT emplea las 80 regiones ecológicas nacionales, las cuales son áreas específicas del territorio que comparten características ambientales similares (factores bióticos y abióticos). Bajo este mismo criterio realizó una regionalización y obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas (UAB).

Así, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental (aprovechamiento, restauración, protección y preservación). A cada unidad se le asignan políticas, lineamientos y estrategias ecológicas específicas que deben ser compatibles con las actividades a desarrollar en ese territorio.

Con base en la información vectorial del POEGT, el proyecto se encuentra inmerso en dos Unidades Ambientales Biofísicas: la UAB 8 (Sierras y Llanuras Sonorenses Occidentales) y la UAB 104 (Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales). En dichas unidades, las actividades coadyuvantes del desarrollo son la minería y la ganadería, mientras que su política ambiental está orientada al aprovechamiento sustentable y a la restauración.

Tabla 1. UAB del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio en el AP

CLAVE REGIÓN	UAB	NOMBRE	POLÍTICA AMBIENTAL	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUVANTES DEL DESARROLLO	ESTRATEGIAS
15.33	8	SIERRAS Y LLANURAS SONORENSES OCCIDENTALES	Aprovechamiento sustentable y restauración	Preservación de flora y fauna, Turismo	Minería	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 21, 22, 23, 28, 29, 33, 37, 42, 44
15.32	104	SIERRAS Y LLANURAS SONORENSES ORIENTALES	Aprovechamiento sustentable y restauración	Preservación de flora y fauna, Turismo	Ganadería - Minería	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 33, 36, 37, 42, 43, 44

En la siguiente figura se presenta la incidencia del proyecto sobre las Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT.

CONSULTA PÚBLICA

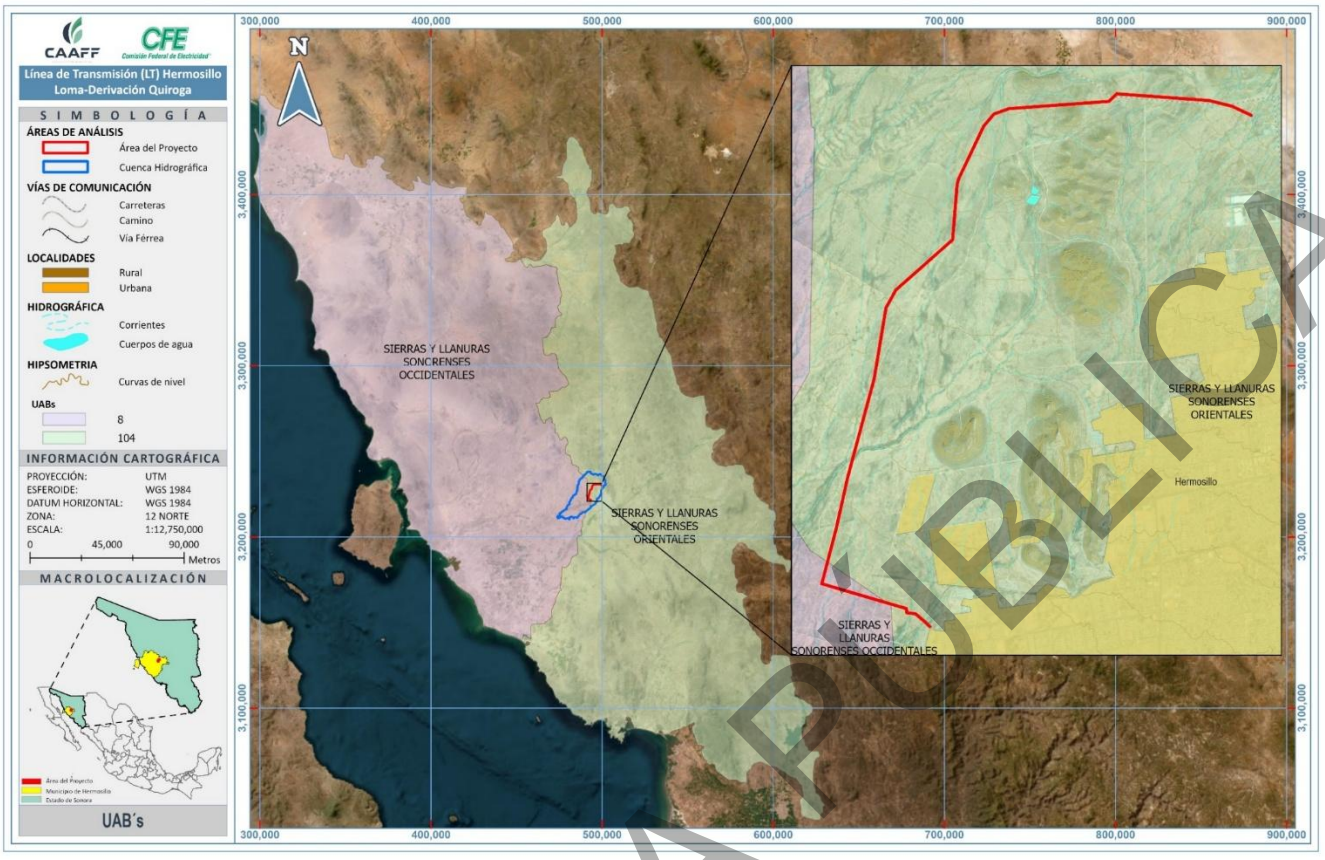


Figura 1. Ubicación del proyecto respecto a las UAB del POEGT

Tabla 2. Vinculación de las estrategias de una UAB 8 y 104

<table>
<tr><th colspan="3">ESTRATEGIAS. UAB 8 y UAB 104</th></tr>
<tr><td colspan="3">Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</td></tr>
<tr><td rowspan="2">A) Preservación</td><td>1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.</td><td>El proyecto considera la conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la aplicación de medidas orientadas a evitar, reducir y compensar. En este sentido, aunque el desarrollo de la línea de transmisión implica la remoción de cobertura vegetal, se contempla la ejecución de un Programa de rescate y reubicación de flora, un Programa de rescate, ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre, con la finalidad de mantener, en la mayor medida posible, la estructura, composición y funcionalidad del ecosistema de presente en el área de influencia.</td></tr>
<tr><td>2. Recuperación de especies en riesgo.</td><td>En el área de del proyecto se identificaron dos especies de fauna y tres especies de flora enlistadas en el NOM-059-2010:

<table>
<tr><th colspan="3">Especies de fauna</th></tr>
<tr><th>ESPECIE</th><th>NOMBRE COMÚN</th><th>NOM-059</th></tr>
<tr><td>Callisaurus draconoides</td><td>Cachora Arenera</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Crotalus atrox</td><td>Cascabel de diamantes</td><td>Pr</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">Especies de Flora</th></tr>
<tr><th>ESPECIE</th><th>NOMBRE COMÚN</th><th>NOM-059</th></tr>
<tr><td>Olneya tesota</td><td>Palo fierro</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Cochemiea mainiae</td><td>Biznaguita de Main</td><td>Pr</td></tr>
<tr><td>Cochemiea sheldonii</td><td>Biznaguita de Sheldon</td><td>Pr</td></tr>
</table>

No obstante, en apego a los principios de prevención y conservación de la biodiversidad, el proyecto contempla la implementación de un</td></tr>
</table>

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATEGIAS. UAB 8 y UAB 104		
		Programa de rescate, ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre, así como un **Programa de rescate y reubicación de flora**, los cuales serán sujetos a rescate y reubicación en caso de que se vean afectados directamente en el área de CUSTF. Estas acciones contribuirán directamente a la conservación de la biodiversidad y a la protección de las poblaciones locales.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	El proyecto incorpora el conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad como parte fundamental de la evaluación ambiental, mediante la realización de monitoreos de flora y fauna previo al desarrollo del proyecto, en los cuales se llevaron a cabo monitoreos de flora y fauna en el área de influencia. Estos monitoreos permitieron identificar la composición, estructura y estado de conservación del ecosistema de Mezquital Xerófilo, así como las especies presentes y sus principales características ecológicas, proporcionando información clave para la identificación y evaluación de impactos ambientales.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El aprovechamiento sustentable se refuerza mediante la implementación de un **Programa de rescate y reubicación de flora**, un **Programa de rescate y reubicación de fauna**, así como un **Programa de reforestación** con especies nativas, orientados a restituir la cobertura vegetal y favorecer la permanencia de las especies en el sitio.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	No vinculable con el proyecto, no tiene el objetivo de realizar actividades agrícolas y pecuarias.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El diseño y ejecución del proyecto se plantean bajo el principio de mínima intervención, limitando las actividades de desmonte y cambio de uso de suelo estrictamente a las áreas indispensables para la instalación de la infraestructura. Asimismo, se prioriza la conservación de la vegetación en áreas no intervenidas, contribuyendo a mantener la funcionalidad ecológica del ecosistema de Mezquital Xerófilo.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	El proyecto incorpora la valoración de los servicios ambientales mediante la identificación y análisis de las funciones ecológicas que desempeña el ecosistema de Mezquital xerófilo en el área de influencia, tales como la captura de carbono, regulación hidrológica (infiltración), estabilización del suelo, conservación de la biodiversidad y provisión de hábitat para la fauna silvestre.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	El proyecto considera la protección de los ecosistemas mediante la implementación de medidas orientadas a prevenir, minimizar y mitigar los impactos ambientales derivados de las actividades de preparación
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No vinculable con el proyecto, no se considera el uso de agroquímicos.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El proyecto contempla la implementación de un **Programa de reforestación**, así como un **Programa de conservación de suelos y agua**, orientados a restablecer y mantener el ecosistema intervenido, particularmente aquellos relacionados con la regulación hidrológica, la estabilidad del suelo y la captura de carbono.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATEGIAS. UAB 8 y UAB 104		
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	El proyecto considera la aplicación de información técnica y cartográfica generada por el Servicio Geológico Mexicano, como base para la caracterización geológica, edafológica y geotécnica del área de estudio, lo que permite una adecuada planeación y ejecución de las obras asociadas a la línea de transmisión.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	El proyecto pertenece al Sector Eléctrico y no al sector minero, por lo cual no es vinculable con el proyecto,
	16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional.	La promovente no tiene el alcance de promover la reconversión de industrias básicas.
	17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras).	La promovente no tiene el alcance de impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	La vinculación principal del proyecto corresponde al fortalecimiento de la infraestructura de transmisión eléctrica. Su contribución específica a la capacidad, confiabilidad y seguridad del suministro deberá sustentarse en los estudios eléctricos y de planeación correspondientes. La incorporación de generación limpia constituye un beneficio potencial que requiere respaldo en la configuración y planeación del sistema al que se conectará.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
C) Agua y Saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	El proyecto incorporará criterios de uso eficiente del agua, abastecimiento de procedencia acreditada y prevención de contaminación. Durante las obras se protegerán los cauces, no se realizarán depósitos de materiales y residuos en escurrimientos y se dispondrán de medidas para atender derrames de combustibles y lubricantes, contribuyendo a conservar la disponibilidad y calidad del recurso.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	
E) Desarrollo Social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para	El proyecto responde a la necesidad de atender la demanda energética de la región, particularmente en una zona de alto crecimiento industrial como lo es Hermosillo, contribuyendo al desarrollo económico y a la consolidación de la infraestructura

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATEGIAS. UAB 8 y UAB 104		
	optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	eléctrica necesaria para el funcionamiento de actividades productivas.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	El proyecto no contempla producción agroalimentaria, aprovechamiento productivo de biomasa ni programas de nutrición, por lo que no presenta una vinculación directa con esta estrategia. No vinculable con el Proyecto, el objetivo es la construcción de una línea de transmisión eléctrica.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	En el área de influencia del Proyecto no se identificaron poblaciones indígenas, sin embargo, se buscará contratar mano de obra local.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El desarrollo del proyecto considera el respeto a los derechos de propiedad rural mediante la identificación, delimitación y gestión legal de los predios involucrados, asegurando que todas las actividades se realicen en apego a la normatividad aplicable y con la debida autorización de los propietarios o poseedores legítimos de la tierra. En este sentido, el proyecto se llevará a cabo sobre propiedades privadas debidamente identificadas, para las cuales se establecerán los instrumentos jurídicos correspondientes, tales como contratos, convenios de ocupación temporal, servidumbres de paso o acuerdos de uso de suelo, garantizando la legalidad en la ocupación y utilización de los terrenos.
B) Planeación del ordenamiento territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	El Proyecto no tiene el alcance de modernizar y mejorar el acceso al catastro rural.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	El proyecto se alineará a lo establecido en los Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial, así como en los Programas de Desarrollo Urbano para evitar un desarrollo desordenado y alineado a las políticas y estrategias ambientales de la UGA.

CONSULTA PÚBLICA

II.1.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL ESTADO DE SONORA

El **Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora (POETES)**[2] fue publicado el 21 de mayo de 2015 en el Boletín Oficial del estado de Sonora. Con el propósito de definir directrices zonificadas (como Unidades de Gestión Ambiental, políticas, criterios ecológicos) para armonizar ordenamiento territorial y conservación.

Su Modelo de Ordenamiento ecológico está conformado por 25 Unidades de Gestión Ambiental (UGA). La UGA más grandes son la 500-0/01 Llanura aluvial, con una superficie de 4,872,067 ha; la 100-0/01 Sierra alta con una superficie de 4,510,214.4 ha y la 100-0/02, Sierra baja, con una superficie de 2,117,009 ha.

En específico el proyecto incide en dos UGA del POETES: **8 (500-0/01) Llanura aluvial** y **2 (100-0/03) Sierra baja**.

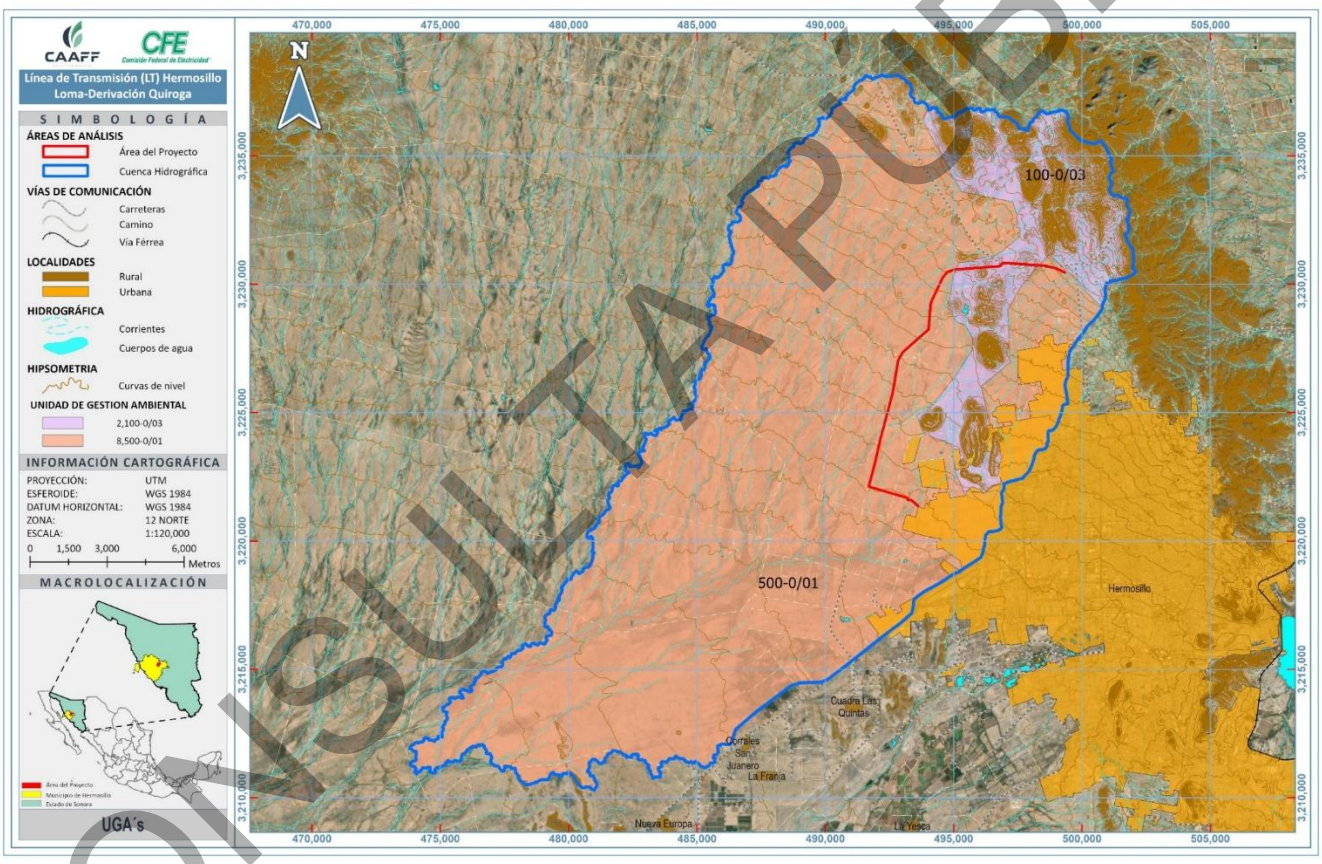


Figura 2. Ubicación del proyecto respecto a las UGA del POETES

CONSULTA PÚBLICA

100-0/03 SIERRA BAJA

Esta unidad es la tercera más extensa y conforma una especie de matriz de la Provincia II Llanuras Sonorenses, especialmente en la **Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses**, y en menor medida en la **Subprovincia 12 Pie de la Sierra** de la **Provincia III Sierra Madre Occidental**. Los terrenos tienen pendiente abrupta, generalmente con suelos delgados o roca aflorante, en altitud menor de 600 msnm y los climas son extremosos. Entre los elementos

[2] B.O. del Estado de Sonora.(2015). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora (POETES). Publicado en el Boletín Oficial del Estado de Sonora el 21 de mayo de 2015.

biológicos predominan los ecosistemas desérticos; para lo cual se hace una propuesta para la Protección de Sirio en las sierras al sur de Puerto Libertad. Las sierras bajas de la Subprovincia 12 Pie de la Sierra también están asociadas con Bosques secos; de hecho parte del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui pertenece a esta UGA.

Las actividades económicas que resaltan son la minería, sobre todo de elementos metálicos (oro y cobre principalmente, especialmente en las formaciones montañosas de la Megacisalla Sonora Mohave) y en las cercanías a Hermosillo para no metálicos (cemento, calhidra y otros). Entre otras actividades se tiene el turismo especializado (inmobiliario) en las sierras aledañas a la costa, entre El Desemboque y Guaymas y el turismo alternativo de aventura y cultural con las civilizaciones áridas, como To'hono (Pápago), Conka'ac (Seri) y Yoheme (Yaqui y Mayo). Las especies cinegéticas más importantes son cimarrón en las sierras del noroeste del estado, mamíferos menores (jabalí y liebre) y aves residentes y la actividad forestal no maderable.

Los posibles conflictos en esta UGA están relacionados con la minería, probablemente la actividad productiva más rentable en esta UGA. La ganadería extensiva, aunque no es recomendable, existe en el área y también es fuente de conflicto con la conservación de ecosistemas de bosques secos y desérticos.

500-0/01 LLANURA ALUVIAL

Una llanura es un "área sin elevaciones o depresiones prominentes" (INEGI 2000). Existen muchas variaciones de la llanura, pero la llanura aluvial es la más extensa de todas las UGAs y que se conformó con "material fragmentario no consolidado, transportado y depositado por corrientes de agua" (INEGI 2000). La superficie es 4'872,068 ha y se encuentra totalmente en la Provincia II Llanuras Sonorenses, en la Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses y parece una matriz en la subprovincia ya que son rellenos. Los terrenos tienen pendientes moderadas, generalmente con suelos profundos o medianos, en altitud menor de 600 msnm y los climas son secos y calientes.

Entre los elementos biológicos asociados predominan los ecosistemas desérticos. En esta UGA se tienen varias propuestas para la protección de este tipo de ecosistemas sobre todo en la zona cercana a Puerto Libertad. Otra opción para esta UGA es la cacería. Las especies cinegéticas más importantes son el venado bura, mamíferos menores (jabalí y liebre) y aves residentes. La actividad forestal no maderable también es importante, sobre todo la que depende de los mezquitales, que son abundantes. El turismo alternativo cultural es otra opción debido a la cercanía a sitios con aptitud turística tradicional e inmobiliaria además de la presencia de grupos culturales como To'hono (Pápagos) y Cumka'ac (Seris).

Las posibles áreas de conflicto son aquellas relacionadas con actividades que modifican el ambiente como serían la minería a cielo abierto o la construcción de infraestructura hotelera. Como se mencionó en esta UGA existen varias operaciones mineras activas, sobre todo de oro a lo largo de la Megacizalla Sonora-Mohave, pero también no metálicos en la cercanía a Hermosillo y en la franja de carbón y barita en el eje Hermosillo-Sahuaripa y Hermosillo-Yécora.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 3. Matriz de Lineamientos, Criterios y estrategias ecológicas para cada unidad de gestión ambiental.

UGA	APTITUD*	LINEAMIENTO ECOLÓGICO	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
100-0/03	C2 C4 C5 C6 D1 D4 F2 M T1 T3	Aprovechamiento sustentable de la cacería de especies de desierto; conservación de ecosistemas dulceacuícolas y desérticos; forestal no maderable; minería y turismo aventura	CRE-06; CRE-07; CRE-08, CRE-17, CRE-18, CRE-19; CRE-20; CRE-24, CRE-25; CRE-28, CRE-29, CRE-30, CRE-31.
500-0/01	A1 C2 C5 C6 D4 F2 M T3	Aprovechamiento sustentable de la algacultura; cacería de especies de desierto; conservación de ecosistemas desérticos; forestal no maderable, minería y turismo alternativo de aventura	CRE-01, CRE-06; CRE-08, CRE-17, CRE-18, CRE-19.

*A= Acuacultura, A3= Piscicultura de aguas cálidas, A4= Piscicultura de aguas templadas; B= Agricultura: B2= Agricultura con agua dulce en URDERALES, B3= Agricultura de temporal; C=Cinegético: C2=Aves residentes, C3= Guajolote, C5=Mamíferos menores (liebre y jabalí), C6=Venado bura, C7=Venado cola blanca; D=Conservación: D2=Bosques secos, D3= Bosques templados, D4=Ecosistemas desérticos, D6=Pastizal, F=Forestal: F1=Maderable, F2=No Maderable; G=Ganadero: G1=Extensivo, M=Minería; T=Turismo, T=Turismo alternativo.

Tabla 4. Vinculación del proyecto con los Criterios ecológicos aplicables a las UGA 100-0/03 y 500-0/01

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	FUNDAMENTO LEGAL	VINCULACIÓN
CRE-01	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de humedales por cambios de uso del suelo	Aplicación del artículo 60-TER de la Ley General de Vida Silvestre que regula actividades que alteren la integridad del ecosistema	En el área de proyecto no se identificaron humedales de importancia internacional, ni zona de manglares. En específico el proyecto incide sobre vegetación de Mezquital xerófilo.
CRE-06	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de ecosistemas por cambios de uso del suelo.	Aplicación del Artículo 28 de la LGEEPA en materia de Impacto ambiental para cambios de uso del suelo en jurisdicción federal y Artículo 26 de la LEEPA para jurisdicción estatal	Con base a lo establecido en el artículo 28, se realizará de manera simultánea la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto.
CRE-07	Regulación de la contaminación por residuos líquidos y sólidos	Aplicación de la NOM-001-SEMARNAT que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y el Artículo 29bis4 de la Ley de Aguas Nacionales donde se revocan concesiones a quienes contaminen ecosistemas en jurisdicción federal y Artículo 136 de la LEEPA en jurisdicción estatal	En la etapa de preparación de sitios se utilizarán baños portátiles, mismos que serán gestionados por empresas autorizadas por la autoridad para la limpieza y disipación final de los residuos.
CRE-08	Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente.	Aplicación de la NOM-059 de SEMARNAT con relación a la extracción de especies bajo alguna categoría de protección.	Todas las especies identificadas en la NOM-059 que se encuentren dentro del área de CUSTF, tanto de flora como de fauna, serán rescatadas y reubicadas en un área óptima para su desarrollo.
CRE-17	Aplicación de Buenas Prácticas de Manejo Agrícola y Programas de Restauración por salinidad	Cumplimiento con el Artículo 164 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y fracciones IV, V, VI y VIII del Artículo 136 de la LEEPA	Se implementará un Programa de restauración, con bases técnicas y científicas de acuerdo con las características de la zona.
CRE-18	Evitar la expansión de terrenos de agricultura con agua salobre hacia terrenos no salinos	Conforme al Artículo 165 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable se fomenta el uso del suelo más pertinente y los procesos de producción más adecuados para estas condiciones	No es vinculante con el proyecto, no pertenece al sector agrícola.

CONSULTA PÚBLICA

CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	FUNDAMENTO LEGAL	VINCULACIÓN
CRE-19	Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético	Aplicación de los artículos 82- 91 y 94- 96 de la Ley General de Vida Silvestre y relativos con el aprovechamiento extractivo y cinegético	No vinculante con el proyecto, no tiene el objetivo de realizar aprovechamiento cinegético.
CRE-20	Mantener o restaurar la capacidad de carga de los agostaderos	Artículo 88 de la Ley General de Vida Silvestre	No vinculante con el proyecto, no tiene el objetivo de actividades pecuarias.
CRE-24	Se prohíben los desmontes generalizados y el aprovechamiento forestal que afecte la integridad y funcionalidad del ecosistema para evitar/minimizar daños permanentes a los ecosistemas en los que se desarrollen las actividades de manejo forestal maderable	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sonora. NOM-152-SEMARNAT-1994, contenido de los planes de manejo forestal; NOM-061-SEMARNAT-1994, regulación de efectos del manejo forestal sobre fauna y flora silvestre; y NOM-060-SEMARNAT-1994, lineamientos de mitigación de efectos de los aprovechamientos forestales en los suelos y cuerpos de agua	El proyecto no realizará un desmonte generalizado, este se realizará buscando la mínima afectación a la vegetación forestal.
CRE-25	Se elaborarán programas específicos de protección y recuperación de especies prioritarias y poblaciones de flora y fauna en peligro de extinción.	Aplicación del Artículo 62 de la Ley General de Vida Silvestre, que establece que la SEMARNAT promoverá la elaboración de los planes de conservación y recuperación de especies y poblaciones prioritarias	Se implementarán dos Programas específicos: Programa de rescate y reubicación de flora silvestre y el Programa de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. En los cuales se dará prioridad a las especies que se encuentran enlistadas en la NOM-059-2010.
CRE-28	Se deberán restaurar las áreas degradadas por efectos de las actividades de aprovechamiento forestal. Las especies por utilizarse deben ser nativas con el fin de no generar más presión ni competir con las especies de flora nativas.	LGEEPA declara de interés público la restauración de los terrenos forestales; LGDFS incluye a la reforestación y restauración como mecanismos para recuperar las zonas forestales degradadas. NOM-020-SEMARNAT-2001, lineamientos para la recuperación y restauración de terrenos forestales afectados por actividades ganaderas.	En el Programa de Reforestación, sólo se establecen especies nativas de la zona, para garantizar su adaptabilidad y sobrevivencia.
CRE-29	Se deberán restaurar y recuperar las áreas de matorral desértico con especies nativas, no invasoras de mezquite, a niveles históricos de hace 50 años.	NOM-012-SEMARNAT-1996, aprovechamiento de leña con fines de uso doméstico. La LGDFS y la LFDFS-Son establecen los lineamientos para el establecimiento de plantaciones y el fomento a las actividades de restauración de los recursos forestales	En el programa de reforestación, se utilizarán especies nativas no invasoras.
CRE-30	Se deberá promover el uso sustentable del chiltepín con el fin de garantizar la persistencia de sus poblaciones en el largo plazo.	Se recomienda elaborar una NOM que regule el aprovechamiento de este recurso forestal no maderable. Se deberá enmendar la LFDFS-Son para que incluya un apartado sobre el manejo de los recursos forestales no maderables, incluido el chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*).	En el área de proyecto, así como en la CH, no se identificaron individuos de Chiltepín.
CRE-31	Se deberá promover el uso sustentable de la tierra de monte con el fin de no degradar los ecosistemas de los que se extraen.	NOM-027-SEMARNAT-1996, aprovechamiento de la tierra de monte. Se deberá enmendar la LFDFS-Son para que incluya un apartado sobre el manejo de los recursos forestales no maderables, incluida la tierra de monte.	No se considera el aprovechamiento de tierra de monte, para mitigar la pérdida de suelo, se implementará un Programa de conservación de suelos.

CONSULTA PÚBLICA

II.2 PLANES DE DESARROLLO URBANO

Tabla 5. Programas de desarrollo urbano

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030 (PND). Publicado en el DOF el 15 de abril de 2025	El PND establece un modelo de desarrollo orientado al bienestar, crecimiento económico, generación de empleos, fortalecimiento de la economía nacional y sustentabilidad. En el Eje General 3: Economía moral y trabajo, promueve la inversión responsable, el fortalecimiento de la capacidad productiva nacional y de las cadenas de valor. De manera complementaria, el Eje General 4: Desarrollo sustentable reconoce a la soberanía energética como objetivo estratégico, plantea nuevas inversiones en generación y transmisión y busca consolidar una infraestructura eléctrica moderna y eficiente, vinculada con la transición energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	El Proyecto resulta congruente con los objetivos del PND 2025–2030, al formar parte del desarrollo de infraestructura para la transmisión de energía eléctrica, contribuyendo al fortalecimiento y modernización de la infraestructura eléctrica y a las condiciones necesarias para el desarrollo de las actividades productivas. Su ejecución también puede generar empleos y demanda de bienes y servicios durante la etapa constructiva, en concordancia con los objetivos económicos del Eje General 3. A su vez, su vinculación con el Eje General 4 deriva de la importancia estratégica que el PND otorga a las inversiones en infraestructura de transmisión eléctrica. Ambientalmente, el Proyecto se desarrollará bajo criterios de prevención, mitigación, restauración y compensación de impactos, mediante el cumplimiento de la MIA-R, el CUSTF y demás autorizaciones aplicables, buscando que el desarrollo de la infraestructura sea compatible con los principios de sustentabilidad y protección de los recursos naturales establecidos en el PND.
Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2021–2027 (PED)	l PED orienta el desarrollo de Sonora bajo principios de bienestar, sostenibilidad y crecimiento económico. Para el Proyecto resultan relevantes el Objetivo 7: Sostenibilidad del desarrollo regional, que promueve el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales bajo un enfoque social, económico y ambiental; y el **Objetivo 9: Reactivación del crecimiento económico con finanzas sanas**, orientado a impulsar las ventajas competitivas de Sonora en sectores estratégicos para fomentar un desarrollo equilibrado y sostenible. Asimismo, el Plan contempla la promoción de inversiones productivas sostenibles y el fortalecimiento de sectores estratégicos para el desarrollo estatal.	La "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga" es congruente con los objetivos del PED 2021–2027, al constituir infraestructura del sector eléctrico que contribuye al fortalecimiento de las condiciones necesarias para el desarrollo económico y regional del estado de Sonora. La ampliación y fortalecimiento de la infraestructura de transmisión favorece la disponibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico requerido para las actividades productivas y el desarrollo regional. A su vez, la ejecución del Proyecto se realizará bajo criterios de sostenibilidad ambiental, mediante el cumplimiento de las autorizaciones aplicables y la implementación de medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación de los impactos sobre vegetación, fauna, suelo y demás recursos naturales. En consecuencia, el Proyecto resulta compatible con la orientación del PED de promover el desarrollo económico y de infraestructura bajo criterios de aprovechamiento sostenible y protección ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo (PDMH	El PDMH orienta el crecimiento de la Zona Metropolitana de Hermosillo bajo principios de desarrollo sustentable, ordenado, equitativo, incluyente y resiliente. Entre sus directrices establece que la habilitación de nuevas áreas de desarrollo se encuentra condicionada a la disponibilidad y factibilidad de infraestructura y servicios, incluyendo expresamente la infraestructura eléctrica. Asimismo, promueve un crecimiento urbano continuo y controlado, la protección de zonas no urbanizables por sus funciones socioambientales, la integración territorial de los asentamientos rurales y la incorporación de criterios de mitigación del cambio climático, infraestructura verde y gestión de riesgos. También contempla mecanismos para la adquisición y gestión de derechos de vía necesarios para infraestructura de carácter metropolitano.	La "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga" guarda congruencia con los objetivos del PDMH al constituir infraestructura eléctrica necesaria para fortalecer la capacidad y disponibilidad del servicio eléctrico asociado al funcionamiento y desarrollo ordenado de la zona metropolitana de Hermosillo. Su implementación contribuye a disponer de infraestructura básica que puede acompañar la consolidación y crecimiento previsto por el Programa. No obstante, su desarrollo deberá respetar la zonificación y las áreas con funciones socioambientales establecidas por el PDMH, procurando aprovechar derechos de vía y superficies previamente intervenidas cuando técnica y ambientalmente sea factible, y limitando las afectaciones a las superficies estrictamente necesarias. Asimismo, se implementarán las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental correspondientes para reducir afectaciones sobre vegetación, fauna, suelo y conectividad territorial. En consecuencia, el Proyecto resulta congruente con las directrices generales del PDMH, en tanto fortalece infraestructura estratégica para el desarrollo metropolitano y su ejecución se sujete a las disposiciones territoriales, urbanísticas y ambientales aplicables.
Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Hermosillo (PMDU)	El PMDU constituye un instrumento técnico-normativo orientado a una planeación estratégica de largo plazo, procurando armonizar las actividades humanas con la protección ambiental, el desarrollo urbano sostenible y los derechos humanos. Promueve un nuevo modelo de desarrollo basado en la integración urbano-rural, la sostenibilidad comunitaria y el mejoramiento de la calidad de los asentamientos humanos. De manera específica, el Proyecto se vincula con la acción O4.E2.A05: "Ejecutar programa de cobertura universal de energía eléctrica de CFE", dirigida al fortalecimiento y ampliación de la infraestructura necesaria para garantizar el suministro de energía eléctrica.	La "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga" presenta una vinculación directa y positiva con la acción O4.E2.A05 del PMDU, al constituir infraestructura destinada al fortalecimiento del sistema eléctrico de la zona de Hermosillo. Su implementación permitirá atender la problemática prevista de saturación de la infraestructura de transformación, tanto en condiciones de red completa como ante contingencias sencillas de elementos de transmisión; asimismo, contribuirá a mejorar las condiciones de voltaje y la calidad del suministro eléctrico, atender el crecimiento de la demanda de energía en el largo plazo y reducir costos operativos.

CONSULTA PÚBLICA

II.3 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y DE CONSERVACIÓN

Tabla 6. Áreas naturales protegidas y de conservación

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
Área Natural Protegida Estatal y Federal	El Proyecto no se encuentra dentro de alguna Área Natural Protegida Estatal y Federal	NA
Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	El Proyecto no se encuentra dentro de ninguna RHP	NA
Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	El Proyecto no incide de manera directa sobre una RTP	NA
Áreas De Importancia Para La Conservación De Las Aves (AICA)	El Proyecto no incide de manera directa sobre una AICA	NA
Humedales De Importancia Internacional (SITIOS RAMSAR)	El área del Proyecto no tiene interferencia con ningún sitio RAMSAR	NA
Sitios Prioritarios Terrestre (SPT) Para La Conservación De La Biodiversidad	El área del Proyecto no se encuentra dentro de ningún SPT	NA
Unidades De Manejo Para La Conservación De La Vida Silvestre (UMA)	El área del Proyecto no se encuentra dentro de la delimitación física de la UMA	NA

En el **Anexo 4** se presentan los mapas temáticos correspondientes a las áreas de conservación (ANP, RTP, RHP, AICA, RAMSAR y SPT), con lo cual se corrobora la ausencia de afectación directa a estas zonas de relevancia ambiental.

II.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Tabla 7. Normas Oficiales Mexicanas

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III (DOF: 14/11/2019)	La NOM-059-SEMARNAT-2010 establece las categorías de riesgo y el listado de especies nativas de flora y fauna silvestres sujetas a protección. En el área de proyecto, se identificaron tres especies de flora en categoría Sujeta a Protección Especial (Pr): *Olneya tesota* (palo fierro), *Cochemiea mainiae* (biznaguita de Main) y *Cochemiea sheldonii* (biznaguita de Sheldon)	Previo a las actividades de desmonte, despalme y acondicionamiento de las superficies requeridas para la "Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga", se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, dando prioridad a los ejemplares de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 susceptibles de afectación directa. Las actividades contemplarán la identificación y señalización de ejemplares, rescate mediante técnicas adecuadas a cada especie, traslado y reubicación en sitios ambientalmente compatibles, así como acciones de seguimiento para evaluar su establecimiento y supervivencia. Adicionalmente, se limitará la remoción de vegetación a las superficies estrictamente autorizadas, evitando afectaciones innecesarias a ejemplares ubicados fuera de las áreas de intervención. Con estas medidas, el

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
		Proyecto establece mecanismos específicos para prevenir, minimizar y mitigar las afectaciones sobre las especies de flora en riesgo registradas en el área del Proyecto, en concordancia con la NOM y con las disposiciones aplicables en materia de vida silvestre.
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.	Los vehículos usados durante las diferentes etapas del proyecto se verificarán dos veces al año para cumplir con el programa de verificación vehicular obligatoria para el estado.
NOM-042-SEMARNAT-2003	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y Diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.	La promovente se compromete a respetar los límites máximos permisibles en emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3 857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.
NOM-045-SEMARNAT-2017	Protección ambiental – Vehículos en circulación que usan diésel como combustible - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Para aquellos vehículos que usan diésel, se consideraran las medidas necesarias para evitar afectar a la atmósfera.
NOM-080-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. En esta ley no aplica para tractores para uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que transitan por riel.	La promovente se compromete a respetar Los límites máximos permisibles de ruido los automóviles. Además, la promovente pondrá un límite de velocidad vehicular menor a 30 km para disminuir ruidos y emisión de partículas suspendidas a la atmósfera y jornadas diurnas para limitar el ruido al que se encuentra sometida la fauna.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	En el AP no se realizarán actividades de mantenimiento a vehículos y maquinaria, sin embargo existe el riesgo durante el uso de estos mismos: • Aceites y Lubricantes: Provenientes del mantenimiento de maquinaria pesada y equipos de tensión. • Sólidos Impregnados: Estopas, aceites, textiles o suelos que hayan tenido contacto con hidrocarburos o químicos de limpieza de conductores.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993.	En caso de generar residuos peligrosos, estos serán clasificados conforme a la normatividad, para garantizar una gestión adecuada.

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE DEL INSTRUMENTO JURÍDICO	DISPOSICIONES Y RESTRICCIONES APLICABLES AL PROYECTO EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	CONGRUENCIA O CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO (ARGUMENTOS JURÍDICOS O TÉCNICOS, ACCIONES O ACTIVIDADES DE COMO EL PROYECTO SE AJUSTARÁ AL INSTRUMENTO)
NOM-161-SEMARNAT-2011	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo	En las etapas de preparación del sitio y la construcción del proyecto se generarán residuos de madera, plásticos, envases, neumáticos, tarimas de madera, entre otros residuos derivados de la construcción. Dichos residuos contarán con un plan de manejo donde se describan las medidas de reducción, reciclaje y reúso de los diferentes residuos dentro de la obra.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	En el proyecto no se espera el uso de hidrocarburos de manera directa. Sin embargo, dado que se usarán vehículos y maquinarias durante la preparación del sitio, existe la posibilidad de derrames de aceites, diésel y/o gasolina. Para evitar dichos derrames la promovente llevará vehículos y maquinaria a sus servicios preventivos. En caso de que se presentará algún derrame de estos se utilizarán kits antiderrames así como un protocolo de emergencia para evitar cualquier daño al suelo.

II.5 VINCULACIÓN CON OTROS INSTRUMENTOS JURÍDICOS APLICABLES

II.5.1 SUSCEPTIBILIDAD ANTE RIESGOS GEOLÓGICOS Y METEOROLÓGICOS

Se evaluó la susceptibilidad de la zona de ubicación del proyecto ante riesgos geológicos y meteorológicos extremos, que pudieran representar una amenaza para la integridad física de las instalaciones que resulten en impactos ambientales no previstos.

Tabla 8. Susceptibilidad del proyecto ante riesgos geológicos y meteorológicos

TIPO DE RIESGO	INCIDENCIA	INSTRUMENTO JURÍDICO
Fallas y fracturas	De acuerdo con el Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales Geológicos, a escala 1:1,000,000 del INEGI, se comprueba que en el AP no se presenta fallas ni fracturas.	NA
Sismicidad	De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, (2015), México cuenta con una clasificación según el peligro sísmico limitado en cuatro zonas (ver tabla siguiente), donde el CUSTF se encuentran en la **Zona B** ocupando el total de la superficie, la cual se clasifica como de riesgo **"Bajo".**	NA
Hundimientos y Deslizamientos	De acuerdo con la Capa Vectorial de la Ubicación de Laderas Susceptibles de Deslizamiento en México (CENAPRED, 2012), en el cual se observan los puntos identificados como susceptibles de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos de material. En el AP no se ubica en alguna zona de riesgo por deslizamientos o inundación.	NA
Inundaciones	De acuerdo con los datos proporcionados por el CENAPRED, el AP se encuentra en una zona de riesgo de inundación **"Medio"** en su totalidad.	NA
Tormentas de nieve	Debido a la ubicación geográfica de México, las nevadas son un fenómeno poco frecuente y se concentran principalmente en regiones elevadas, como montañas o sierras, particularmente	NA

CONSULTA PÚBLICA

TIPO DE RIESGO	INCIDENCIA	INSTRUMENTO JURÍDICO
	durante el invierno (González, 2010). En el AP, **Grado de peligro por nevadas** se clasifica en un nivel **"Bajo".**	
Tormentas de Granizo	De acuerdo con el CENAPRED en el AP el riesgo asociado a la presencia de granizo se clasifica en el grado **"Medio".**	NA
Ciclones Tropicales	De acuerdo con la capa de **Grado de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales** elaborada por el CENAPRED (2012), se identifican los municipios de México con algún nivel de riesgo. En el AP, el grado de riesgo es clasificado como "Medio", abarcando la totalidad de su superficie.	NA

II.5.2 Incidencia de corrientes intermitentes, perenes y, cuerpos de agua

Indicar número y describir detalladamente corrientes intermitentes, perenes y, cuerpos de agua, presentes dentro de la superficie sobre los cuales pudiera derivar un impacto ambiental.

Con base a los recorridos de campo, dentro de la superficie del proyecto se identificaron y catalogaron **6 corrientes de tipo intermitente y un canal,** las cuales representan escurrimientos pluviales temporales asociados al régimen de precipitaciones de la región. El área total acumulada de las cuencas o superficies asociadas a estos escurrimientos intermitentes dentro del polígono es de **0.074 ha.**

Tabla 9. Corrientes intermitentes que inciden con el AP

ID	Tipo de corriente	Área (ha)
1	Arroyo Intermitente	0.021
2	Arroyo Intermitente	0.015
3	Arroyo Intermitente	0.014
4	Arroyo Intermitente	0.009
5	Arroyo Intermitente	0.010
6	Arroyo Intermitente	0.005
7	Canal de agua	0.055
Total		**0.129**

Se identificó un escurrimiento relevante dentro del área de estudio, el escurrimiento 1, con un ancho aproximado de 12 m y una superficie de 0.021 ha el cual incide directamente en el proyecto; no obstante, todos los escurrimientos identificados dentro del polígono del área de proyecto, fueron excluidos del área sujeta a Cambio de Uso de Suelo, con el fin de salvaguardar su integridad y garantizar su permanencia en el ecosistema.



Figura 3. Arroyo intermitente que incide en el Área del Proyecto

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 10. Instrumentos jurídicos

ORDENAMIENTO JURÍDICO	VINCULACIÓN
Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos Ley de Aguas Nacionales	En estricto cumplimiento con la **Ley de Aguas Nacionales** y los instrumentos de planeación ambiental, la presencia de estos 6 escurrimientos intermitentes se vincula al desarrollo del proyecto bajo los siguientes compromisos técnicos para evitar impactos ambientales no previstos: • **Respeto al régimen natural de drenaje**: Se garantiza que las obras de preparación del sitio y construcción no desviarán ni obstruirán el flujo natural de las corrientes identificadas, evitando modificaciones que propicien inundaciones o procesos erosivos extraordinarios. • **Prohibición de vertidos**: Queda estrictamente prohibido utilizar los lechos de estos escurrimientos intermitentes como sitios de disposición de residuos sólidos, almacenamiento temporal de materiales de construcción o zonas de depósito de sustancias o combustibles, salvaguardando la calidad ambiental de los cauces receptores. • **Construcción de obras de conservación de suelos y agua**: Se construirán 500 metros de bordos en curvas a nivel y 2,240 zanjas trinchera para favorecer la infiltración del agua.

II.6 LOCALIDADES CON POBLACIÓN INDÍGENA

Con base al Catalogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas en la ubicación del Proyecto no se localiza en ninguna Localidad indígena.

Tabla 11. Población indígena

ESTADO (S)	MUNICIPIO (S)	LOCALIDAD (ES)
Sonora	Hermosillo	No se identificaron Localidades indígenas en el área de Proyecto

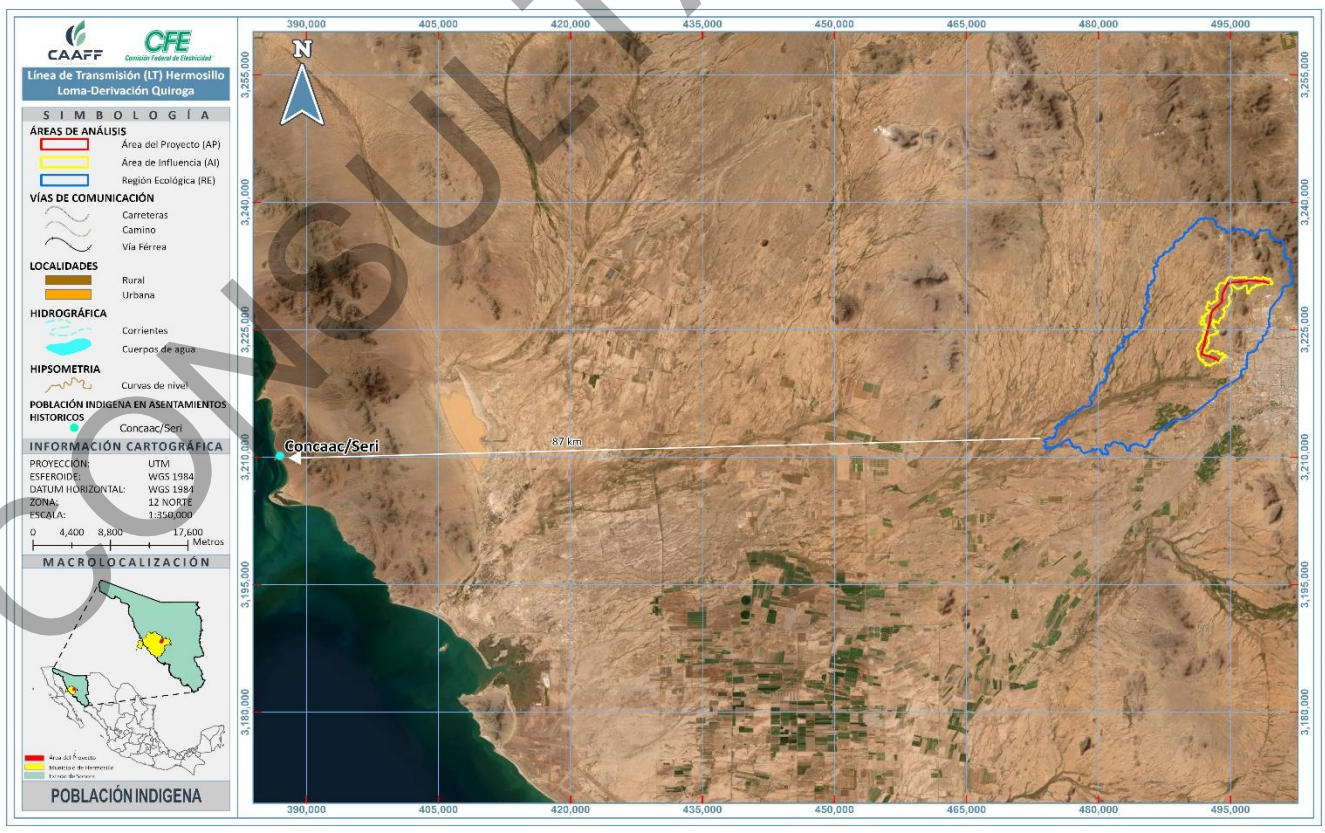


Figura 4. Ubicación de localidades indígenas en el estado de Sonora

CONSULTA PÚBLICA

Capítulo III

CONTENIDO

III . DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA. 1
III.1 ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y ALCANCES DEL PROYECTO 1
III.1.1 CRITERIOS PARA DELIMITACIÓN 1
III.1.2 SUPERFICIE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 2
III.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS. 4
III.2.1 ESPECIES POTENCIALES DEL COMPONENTE FLORA 7
III.2.2 ESPECIES POTENCIALES DEL COMPONENTE FAUNA 7
III.2.3 RESUMEN Y METODOLOGÍA DE LOS MUESTREOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO Y REGIÓN ECOLÓGICA. 8
III.3 ESPECIES IDENTIFICADAS EN CAMPO ENDÉMICAS O QUE SE ENCUENTREN EN ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 11
III.3.1 DEL COMPONENTE FLORA 11
III.3.2 DEL COMPONENTE FAUNA 12
III.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA 13
III.4.1 DEL COMPONENTE FLORA 14
III.4.2 DEL COMPONENTE FAUNA 15
III.5 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES AL INTERIOR DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 16
III.5.1 COMPONENTES DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO 16
III.5.1.1 DEL COMPONENTE BIÓTICO 16
III.5.1.2 DEL COMPONENTE ABIÓTICO 17
III.5.1.3 DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO 20
III.6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (CONDICIÓN AMBIENTAL ACTUAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DELIMITADA E INDICAR EL GRADO DE CONSERVACIÓN O DETERIORO DE ESTA) 21
III.6.1 CONDICIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y GRADO DE CONSERVACIÓN 22
III.7 PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 22
III.7.1 PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS 23
III.7.1.1 TRANSFORMACIÓN Y FRAGMENTACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y DEL HÁBITAT 23
III.7.1.2 PRESIÓN POR ACTIVIDADES GANADERAS Y SOBREPASTOREO 23
III.7.1.3 PRESENCIA DE ESPECIES EXÓTICAS 23
III.7.1.4 DEGRADACIÓN DEL SUELO Y SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS EROSIVOS 23
III.7.1.5 PRESIÓN SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS 23
III.7.1.6 PRESENCIA Y DISPERSIÓN LOCALIZADA DE RESIDUOS SÓLIDOS 24
III.7.1.7 PRESIONES AMBIENTALES ASOCIADAS A LA INTERFAZ URBANO-RURAL 24
III.7.1.8 PRESIONES SOBRE LA CALIDAD Y CONTINUIDAD DEL PAISAJE 24
III.7.2 INTEGRACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES 24
III.8 REPORTE GENERAL DE INCIDENCIAS DEL PROYECTO Y SU AI 25

CONSULTA PÚBLICA

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

III.1 ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y ALCANCES DEL PROYECTO

Conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), una **región ecológica** se define textualmente como la *unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes*, esta definición se encuentra establecida en el **Artículo 3, fracción XXXI** de la citada ley federal mexicana.

Otros términos similares son **ecorregiones** o **biorregiones** que se definen como unidades geográficas con flora, fauna y ecosistemas característicos. Son una división de las grandes "ecozonas" o regiones biogeográficas (CONABIO, 2020).

Omernik, J. M., et al. (2018), sostiene que las **ecorregiones** se identifican analizando patrones de fenómenos bióticos y abióticos. Estos incluyen la geología, la fisiografía (relieve), el clima, los suelos, el uso del suelo y la hidrología. Omernik enfatiza que la importancia relativa de cada factor varía según la región específica.

El antiguo Instituto Nacional de Ecología (INE) actualmente INECC, en colaboración con la CONABIO y el INEGI, desarrollaron el mapa de **Ecorregiones Terrestres de México**. Esta regionalización divide al país según sus características comunes (**relieve, clima, vegetación, fauna, suelos e hidrografía**) para evaluar cómo interactúan las especies en diferentes hábitats, abarcando; Desiertos y matorrales, Bosques templados y húmedos de montaña, Selvas secas y húmedas Regiones marinas y lacustre.

Para gestionar el territorio, El antiguo Instituto Nacional de Ecología (INE) actualmente INECC, en colaboración con la CONABIO y el INEGI, desarrolló el mapa de **Ecorregiones Terrestres de México**. Esta regionalización divide al país según sus características comunes (**relieve, clima, vegetación, fauna, suelos e hidrografía**) para evaluar cómo interactúan las especies en diferentes hábitats, abarcando; Desiertos y matorrales, Bosques templados y húmedos de montaña, Selvas secas y húmedas Regiones marinas y lacustre. En este marco, las interacciones ambientales se analizan principalmente a través de dos vertientes: las **interacciones bióticas de los ecosistemas** y los conflictos o sinergias sectoriales mediante el Ordenamiento Ecológico del Territorio.

III.1.1 CRITERIOS PARA DELIMITACIÓN

La ubicación de geopolítica del área del proyecto "***Línea de transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga***" (AP), se pretende ubicar en el municipio de Hermosillo, en el estado de Sonora. Si bien, las divisiones políticas de municipios, estados y países, no respetan los procesos ecológicos, es importante el desarrollo de políticas públicas que incluyan escalas espaciales adecuadas y que consideren la dinámica ambiental.

Bajo este enfoque y en apego a los alcances del proyecto considerando los ecosistemas que se circunscriben y los elementos del ambiente (bióticos y abióticos), se identificaron los siguientes componentes para la delimitación de la región ecológica; Ecorregiones, Unidades Ambientales (UAB), Unidades de Gestión Ambiental (UGA), Sistema

CONSULTA PÚBLICA

de Topoformas, Uso de suelo y Vegetación, Unidades de Suelo, Hidrología Subterránea, Subcuencas y Microcuencas (Ver ANEXO 5).

Cabe mencionar que no se identificó ningún área de importancia ecológica con el proyecto como son; Áreas Naturales Protegidas (ANP), Áreas Importantes para la Conservación de Aves (AICAs), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Sitios RAMSAR y Sitios Terrestres Prioritarios (STP) y Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR), por lo que estas regiones no fueron consideradas para la delimitación de la Región ecológica.

Teniendo los criterios a considerar se realizó la superposición de mapas (u *overlay* cartográfico) es una técnica fundamental en las Ciencias Ambientales para la delimitación de regiones u ordenamientos ecológicos del territorio. Consiste en sobreponer múltiples capas temáticas de un mismo territorio para identificar áreas con características homogéneas o delimitar zonas de protección y aptitud.

Cabe mencionar que tanto la capa de ecorregiones y UABs se tomaron cómo base general, como punto de partida ya que debido a su extensión se fueron acotando con las capas de las UGAS y las topoformas, los cuales fueron definiendo la RE en su lado norte, noreste y este. Las capas de hidrología subterránea y superficial acotaron en gran medida la RE hacia su lado este. Mientras que las microcuencas delimitadas a partir del MDE fueron consideradas principalmente para definir el lado oeste de la RE, siempre y cuando la capa de unidades de suelo y así como de los tipos de vegetación existentes en el proyecto fueran representativos, finalmente se obtuvo el polígono de la Región Ecológica.

III.1.2 SUPERFICIE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

Mediante proceso señalado con anterioridad se obtuvo una superficie final de **36,181.157** hectáreas que delimitan la **región ecológica** (RE), el cual será objeto de estudio para la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional.

En el siguiente mapa se visualiza el plano de la región ecológica georreferenciado en Zona 12 Norte UTM, Datum WGS84. En el ANEXO 6 se presentan el plano formato PDF y archivos en formato Shapefile, KML/KMZ y CSV.

CONSULTA PÚBLICA

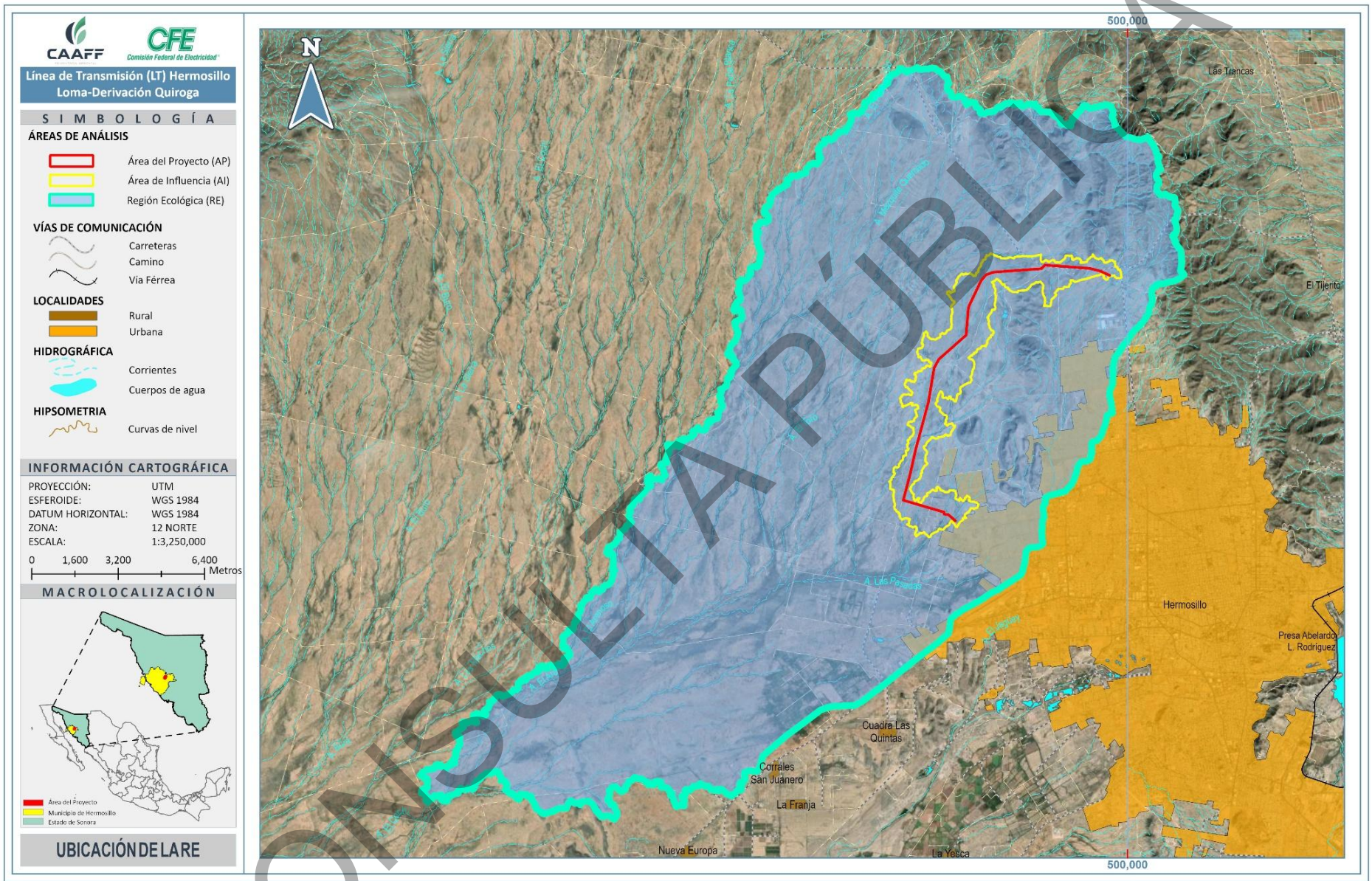


Figura 1. Plano georreferenciado (WGS84, UTM Zona 12 Norte) de la Región Ecológica

CONSULTA PÚBLICA

III.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PRESENTES EN LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS.

La Región Ecológica (RE) definida para el proyecto corresponde a la Cuenca Hidrográfica (CH), con una superficie total de 36,181.157 ha. Dentro de esta unidad se identificaron ocho categorías de uso de suelo y vegetación, integradas por coberturas forestales, usos agropecuarios y superficies asociadas con asentamientos humanos.

En términos de superficie, la cobertura dominante corresponde al Mezquital Xerófilo (MKX), con 24,207.263 ha, equivalentes al 66.91 % de la RE. Le siguen la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), con 3,870.990 ha (10.70 %), y el Matorral Sarcocaule (MSC), con 2,879.265 ha (7.96 %).

En conjunto, estas tres coberturas forestales representan 30,957.518 ha, equivalentes aproximadamente al 85.56 % de la superficie total de la RE, lo que evidencia el predominio de comunidades de vegetación natural y secundaria asociadas a ambientes áridos y semiáridos.

El 14.44 % restante corresponde a usos de suelo no forestales, representados por agricultura de riego anual y semipermanente, agricultura de riego permanente, pastizal cultivado, pastizal inducido y asentamientos humanos.

Tabla 1. Uso de suelo y vegetación presente en la Región Ecológica

CLAVE	USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (%)
RAS	Agricultura de Riego Anual y Semipermanente	832.312	2.3
RP	Agricultura de Riego Permanente	117.042	0.32
AH	Asentamientos Humanos	1,385.23	3.83
MSC	Matorral Sarcocaule	2,879.27	7.96
MKX	Mezquital Xerófilo	24,207.26	66.91
PC	Pastizal Cultivado	2,087.16	5.77
PI	Pastizal Inducido	801.894	2.22
VSa/MKX	Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo	3,870.99	10.7
Total		**36,181.16**	**100**

Por su parte, el Área del Proyecto (AP) comprende una superficie total de 29.593 ha, que representa el 100 % de la superficie directamente asociada con las obras y actividades del proyecto. De ésta, 26.999 ha (91.23 %) corresponden al Área Forestal del Proyecto (AFP), cubierta por Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), mientras que 2.594 ha (8.77 %) corresponden a superficies no forestales asociadas con caminos, cauces, carreteras y áreas sin vegetación aparente.

En términos de representatividad regional, el AP comprende aproximadamente 0.082 % de la superficie total de la RE, mientras que el AFP representa aproximadamente 0.075 % de dicha unidad. Asimismo, las 26.999 ha de VSa/MKX presentes en el AFP representan aproximadamente 0.697 % de las 3,870.990 ha de VSa/MKX existentes dentro de la RE.

Tabla 2. Uso de suelo y vegetación presente en el AP.

CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE EN EL AP	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (%)
Área Forestal del Proyecto (AFP) – VSa/MKX	26.999	91.23
Superficie no forestal: caminos, cauces, carreteras y SVA	2.594	8.77
Área del Proyecto (AP)	29.593	100

CONSULTA PÚBLICA

Descripción de los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en la RE

Agricultura de Riego Anual y Semipermanente (RAS)

Este uso de suelo ocupa 832.312 ha, equivalentes al 2.30 % de la Región Ecológica. Corresponde a superficies destinadas al establecimiento de cultivos cuyo desarrollo depende total o parcialmente de la aplicación artificial de agua. Su presencia dentro de la RE representa áreas en las que la cobertura vegetal natural ha sido sustituida para el desarrollo de actividades agrícolas.

Agricultura de Riego Permanente (RP)

La Agricultura de Riego Permanente comprende 117.042 ha, que representan el 0.32 % de la RE, constituyendo el uso de suelo de menor superficie dentro de la unidad de análisis. Se encuentra asociada con terrenos destinados de manera permanente a actividades agrícolas bajo condiciones de suministro artificial de agua, por lo que corresponde a superficies con transformación de la cobertura vegetal original.

Asentamientos Humanos (AH)

Los asentamientos humanos ocupan una superficie de 1,385.230 ha, equivalente al 3.83 % de la RE. Esta categoría comprende áreas donde la cobertura natural ha sido sustituida o modificada por infraestructura urbana, vivienda, vialidades, servicios y otras actividades asociadas con el desarrollo de los centros de población.

Matorral Sarcocaule (MSC)

El Matorral Sarcocaule ocupa 2,879.265 ha, equivalentes al 7.96 % de la superficie de la RE. Corresponde a una comunidad vegetal característica de ambientes áridos y semiáridos, integrada principalmente por especies arbustivas y arbóreas de porte bajo, adaptadas a condiciones de elevada temperatura, baja disponibilidad de humedad y marcada estacionalidad de las precipitaciones.

Esta comunidad presenta especies con diferentes adaptaciones morfológicas y fisiológicas a las condiciones de aridez, incluyendo tallos engrosados, reducción de la superficie foliar y pérdida estacional del follaje. Dentro de la Región Ecológica constituye una de las comunidades forestales naturales que contribuyen al mantenimiento de la cobertura vegetal, protección del suelo, disponibilidad de hábitat para fauna y continuidad de los procesos ecológicos regionales.

Mezquital Xerófilo (MKX)

El Mezquital Xerófilo constituye el tipo de vegetación de mayor extensión dentro de la Región Ecológica, con 24,207.263 ha, equivalentes al 66.91 % de su superficie total.

Esta comunidad se desarrolla principalmente bajo condiciones áridas y semiáridas y se caracteriza por la presencia de especies leñosas adaptadas a periodos prolongados de déficit hídrico. El mezquite constituye uno de sus principales elementos estructurales, acompañado por especies arbóreas y arbustivas propias de ambientes xerófilos.

CONSULTA PÚBLICA

La amplia distribución del MKX dentro de la RE permite reconocerlo como la matriz vegetal dominante a escala regional. Esta comunidad proporciona cobertura y protección al suelo, contribuye a la infiltración y regulación del escurrimiento superficial, participa en el almacenamiento de carbono y proporciona áreas de refugio, alimentación y desplazamiento para diferentes grupos de fauna silvestre.

Pastizal Cultivado (PC)

El Pastizal Cultivado comprende 2,087.162 ha, equivalentes al 5.77 % de la RE. Corresponde a superficies en las que la vegetación original ha sido sustituida o modificada para favorecer el establecimiento de especies herbáceas destinadas principalmente al aprovechamiento pecuario. Por lo tanto, representa áreas con un grado importante de transformación respecto de las comunidades vegetales naturales de la región.

Pastizal Inducido (PI)

El Pastizal Inducido ocupa 801.894 ha, equivalentes al 2.22 % de la RE. Esta cobertura se encuentra asociada con procesos de modificación de la vegetación original derivados de actividades humanas o de disturbios recurrentes que favorecen el establecimiento y permanencia de especies herbáceas y graminoides.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

La Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo comprende 3,870.990 ha, equivalentes al 10.70 % de la Región Ecológica, constituyendo la segunda cobertura forestal con mayor superficie dentro de la RE.

Esta comunidad representa una condición secundaria del Mezquital Xerófilo en la que actualmente predomina el estrato arbustivo, como resultado de procesos previos de perturbación y de la posterior sucesión de la vegetación. A pesar de su condición secundaria, mantiene una composición integrada principalmente por especies nativas adaptadas a las condiciones áridas y semiáridas de la región.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante los trabajos de campo realizados para el proyecto, esta comunidad presenta elementos arbóreos y juveniles, arbustivos, cactáceas, herbáceas y bejucos. Entre las especies registradas destacan *Olneya tesota*, *Neltuma velutina*, *Parkinsonia microphylla*, *Bursera microphylla*, *Cylindropuntia fulgida* y *Stenocereus thurberi*, entre otras.

Esta cobertura es particularmente relevante para el análisis del proyecto, debido a que las 26.999 ha que conforman el Área Forestal del Proyecto (AFP) presentan VSa/MKX. Dicha superficie representa aproximadamente el 0.697 % de las 3,870.990 ha de esta comunidad existentes dentro de la Región Ecológica.

En términos generales, la Región Ecológica conserva un marcado predominio de coberturas forestales, las cuales ocupan 30,957.518 ha, equivalentes al 85.56 % de su superficie total. El Mezquital Xerófilo constituye la matriz vegetal dominante, seguido por la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo y el Matorral Sarcocaule. Los usos agropecuarios y asentamientos humanos representan en conjunto el 14.44 % restante, evidenciando la presencia de áreas transformadas intercaladas dentro de una matriz predominantemente forestal.

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, el Área del Proyecto (AP), con 29.593 ha, representa una proporción reducida respecto de la superficie total de la RE, mientras que el AFP, con 26.999 ha de VSa/MKX, corresponde a una fracción de la comunidad vegetal secundaria que se encuentra ampliamente representada dentro de la unidad regional de análisis.

III.2.1 ESPECIES POTENCIALES DEL COMPONENTE FLORA

Con la finalidad de establecer la riqueza florística potencial de la Región Ecológica (RE), se realizará una revisión de información bibliográfica y de bases de datos especializadas sobre la distribución de especies vegetales presentes en el municipio de Hermosillo y en las comunidades de vegetación características de la región, particularmente aquellas asociadas al Mezquital Xerófilo (MKX), Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) y Matorral Sarcocaule (MSC).

La integración del listado potencial considerará especies cuya distribución geográfica y requerimientos ecológicos sean compatibles con las condiciones ambientales existentes dentro de la RE. Para cada taxón se incorporará, cuando la información se encuentre disponible, su familia taxonómica, nombre científico, nombre común, origen, condición de endemismo y estatus de conservación conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III, así como su inclusión en CITES y su categoría de conservación en la Lista Roja de la UICN.

El listado completo de especies de flora con distribución potencial dentro de la Región Ecológica se presenta en el ANEXO 15. Listado de flora potencial de la Región Ecológica, incluyendo las referencias bibliográficas y fuentes de información utilizadas para su integración.

Tabla 3. Especies potenciales del componente Flora.

COMPONENTE	LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES	ENLACE
Flora	Anexo 15. Listado de flora potencial de la Región Ecológica	https://www.dropbox.com/scl/fo/i9p3xfzodsusl00e9bwaj/ADpBloXWfZx8FhubS4oBfHg?rlkey=dsd85obzw0q58t1uhf5irna9v&st=68xo8awv&dl=0

III.2.2 ESPECIES POTENCIALES DEL COMPONENTE FAUNA

Para determinar la riqueza potencial del componente fauna se consideró la información obtenida mediante revisión bibliográfica y consulta de bases de datos especializadas sobre la distribución geográfica, ocurrencia y hábitat de las especies con posibilidad de presentarse en la zona de estudio.

La integración de la base potencial consideró los principales grupos de vertebrados terrestres, correspondientes a aves, mamíferos y herpetofauna, incorporando información relativa a su distribución, endemismo y estado de conservación. Entre las fuentes consultadas se encuentran bases especializadas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Lista Roja de la UICN, AmphibiaWeb, The Reptile Database y Mammal Species of the World, entre otras empleadas durante la caracterización faunística.

Tabla 4. Especies potenciales del componente Fauna.

COMPONENTE	LISTADO DE ESPECIES POTENCIALES	ENLACE
Fauna	Anexo 16. Listado de fauna potencial de la Región Ecológica	https://www.dropbox.com/scl/fo/j46j14pdc9qhcmpro4kv5/AJsnyVuZ2jUnCIFha9HYSlo?rlkey=mkw5p7mx4rd5b2sialdtd3o5p&st=q1bgggox&dl=0

CONSULTA PÚBLICA

A partir de la información recopilada se obtuvo una riqueza potencial de 410 especies de fauna silvestre, correspondiendo la mayor riqueza a la ornitofauna, seguida por la herpetofauna y la mastofauna.

Tabla 5. Resumen de la riqueza potencial de fauna en la RE

GRUPO FAUNÍSTICO	RIQUEZA POTENCIAL (ESPECIES)	REPRESENTACIÓN (%)
Aves	256	62.44
Mamíferos	65	15.85
Herpetofauna	89	21.71
Total	**410**	**100**

La ornitofauna presenta la mayor riqueza potencial, con 256 especies distribuidas en 55 familias taxonómicas, representando el 62.44 % del total de especies potenciales consideradas.

Para la mastofauna se determinó una riqueza potencial de 65 especies distribuidas en 23 familias taxonómicas, equivalente al 15.85 % de la riqueza potencial total. Dentro de este grupo se incluyen tanto mamíferos terrestres como quirópteros, por lo que estos últimos no se contabilizan como un grupo adicional en la suma total.

La herpetofauna, integrada por reptiles y anfibios, presenta una riqueza potencial de 89 especies distribuidas en 28 familias taxonómicas, lo que representa el 21.71 % del total potencial considerado para el componente fauna.

El listado completo de las especies potenciales, incluyendo familia, nombre científico, nombre común, distribución y categorías de conservación aplicables, se presenta en el Anexo 16. Listado de fauna potencial de la Región Ecológica.

III.2.3 RESUMEN Y METODOLOGÍA DE LOS MUESTREOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) Y REGIÓN ECOLÓGICA (RE).

Con el propósito de caracterizar los componentes de flora y fauna presentes en el Área del Proyecto (AP) y establecer su comparación con las condiciones existentes en la Región Ecológica (RE), se realizaron muestreos de campo dirigidos a la caracterización de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) y de los principales grupos de vertebrados terrestres.

El Área del Proyecto comprende una superficie total de 29.593 ha. Dentro de ésta, los muestreos de vegetación se concentraron en las 26.999 ha que conforman el Área Forestal del Proyecto (AFP), debido a que corresponden a la superficie que mantiene cobertura de VSa/MKX. Las 2.594 ha restantes del AP corresponden a superficies no forestales asociadas con caminos, cauces, carreteras y áreas sin vegetación aparente, por lo que no fueron consideradas para el establecimiento de unidades de muestreo de vegetación.

Para efectos comparativos, se aplicó un diseño de muestreo equivalente sobre la VSa/MKX presente dentro de la Región Ecológica, misma que corresponde espacialmente a la Cuenca Hidrográfica utilizada como unidad regional de análisis.

La ubicación, coordenadas y distribución espacial de las unidades de muestreo establecidas en el AFP y la RE se presentan en el Anexo 19. Coordenadas y cartografía del muestreo de flora.

CONSULTA PÚBLICA

Metodología para flora

En el AFP, el ETJ utilizó un muestreo sistemático estratificado, mientras que en la CH se aplicó un muestreo sistemático. En ambos casos las unidades principales fueron rectangulares de 300 m² (20 × 15 m) para los estratos arbóreo-juvenil, arbustivo, cactáceas y bejucos, incorporándose en el centro de cada unidad un cuadrante de 4 m² (2 × 2 m) para el estrato herbáceo.

La descripción detallada del diseño de muestreo, dimensiones de las unidades, criterios de establecimiento, variables registradas y procedimientos empleados se presenta en el Anexo 18. Metodología y representatividad del muestreo de flora.

Para la caracterización florística se establecieron 28 unidades de muestreo en el AFP y 28 unidades de muestreo en la RE, manteniendo un esfuerzo equivalente entre ambas unidades de análisis con la finalidad de permitir la comparación de la composición, estructura, riqueza, abundancia y diversidad de la VSa/MKX.

En cada unidad de muestreo se registraron los individuos correspondientes a los diferentes estratos de vegetación y se obtuvieron las variables necesarias para el análisis de la estructura de la comunidad. El esfuerzo principal para los estratos arbóreo-juvenil, arbustivo, cactáceas y bejucos correspondió a 8,400 m² (0.84 ha) por unidad de análisis, mientras que para el estrato herbáceo correspondió a 112 m² por unidad de análisis.

Los registros obtenidos durante los trabajos de campo y las variables levantadas para cada unidad de muestreo se integran en el Anexo 17. Base de datos de flora.

La suficiencia del muestreo fue evaluada mediante curvas de acumulación de especies y modelos asintóticos, utilizando el modelo exponencial negativo. Los resultados obtenidos mostraron pendientes inferiores a 0.1 para los diferentes estratos, criterio empleado para evaluar la suficiencia y confiabilidad del inventario florístico.

El desarrollo metodológico, las curvas obtenidas y los resultados del análisis de representatividad se presentan en el Anexo 17. Metodología y representatividad del muestreo de flora.

Tabla 6. Resumen de los muestreos de flora

COMPONENTE	UNIDAD	TIPO DE MUESTREO	MÉTODO	NÚMERO DE SITIOS	HORARIO	ESTACIONALIDAD / FECHA	ESFUERZO PRINCIPAL	COMUNIDAD
Flora	AP	Sistemático estratificado	Unidades de muestreo rectangulares y cuadrantes	28 sitios	Diurno	Agosto de 2026	AFP: 0.84 ha (3.11 % del AFP)	VSa/MKX
Flora	RE	Sistemático	Unidades de muestreo rectangulares y cuadrantes	28 sitios	Diurno	Agosto de 2026	28 × 300 m² = 0.84 ha;	VSa/MKX

CONSULTA PÚBLICA

Metodología para fauna

Para fauna se utilizó el mismo esfuerzo básico en ambas unidades de análisis. Se establecieron 30 transectos en el AP/AFP y 30 transectos en la RE, para un total de 60 transectos, cada uno de 100 m de longitud por 20 m de ancho.

Las coordenadas, distribución espacial de los transectos y sitios utilizados para los métodos complementarios de muestreo se presentan en el Anexo 22. Coordenadas, cartografía y evidencia de fauna.

La caracterización faunística se realizó mediante un diseño sistemático basado principalmente en transectos en franja, complementando los métodos directos de observación y captura con métodos indirectos, tales como la identificación de huellas, excretas, madrigueras y cantos.

La descripción detallada del diseño, técnicas de detección, equipo utilizado y criterios de muestreo se presenta en el Anexo 21. Metodología del muestreo de fauna.

Para las aves se utilizaron registros mediante avistamiento, cantos, observación de nidos y captura complementaria con redes de niebla; para los mamíferos se utilizaron avistamientos, rastros, huellas, excretas, madrigueras, trampas Sherman y Tomahawk, cámaras trampa y, para quirópteros, métodos acústicos y redes de niebla. Para la herpetofauna se efectuaron recorridos de búsqueda activa mediante observación directa y, cuando fue necesario, captura con equipo especializado.

El monitoreo faunístico se realizó durante agosto de 2026, complementándose la información de campo con la revisión de registros históricos, literatura especializada y bases de datos de biodiversidad, con la finalidad de fortalecer la caracterización de las especies con distribución potencial en la zona de estudio.

Los horarios considerados se ajustaron a los periodos de mayor actividad de cada grupo. Para aves se consideraron principalmente los periodos de 06:00 a 09:00 y de 16:00 a 18:00 h; los mamíferos fueron evaluados durante periodos diurnos, crepusculares y nocturnos; para anfibios se consideraron periodos diurnos y nocturnos, y para reptiles periodos diurnos y vespertinos/nocturnos.

De manera complementaria, para la caracterización de quirópteros se aplicó monitoreo acústico pasivo mediante dos detectores ultrasónicos, seleccionando sitios representativos de las condiciones del hábitat y potenciales corredores de vuelo. El monitoreo comprendió ocho noches efectivas, con operación automática de los equipos entre las 19:00 y las 08:00 h del día siguiente.

La metodología específica del monitoreo acústico se presenta en el Anexo 21, mientras que la ubicación de los sitios y la evidencia correspondiente se integran en el Anexo 22.

Los registros obtenidos mediante los diferentes métodos de muestreo fueron integrados en una base de datos faunística que contiene la identificación taxonómica de las especies, grupo faunístico, número de individuos, tipo de registro, unidad de análisis y sitio o transecto de procedencia, entre otros atributos levantados durante los trabajos de campo. La información completa se presenta en el Anexo 20. Base de datos de fauna.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 7. Resumen de los muestreos

COMPONENTE	UNIDAD	TIPO DE MUESTREO	MÉTODO	NÚMERO DE SITIOS / TRANSECTOS	HORARIO	ESTACIONALIDAD	ESFUERZO PRINCIPAL	COMUNIDAD
Fauna	AP	Sistemático	Transectos en franja, observación directa e indirecta, captura, trampeo y monitoreo acústico	30 transectos	Diurno, crepuscular y nocturno según grupo	En verano (lluvias)	5 de agosto al 13 de agosto **0.06 Km²**	VSa/MKX
Fauna	RE	Sistemático	Transectos en franja, observación directa e indirecta, captura, trampeo y monitoreo acústico	30 transectos	Diurno, crepuscular y nocturno según grupo	En verano (lluvias)	5 de agosto al 13 de agosto **0.06 Km²**	VSa/MKX

III.3 ESPECIES IDENTIFICADAS EN CAMPO ENDÉMICAS O QUE SE ENCUENTREN EN ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO CONFORME A LA NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con base en los registros obtenidos durante los muestreos de flora y fauna realizados en el Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE), se efectuó la revisión del estatus de conservación y condición de endemismo de las especies identificadas en campo.

Para la determinación de las especies bajo alguna categoría de riesgo se consideró la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III, mientras que la condición de endemismo se estableció a partir de la información taxonómica y de distribución integrada en las bases de datos de flora y fauna utilizadas para la caracterización ambiental.

En este apartado se consideran exclusivamente las especies registradas durante los trabajos de campo, diferenciando los registros obtenidos en el AP y la RE. Los listados completos y los registros de abundancia se presentan en el Anexo 17. Base de datos de flora y el Anexo 20. Base de datos de fauna, respectivamente.

III.3.1 DEL COMPONENTE FLORA

Los muestreos florísticos realizados en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) permitieron identificar especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 tanto en el Área Forestal del Proyecto (AFP) como en la Región Ecológica.

En el AFP se registraron cuatro especies consideradas como Sujetas a Protección Especial (Pr): *Olneya tesota* (palo fierro), *Cochemiea mainiae* (biznaguita de Main), *Cochemiea sheldonii* (biznaguita de Sheldon) y *Lophocereus*

CONSULTA PÚBLICA

schottii (garambullo o sinita). En la RE, además de estas especies, se registró *Guaiacum coulteri* (guayacán), clasificada como Amenazada (A) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el AFP se registraron 24 individuos de *Olneya tesota*, mientras que para *Cochemiea mainiae*, *Cochemiea sheldonii* y *Lophocereus schottii* se registró un individuo de cada especie.

Tabla 8. Especies de flora identificadas en campo incluidas en alguna categoría de riesgo

COMPONENTE	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA NOM-059	ENDÉMICA	NO. TOTAL, DE REGISTROS	AP/AFP	RE
Flora	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	A	No	8	0	8
Flora	*Olneya tesota*	Palo fierro	Pr	No	64	24	40
Flora	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	Pr	No	2	1	1
Flora	*Cochemiea sheldonii*	Biznaguita de Sheldon	Pr	No	16	1	15
Flora	*Lophocereus schottii*	Garambullo / sinita	Pr	No	32	1	31

La presencia de estas especies constituye un elemento relevante para la caracterización de la VSa/MKX y deberá ser considerada en la definición de las medidas de prevención, protección, rescate y reubicación aplicables durante el desarrollo del proyecto. Los registros completos se presentan en el Anexo 17, mientras que la ubicación de las unidades de muestreo y su representación cartográfica se integra en el Anexo 19.

III.3.2 DEL COMPONENTE FAUNA

Para el componente fauna se identificaron especies endémicas de México y especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En la RE se registraron tres especies bajo categoría de riesgo: *Leptonycteris yerbabuenae* (murciélago magueyero menor) y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), ambas Sujetas a Protección Especial (Pr), así como *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), clasificada como Amenazada (A). Asimismo, se identificaron dos especies endémicas de México: *Polioptila nigriceps* (perlita sinaloense) y *Ctenosaura macrolopha* (iguana de cola espinosa sonorense).

En el AP se registraron *Callisaurus draconoides* y *Crotalus atrox* como especies bajo categoría de riesgo, así como *Polioptila nigriceps* y *Ctenosaura macrolopha* como especies endémicas. En esta unidad no se registró *Leptonycteris yerbabuenae*. El ETJ reporta para el AP 13 individuos de *C. draconoides*, uno de *C. atrox* y 16 de *C. macrolopha*. Para *P. nigriceps* se obtuvo un registro.

En la RE se registraron 16 individuos de *Callisaurus draconoides*, dos de *Crotalus atrox* y 26 de *Ctenosaura macrolopha*. Para *Leptonycteris yerbabuenae* se reportaron cuatro registros durante el muestreo, mientras que *Polioptila nigriceps* estuvo representada por un registro.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 9. Especies de fauna identificadas en campo endémicas o incluidas en alguna categoría de riesgo

COMPONENTE	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA NOM-059	ENDÉMICA	NÚMERO TOTAL DE REGISTROS	AP	RE
Fauna	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	Sin categoría	Sí, México	2	1	1
Fauna	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Pr	No	4[1]	0	4
Fauna	*Callisaurus draconoides*	Cachora arenera	A	No	29	13	16
Fauna	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Pr	No	3	1	2
Fauna	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	Sin categoría	Sí, México	42	16	26

Nota: A = Amenazada; Pr = Sujeta a Protección Especial. [1] Para *Leptonycteris yerbabuenae*, el valor corresponde a los registros consignados en la base de mastofauna; debido a que su detección incluyó monitoreo acústico, el número no debe interpretarse necesariamente como cuatro individuos únicos.

La presencia de especies endémicas y bajo alguna categoría de riesgo confirma la necesidad de mantener medidas específicas de prevención y manejo durante las actividades del proyecto, principalmente aquellas relacionadas con el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna previo y durante la intervención de las superficies requeridas. Los registros completos se presentan en el Anexo 20. Base de datos de fauna, mientras que las coordenadas, cartografía y evidencia de los muestreos se integran en el Anexo 22.

III.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Con la finalidad de evaluar y comparar la diversidad biológica registrada en el Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE), se analizaron los datos obtenidos durante los muestreos de flora y fauna mediante índices que consideran tanto la riqueza específica como la distribución de las abundancias entre las especies.

Para el análisis se consideraron la riqueza específica (S), el índice de Margalef (SMg), el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), la diversidad máxima (Hmax), la equidad de Pielou (J) y el índice de dominancia de Berger-Parker (d). Estos indicadores permiten evaluar de manera conjunta el número de especies presentes, la diversidad de las comunidades, la uniformidad en la distribución de las abundancias y el grado de dominancia de las especies más representativas.

En el caso de flora, la comparación se realizó entre el Área Forestal del Proyecto (AFP) y la RE, considerando exclusivamente la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Para fauna, la comparación corresponde al AP y la RE, considerando los grupos de aves, mamíferos y herpetofauna.

Los cálculos se realizaron con base en los registros contenidos en el Anexo 23. Base de datos de flora y el Anexo 24. Base de datos de fauna.

CONSULTA PÚBLICA

III.4.1 DEL COMPONENTE FLORA

La diversidad florística de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) fue evaluada considerando los diferentes estratos de vegetación y posteriormente mediante una integración general de la comunidad.

A nivel general, en la RE se registraron 65 especies, mientras que en el AFP se identificaron 46 especies. El índice de Margalef presentó valores de 8.04 y 5.75, respectivamente, indicando una mayor riqueza específica a escala regional. De manera consistente, el índice de Shannon-Wiener alcanzó H' = 3.10 en la RE y H' = 2.51 en el AFP, mostrando una mayor diversidad florística en la unidad regional de análisis.

La diversidad máxima fue de Hmax = 4.17 en la RE y Hmax = 3.83 en el AFP. La equidad de Pielou presentó valores de 0.74 y 0.66, respectivamente, mientras que el índice de Berger-Parker fue de 0.1594 en la RE y 0.2586 en el AFP. Estos resultados indican que la RE presenta una distribución comparativamente más uniforme de las abundancias y una menor concentración en las especies dominantes.

Tabla 10. Comparación general de los índices de diversidad del componente flora

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	PARÁMETRO	AFP	RE	INTERPRETACIÓN
Riqueza específica (S)	Número de especies presentes. A mayor valor, mayor riqueza específica.	46	65	Mayor riqueza florística en la RE
Margalef (SMg)	>0. <2: baja riqueza; >5: alta riqueza.	5.75	8.04	Mayor riqueza relativa en la RE
Shannon-Wiener (H')	<2: diversidad baja; 2–3: media; >3: alta.	2.51	3.1	Mayor diversidad en la RE
Diversidad máxima (Hmax)	Hmax = ln(S). Representa la diversidad máxima teórica cuando todas las especies presentan igual abundancia.	3.83	4.17	Mayor diversidad potencial en la RE
Equidad de Pielou (J)	0–1. Valores próximos a 1 indican una distribución más uniforme de las abundancias.	0.66	0.74	Mayor uniformidad de abundancias en la RE
Berger-Parker (d)	0–1. Próximo a 0: baja dominancia; próximo a 1: alta dominancia de una especie.	0.2586	0.1594	Mayor dominancia relativa en el AFP

La comparación por estratos muestra el mismo patrón general, aunque con diferencias en la estructura de cada componente vegetal. El estrato arbóreo-juvenil presentó 9 especies en la RE y 5 en el AFP, con valores de Shannon de 1.59 y 1.35, respectivamente. No obstante, la equidad fue ligeramente superior en el AFP, con J = 0.84, respecto de J = 0.73 en la RE.

El estrato arbustivo registró 21 especies en la RE y 16 en el AFP, con valores de Shannon de 1.55 y 1.44. En ambas unidades se presentó una dominancia relativamente elevada, asociada principalmente con *Encelia farinosa*, reflejada en valores de Berger-Parker de 0.6214 en la RE y 0.6331 en el AFP.

Las mayores diferencias se observaron en el estrato de cactáceas, donde la RE presentó 11 especies y el AFP 6 especies. El índice de Shannon alcanzó 1.09 en la RE y 0.21 en el AFP, mientras que la equidad fue de 0.45 y 0.12, respectivamente. El índice de Berger-Parker alcanzó 0.9628 en el AFP, debido a la elevada abundancia relativa de *Cylindropuntia fulgida*, mostrando una marcada dominancia de esta especie.

Para los bejucos se registraron 4 especies en la RE y 3 en el AFP, con valores de Shannon de 1.14 y 0.98 y una alta equidad en ambas unidades, particularmente en el AFP (J = 0.90).

CONSULTA PÚBLICA

Finalmente, el estrato herbáceo presentó 20 especies en la RE y 16 en el AFP. La diversidad fue mayor en la RE (H' = 2.40) respecto del AFP (H' = 1.70), mientras que la equidad disminuyó de 0.80 a 0.61 y la dominancia aumentó de 0.2510 a 0.4029.

En conjunto, los resultados muestran que la RE presenta una mayor riqueza y diversidad florística que el AFP, condición esperable considerando su mayor extensión y heterogeneidad espacial. Sin embargo, las 46 especies registradas dentro del AFP forman parte de la comunidad de VSa/MKX representada a escala regional, por lo que las diferencias observadas corresponden principalmente a variaciones en riqueza, abundancia y dominancia entre ambas unidades de análisis.

III.4.2 DEL COMPONENTE FAUNA

Para el componente fauna se analizaron de manera independiente los grupos de ornitofauna, mastofauna y herpetofauna, y posteriormente se realizó una integración general de la comunidad faunística registrada en el AP y la RE.

A nivel general, en la RE se registraron 92 especies, mientras que en el AP se identificaron 67 especies. El índice de Margalef presentó valores de 13.49 en la RE y 10.58 en el AP, mientras que el índice de Shannon-Wiener alcanzó H' = 4.22 y H' = 3.84, respectivamente. En ambas unidades se registraron valores elevados de equidad, con J = 0.93 en la RE y J = 0.91 en el AP, así como una baja dominancia, representada por índices de Berger-Parker de 0.0564 y 0.0838.

Tabla 11. Comparación general de los índices de diversidad del componente fauna

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	PARÁMETRO	AP	RE	INTERPRETACIÓN
Riqueza específica (S)	Número de especies presentes. A mayor valor, mayor riqueza específica.	67	92	Mayor riqueza faunística en la RE
Margalef (SMg)	>0. <2: baja riqueza; >5: alta riqueza.	10.58	13.49	Mayor riqueza relativa en la RE
Shannon-Wiener (H')	<2: diversidad baja; 2–3: media; >3: alta.	3.84	4.22	Alta diversidad en ambas unidades, mayor en la RE
Diversidad máxima (Hmax)	Hmax = ln(S). Representa la diversidad máxima teórica cuando todas las especies presentan igual abundancia.	4.2	4.52	Mayor diversidad potencial en la RE
Equidad de Pielou (J)	0–1. Valores próximos a 1 indican una distribución más uniforme de las abundancias.	0.91	0.93	Alta uniformidad en ambas unidades
Berger-Parker (d)	0–1. Próximo a 0: baja dominancia; próximo a 1: alta dominancia de una especie.	0.0838	0.0564	Baja dominancia en ambas unidades

La ornitofauna constituyó el grupo con mayor riqueza específica, registrándose 64 especies en la RE y 48 en el AP. El índice de Shannon-Wiener fue de 3.86 y 3.44, respectivamente, con valores elevados de equidad de 0.93 y 0.89. La dominancia fue baja en ambas unidades, con valores de Berger-Parker de 0.0850 en la RE y 0.1243 en el AP.

La mastofauna presentó 17 especies en la RE y 12 en el AP, con valores de Shannon-Wiener de 2.61 y 2.25, respectivamente. La equidad fue elevada y prácticamente equivalente entre ambas unidades (0.92 y 0.91), mientras que el índice de Berger-Parker fue bajo (0.1366 y 0.1881), evidenciando una distribución relativamente homogénea de las abundancias.

Por su parte, la herpetofauna presentó 11 especies en la RE y 7 en el AP. El índice de Shannon-Wiener fue de 2.03 en la RE y 1.73 en el AP, mientras que la equidad fue alta en ambas unidades, con valores de 0.85 y 0.89,

CONSULTA PÚBLICA

respectivamente. Los índices de Berger-Parker fueron similares (0.2524 en la RE y 0.2424 en el AP), indicando niveles comparables de dominancia.

En términos generales, la RE presentó una mayor riqueza y diversidad faunística que el AP para los tres grupos evaluados. No obstante, los elevados valores de equidad y los bajos niveles de dominancia observados en ambas unidades muestran que las abundancias se encuentran distribuidas entre diversas especies y que no existe una concentración marcada de registros en un solo taxón.

III.5 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES AL INTERIOR DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

El análisis de los componentes ambientales presentes al interior de la Región Ecológica (RE) tiene como propósito identificar aquellos elementos del medio biótico, abiótico y socioeconómico con los cuales las obras y actividades del Proyecto mantienen una interacción directa o indirecta.

La Región Ecológica corresponde a una superficie de 36,181.157 ha, dentro de ésta se presenta una combinación de coberturas forestales, usos agropecuarios, asentamientos humanos, infraestructura y otros elementos físicos y biológicos que conforman el contexto ambiental en el cual se inserta el Proyecto.

El Área del Proyecto (AP), con 29.593 ha, representa aproximadamente el 0.082 % de la RE, mientras que las 26.999 ha del Área Forestal del Proyecto (AFP) corresponden a Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Esta última superficie constituye aproximadamente el 0.697 % de las 3,870.990 ha de VSa/MKX existentes dentro de la RE.

Los componentes con los cuales interactúa el Proyecto se describen a continuación, mientras que el análisis ampliado de sus características, interrelaciones y condición ambiental se integrará en el Anexo 25. Análisis de los componentes ambientales y diagnóstico ambiental.

III.5.1 COMPONENTES DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON LOS CUALES INTERACTÚA EL PROYECTO

Los principales componentes ambientales identificados se agrupan en tres grandes medios: biótico, abiótico y socioeconómico. La interacción del Proyecto con estos componentes se deriva principalmente de la ocupación física de las superficies requeridas, la modificación puntual de la cobertura vegetal y el suelo, la presencia y operación de maquinaria, vehículos y personal, así como de la incorporación de infraestructura dentro del territorio.

III.5.1.1 Del componente Biótico

El análisis del componente biótico integra las condiciones ecológicas de la RE y el AFP, considerando los elementos que determinan su composición, estructura, diversidad y funcionalidad. Asimismo, permite identificar los principales elementos de sensibilidad ambiental y su relación con las actividades previstas por el Proyecto. En la tabla siguiente se sintetizan los principales resultados obtenidos para este componente.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 12. Análisis de los componentes bióticos al interior de la Región Ecológica

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Biótico	**Uso de suelo y vegetación:** La RE presenta un marcado predominio de coberturas forestales, que ocupan 30,957.518 ha (85.56 %). El Mezquital Xerófilo (MKX) constituye la cobertura dominante con 24,207.263 ha (66.91 %), seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), con 3,870.990 ha (10.70 %), y el Matorral Sarcocaule (MSC), con 2,879.265 ha (7.96 %). Los usos de suelo de origen antrópico representan conjuntamente el 14.44 % de la RE.
Biótico	**Vegetación del AP:** La verificación en campo permitió confirmar que las 26.999 ha del AFP presentan VSa/MKX, mientras que las 2.594 ha restantes del AP corresponden a superficies no forestales relacionadas con caminos, cauces, carreteras y áreas sin vegetación aparente. La cobertura observada en campo resulta congruente con la caracterización regional utilizada para el análisis del Proyecto, confirmándose que la afectación forestal se concentra sobre VSa/MKX.
Biótico	**Flora:** Para la VSa/MKX se registró una riqueza de 65 especies en la RE y 46 especies en el AFP. Los índices de diversidad muestran una mayor riqueza y diversidad a escala regional, con valores de Shannon-Wiener de 3.10 en la RE y 2.51 en el AFP, manteniéndose la totalidad de la superficie forestal del Proyecto como una fracción reducida de la representación regional de esta comunidad vegetal.
Biótico	**Fauna:** En la RE se registraron 92 especies de vertebrados, correspondientes a 64 aves, 17 mamíferos y 11 reptiles, mientras que en el AP se registraron 67 especies. La comunidad regional presentó una diversidad de Shannon-Wiener de 4.22, frente a 3.84 en el AP, con valores elevados de equidad en ambas unidades. La VSa/MKX y los elementos asociados de la Cuenca Hidrográfica proporcionan sitios de alimentación, refugio, reproducción y tránsito para diferentes grupos faunísticos.
Biótico	**Especies de interés para la conservación:** Durante los muestreos fueron identificadas especies de flora y fauna incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como especies endémicas de México. Su presencia fue desarrollada específicamente en el apartado III.3 y constituye un elemento de sensibilidad ambiental que deberá ser considerado durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
Biótico	**Interacciones ecológicas y funcionalidad:** La VSa/MKX participa en la estabilización del sustrato, control de la erosión y provisión de microhábitats, alimento y refugio para fauna. Asimismo, grupos como los quirópteros participan en procesos de regulación de insectos, polinización y dispersión de semillas, contribuyendo al funcionamiento de los ecosistemas áridos y semiáridos de la región.
Biótico	**Interacción con el Proyecto:** La interacción principal se producirá sobre la cobertura de VSa/MKX incluida dentro del AFP, mediante la remoción de vegetación y la ocupación física requerida por las obras. Para la fauna, las actividades pueden generar desplazamiento temporal, modificación puntual de sitios de refugio o alimentación y riesgo de afectación directa a individuos, particularmente durante la preparación del sitio y construcción. Estas interacciones deberán vincularse posteriormente con las medidas de prevención, rescate, reubicación y restauración correspondientes.

La caracterización en campo confirmó que la superficie forestal directamente asociada con el Proyecto corresponde a VSa/MKX. Esta comunidad ocupa 26.999 ha dentro del AFP, equivalentes aproximadamente al 0.697 % de las 3,870.990 ha de VSa/MKX representadas dentro de la RE. Por lo tanto, aunque el Proyecto interactúa directamente con esta comunidad vegetal, su distribución se mantiene ampliamente representada a escala regional.

III.5.1.2 Del componente Abiótico

El análisis del componente abiótico permite caracterizar las condiciones físicas y ambientales que conforman el territorio, así como identificar los principales procesos y factores que pueden influir en la respuesta del medio ante la ejecución del proyecto. Para ello, se integró información de la RE y del AFP correspondiente a los principales componentes físicos, asimismo, se incorporó el análisis del paisaje como elemento complementario para valorar las condiciones ambientales del territorio.

CONSULTA PÚBLICA

En la tabla siguiente., se presenta una síntesis de los principales resultados obtenidos para cada componente, destacando las condiciones predominantes y, cuando corresponde, las diferencias entre la RE y el AFP, así como los cambios estimados entre el escenario actual y el escenario con proyecto. Dicha información se integra en el ANEXO 7.

Tabla 13. Análisis de los componentes abióticos al interior de la Región Ecológica y el Área Forestal del Proyecto (AFP)

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN (Ver ANEXO 7)
Abiótico	**Clima:** La RE y el AFP presentan un clima predominantemente muy árido, semicálido [BWh(x')], que ocupa el 94.36% y 99.16% de sus respectivas superficies, mientras que el 5.64% y 0.84% corresponde a un clima muy árido, cálido [BW(h')(x')]. La temperatura media anual es de aproximadamente 25.53 °C, con los valores más elevados entre mayo y agosto y los más bajos entre diciembre y febrero. La precipitación media anual es de 352.95 mm. Estas condiciones determinan un ambiente cálido y seco, con marcada estacionalidad de las lluvias. El periodo de sequía comprende la mayor parte del año, con excepción de julio, agosto y septiembre, meses en los que se concentra la temporada de lluvias.
Abiótico	**Fenómenos hidrometeorológicos:** La RE y el AFP presentan riesgo bajo de nevadas y riesgo medio por granizo y ciclones tropicales, de acuerdo con las condiciones de peligrosidad identificadas para la zona.
Abiótico	**Geología:** **RE**. Está constituida predominantemente por material aluvial, que ocupa el 88.10% de su superficie. En menor proporción se presentan rocas ígneas, principalmente granito, riolita, basalto y toba ácida, que en conjunto representan aproximadamente el 7.52%, mientras que las rocas sedimentarias ocupan el 4.33%. **AFP**. Presenta un predominio de depósitos de suelo aluvial, que ocupan el 79.61% de su superficie, seguidos por rocas ígneas extrusivas, principalmente riolita, con 17.60%, y en menor proporción rocas sedimentarias, representadas por caliza, con 2.79%. • De acuerdo con la información geológica de INEGI, no se identifican fallas ni fracturas dentro de la RE y AFP.
Abiótico	**Sismicidad:** La RE y el AFP se encuentran en su totalidad dentro de la Zona B, clasificada como de riesgo sísmico bajo, por lo que esta categoría comprende el 100% de sus respectivas superficies. La Zona B se caracteriza por presentar eventos sísmicos de menor frecuencia y/o aceleraciones del terreno que no superan el 70% de la aceleración de la gravedad.
Abiótico	**Inundaciones:** De acuerdo con la información proporcionada por el CENAPRED, la RE y el AFP se encuentran en su totalidad dentro de una zona con grado de riesgo por inundaciones medio, correspondiente al 100% de sus respectivas superficies.
Abiótico	**Fisiografía:** La RE y el AFP se encuentran completamente dentro de la provincia fisiográfica Llanura Sonorense y de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses.
Abiótico	**Topoformas:** **RE.** Predomina el sistema de topoformas de Bajada con lomerío, que ocupa el 93.23% de la superficie, mientras que las Sierras escarpadas complejas representan el 6.77%. **AFP.** Se identificó solo un sistema principal de topoformas, clasificado como Bajada con lomerío.
Abiótico	**Variables topográficas:** **RE.** El relieve presenta elevaciones de 125 a 750 msnm, con predominio de altitudes entre 125 y 300 msnm, que en conjunto abarcan el 85.27% de la superficie. Asimismo, predominan terrenos llanos a suavemente inclinados, con pendientes menores al 6%, que representan el 66.66% de la superficie; las pendientes mayores al 25% ocupan únicamente el 4.85%. En cuanto a la exposición, la orientación cenital es la más representativa, con 25.27%, mientras que las orientaciones sur, sureste y suroeste concentran en conjunto el 33.97%, favoreciendo una mayor incidencia de radiación solar. **AFP.** El relieve presenta elevaciones de 190 a 325 msnm, con predominio de altitudes entre 200 y 300 msnm, que en conjunto abarcan el 69.54% de la superficie. Asimismo, predominan terrenos llanos a inclinados, con pendientes menores al 13%, que representan el 94.06% de la superficie; las pendientes mayores al 25% ocupan únicamente el 0.71%. En cuanto a la exposición, la orientación cenital es la más representativa, con 25.64%, mientras que las orientaciones sur, sureste y suroeste concentran en conjunto el 36.80%, favoreciendo una mayor incidencia de radiación solar.
Abiótico	**Tipos y texturas de suelo:** **RE.** Predominan los Calcisoles, que representan el 50.77% de la superficie, seguidos por Vertisoles (15.65%) y Regosoles (10.30%). En menor proporción se encuentran Cambisoles, Leptosoles, Luvisoles y Planosoles. En cuanto a las clases texturales, predomina ampliamente la textura media, con 74.46% de la superficie, seguida de la textura fina (16.04%) y la textura gruesa (6.23%); el 3.27% restante corresponde a zonas urbanas, donde no se asigna una clase textural. En

CONSULTA PÚBLICA

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN (Ver ANEXO 7)
	conjunto, predominan suelos característicos de ambientes áridos, con variaciones en profundidad, contenido de arcilla, capacidad de retención de humedad y susceptibilidad a la erosión. **AFP.** Predominan los Calcisoles, que representan el 75.83% de la superficie del AFP, seguidos por Leptosoles (20.00%) y Regosoles (4.19%); además, los Regosoles y Cambisoles se presentan como grupos asociados en algunas unidades. En cuanto a las clases texturales, predomina ampliamente la textura media, con 92.13% de la superficie, caracterizada por una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, que favorece un buen drenaje y una retención moderada de agua. La textura gruesa representa el 7.88%, correspondiente a suelos arenosos con menor capacidad de retención de agua y nutrientes.
Abiótico	**Degradación del suelo:** • Según la Capa Vectorial de Degradación del Suelo en la República Mexicana (SEMARNAT, 2004) con escala 1:250,000: **RE.** Predomina la erosión hídrica con pérdida del suelo superficial en grado ligero, asociada a la deforestación y remoción de la vegetación, que representa el 48.19% de la superficie. La erosión eólica en grado moderado, relacionada con el sobrepastoreo y las actividades agrícolas, comprende en conjunto el 27.51%. Por su parte, la degradación física por pérdida de la función productiva representa el 16.93%, asociada principalmente a la urbanización y actividades industriales, con grados fuerte y extremo. El 7.37% restante corresponde a áreas sin datos. **AFP.** Predomina igualmente la erosión hídrica en grado ligero, asociada a la deforestación y remoción de la vegetación, con 72.93% de la superficie. El 27.07% restante presenta degradación física por pérdida de la función productiva, distribuida en grado fuerte por urbanización (6.93%) y grado extremo por actividades industriales (20.14%). En conjunto, los resultados muestran que la degradación del suelo en el AFP está dominada por procesos de erosión hídrica ligera y pérdida de la función productiva asociada a actividades antrópicas.
Abiótico	**Cálculo de erosión hídrica y eólica: (ANEXOS 8 y 9)** **RE.** La RE presenta un volumen de erosión de 57,118.747 Ton/año. El 86.03% de la RE presenta un nivel muy ligero, mientras que el 4.38% corresponde a erosión ligera y el 5.77% a erosión moderada. No se identificaron superficies con erosión alta o muy alta. Para el caso de la erosión eólica, la RE se clasifica sin erosión, con un volumen estimado de 18,273.953 Ton/año. **AFP.** En el escenario sin proyecto se estimó una erosión hídrica muy ligera, con un volumen de 27.022 Ton/año en una superficie de 26.999 ha. Bajo el escenario con proyecto, el volumen aumenta a 935.390 Ton/año, correspondiente a un incremento de 908.368 Ton/año respecto a las condiciones actuales, clasificada como moderada. En cuanto a la erosión eólica, el AFP presenta sin erosión tanto en el escenario actual como con proyecto; sin embargo, el volumen estimado pasa de 32.335 Ton/año a 215.567 Ton/año debido al cambio en la cobertura vegetal y los factores considerados en la estimación.
Abiótico	**Agua superficial** La RE y el AFP se localizan completamente en la Región Hidrológica Sonora Sur, dentro de la cuenca Río Bacoachi y la subcuenca Arroyo La Manga (RH09Eb). La red de drenaje de la RE presenta una longitud total de 826.272 km, predominando las corrientes de primer orden (51.67%). En el caso del AFP la longitud total es de 479.3 m contemplados por el 78.8% del orden 1. El total de las corrientes en ambas áreas son intermitentes y no se registran corrientes perennes. De acuerdo con la disponibilidad media anual de aguas superficiales (DOF, 2023), la RE y el AFP inciden únicamente en la cuenca Río Sonora 3, la cual presenta un déficit medio anual de 1.39 Mm^3, por lo que se requiere una gestión eficiente del recurso hídrico. En cuanto a la calidad del agua, no se identificaron sitios de monitoreo del RENAMECA dentro de las áreas para el periodo 2012–2026. En siete sitios cercanos, ubicados aproximadamente a 35.5 km en la presa El Molinito, se identificaron 3 sitios con buena calidad (semáforo verde), 2 con calidad media (semáforo amarillo) y 2 con mala calidad (semáforo rojo), lo que evidencia condiciones variables de calidad del agua en el entorno de la RE.
Abiótico	**Agua subterránea** El AFP se encuentra totalmente sobre el acuífero Costa de Hermosillo y la RE el 99.53% y en menor proporción, sobre Río Zanjón (0.47%). Ambos acuíferos presentan déficit en su disponibilidad media anual, de -24.16 hm^3/año y -74.25 hm^3/año, respectivamente, por lo que existe presión sobre el recurso hídrico subterráneo. Entre 2012 y 2025 se identificaron 5 sitios de monitoreo dentro de la RE y cercanos al AFP, correspondientes a pozos. Los cinco sitios presentan semáforo verde, lo que indica buena calidad del agua, apta para usos como abastecimiento potable y riego agrícola.
Abiótico	**Cálculo del balance hídrico (ANEXOS 10 y 11)** **RE.** El balance hídrico de la RE considera una precipitación media anual de 127,701,393.649 m^3/año (100%), de la cual 53,451,664.231 m^3/año (41.86%) corresponden a evapotranspiración real, 10,392,938.435 m^3/año (8.14%) a escurrimiento medio y 63,856,790.984 m^3/año (50.00%) a infiltración. Estos componentes representan la distribución del agua precipitada entre los principales procesos del balance hídrico.

CONSULTA PÚBLICA

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN (Ver ANEXO 7)
	AFP. En el escenario 1, correspondiente a la condición actual con vegetación de Mezquital xerófilo, se estima una precipitación de 95,292.971 m³/año (100%), de la cual 40,935.825 m³/año (42.96%) corresponde a evapotranspiración real, 7,778.063 m³/año (8.16%) a escurrimiento medio y 46,579.083 m³/año (48.88%) a infiltración. En el escenario 2, considerando la condición de sin vegetación aparente, la precipitación se mantiene en 95,292.971 m³/año (100%), mientras que la evapotranspiración disminuye a 29,239.875 m³/año (30.68%), el escurrimiento aumenta a 10,839.045 m³/año (11.37%) y la infiltración disminuye a 44,171.240 m³/año (46.36%). En comparación con el escenario 1, el cambio de cobertura vegetal representa una disminución de 2,407.843 m³/año (2.52%) en la infiltración y un incremento de 3,060.982 m³/año (3.21%) en el escurrimiento.
Abiótico	**Paisaje:** El análisis del paisaje de la RE muestra una Calidad Visual (CV) predominantemente media, mientras que la Fragilidad Visual (FV) es principalmente baja, representando el 91% de la superficie, lo que indica una alta capacidad del paisaje para absorber modificaciones sin presentar alteraciones visuales significativas. En cuanto a la Visibilidad (V), predominan las áreas poco visibles, con una menor proporción de superficies con mayor exposición visual. En conjunto, estos factores indican que la RE presenta una sensibilidad visual predominantemente baja a media.

III.5.1.3 Del componente Socioeconómico

El análisis socioeconómico permite caracterizar las condiciones demográficas, económicas, sociales y socioculturales de la población vinculada con el área de estudio. Se consideran aspectos relacionados con la distribución y estructura de la población, localidades, discapacidad, población indígena y afromexicana, educación, población económicamente activa, actividades económicas, acceso a servicios de salud, vivienda, marginación, desarrollo humano y factores socioculturales. Estos elementos permiten identificar las principales condiciones y necesidades de la población, así como los aspectos sociales y económicos relevantes para el análisis de la interacción con el Proyecto.

Tabla 14. Análisis de los componentes socio-económicos de la Región Ecológica

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN (ANEXO 12)
Socio-económico	**Municipio:** La RE tiene pretendida la ubicación en el municipio de Hermosillo, Sonora; ocupando el 100% de su superficie total.
Socio-económico	**Localidades:** se cuenta con un total de 27 **Urbanas.** 1 **Rurales.** 26
Socio-económico	**Población general:** El 99.98% de la población se encuentra en la localidad de Hermosillo **Total.** 936,404 habitantes de los cuales: **49.95% son Mujeres** **50.063% Hombres** En cuanto a la distribución por edad; el 24% corresponde a menores de edad, mientras que el 69% son personas adultas (dentro del porcentaje, el 7% pertenece al grupo de adultos mayores).
Socio-económico	**Población con discapacidad:** De la población total en el RE, el 4.8% (45,836 habitantes) presenta alguna discapacidad
Socio-económico	**Población indígena y afromexicana o afrodescendiente** Se cuenta con 20,506 personas indígenas, afromexicanas o afrodescendientes, lo que representa aproximadamente el 2.2% de la población total, respectivamente.
Socio-económico	**Analfabetismo y escolaridad** **Analfabetas:** alrededor de 168 personas (1.8% de la población total). **Niveles educativos alcanzados:** **Básica:** 38.4% **Media superior:** 26.5% **Superior:** 33.1%
Socio-económico	**Población económicamente activa (PEA) y actividades económicas** **PEA total:** 63.1% de la población, el cual **Hombres:** 57.9% **Mujeres:** 42.1% **Actividades económicas:** producción y crianza agrícola y ganadera, desarrollo industrial y comercio interior y exterior.
Socio-económico	**Afiliación a servicios de salud**

CONSULTA PÚBLICA

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN (ANEXO 12)
	De la población total del municipio de Hermosillo, el 81.9% cuenta con afiliación a algún servicio de salud **IMSS:** 67.9% **INSABI:** 12.3% **ISSSTE:** 16.2% **IMSS BINESTAR:** 0.4% **PEMEX, DEFENSA O MARINA:** 0.6% **INSTITUCIÓN PRIVADA:** 5.8% **OTRA:** 0.6%
Socio-económico	**Viviendas y hogares** Existen 278,550 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3.3 personas por vivienda. Disponen e servicios básicos como energía eléctrica, agua entubada y drenaje.
Socio-económico	**Marginación:** valor de 60.4, grado "Muy bajo"
Socio-económico	**Índice de desarrollo humano** "Muy Alto" con el valor de 0.817
Socio-económico	**Factores socioculturales** En el municipio habitan siete etnias originarias y una con asentamiento de poco más de un siglo, además se tienen grupos migrantes como los mixes, mixtecos, nahuas, triquis y zapotecos. En las tradiciones más conocidas del municipio se tiene: Feria del Cobre y Día de Muertos, La Danza del Venado y el Carnaval de Hermosillo. Además, se pueden encontrar centros turísticos y culturales como el Museo de las Culturas y la Catedral Metropolitana de Hermosillo, Museos, etc.

III.6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (CONDICIÓN AMBIENTAL ACTUAL DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DELIMITADA E INDICAR EL GRADO DE CONSERVACIÓN O DETERIORO DE ESTA)

El diagnóstico ambiental se realizó con el propósito de determinar la condición ambiental actual de la Región Ecológica (RE), el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP), considerando la interacción de los principales componentes bióticos, abióticos y paisajísticos presentes en el territorio. Para ello, se integraron nueve factores ambientales: diversidad de flora (Dflor), diversidad de fauna (Dfau), fragilidad visual (FV), riesgo o susceptibilidad a la erosión (Rero), hidrología subterránea (Hsub), características del patrón de drenaje superficial (Hsup), importancia ecológica (IE), protección del suelo (Prosue) y presencia de especies con algún estatus de protección (Spro).

La integración de estos factores se realizó mediante una evaluación multicriterio basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) de Saaty, asignando una ponderación relativa a cada factor de acuerdo con su importancia dentro de la condición ambiental del territorio. Los factores con mayor peso fueron Prosue (0.253), Rero (0.204) e IE (0.193), que en conjunto representan el 65.0% de la ponderación total. Estos factores reflejan principalmente las condiciones de protección del suelo, susceptibilidad a la erosión e importancia ecológica del territorio. Los factores restantes complementan la evaluación incorporando aspectos relacionados con biodiversidad, fragilidad del paisaje, hidrología superficial y subterránea y presencia de especies con estatus de protección.

El desarrollo detallado de la metodología, los criterios de valoración, la caracterización de los factores ambientales, los resultados de cada uno de los componentes evaluados y la representación cartográfica de la Calidad Ambiental se presenta en el Anexo 13. Diagnóstico ambiental detallado de la Región Ecológica (RE), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP), el cual forma parte integral de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

III.6.1 CONDICIÓN AMBIENTAL ACTUAL Y GRADO DE CONSERVACIÓN

Los resultados muestran que el proyecto se inserta en un territorio cuya condición ambiental actual es predominantemente Media, sin que la superficie directamente asociada con el proyecto presente áreas clasificadas como de Calidad Ambiental Baja. La mayor parte de las áreas de mayor calidad ambiental se localiza fuera del AP, particularmente dentro de la RE.

Esta condición se relaciona con la presencia predominante de coberturas vegetales que mantienen una función de protección del suelo y proporcionan condiciones adecuadas para el establecimiento de hábitat y el mantenimiento de procesos ecológicos. Asimismo, se identifican condiciones de relieve y drenaje que, en términos generales, favorecen una baja disectación del terreno y una dinámica hidrológica relativamente estable. La presencia de sectores con menor intervención y mayor continuidad de la vegetación contribuye a mantener condiciones ambientales favorables, mientras que las áreas con mayor transformación del territorio presentan una condición ambiental comparativamente menor.

En el caso del AP, la predominancia de una condición Media refleja un territorio que conserva atributos naturales y capacidad para mantener parte de sus funciones ecológicas, pero que no presenta de manera generalizada las características necesarias para ser considerado de Calidad Ambiental Alta. La ausencia de superficies clasificadas como de Calidad Ambiental Baja indica, por otra parte, que dentro del área directamente asociada con el proyecto no se concentran condiciones ambientales particularmente desfavorables bajo el esquema de valoración empleado.

En términos generales, el grado de conservación del territorio puede considerarse Medio, con sectores que presentan condiciones medias a favorables. Esta condición responde a la coexistencia de áreas con vegetación y características naturales que permanecen funcionales con sectores donde existen diferentes grados de transformación. Por ello, la conservación de la cobertura vegetal existente, la protección del suelo y el mantenimiento de las condiciones naturales de escurrimiento constituyen elementos relevantes para evitar una disminución de la calidad ambiental actual durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 15. Distribución de la Calidad Ambiental y grado de conservación en la RE, AI y AP

ÁREA DE ANÁLISIS	CALIDAD BAJA	CALIDAD MEDIA	CALIDAD ALTA	CONDICIÓN AMBIENTAL PREDOMINANTE	GRADO DE CONSERVACIÓN
RE	1.90%	69.40%	28.70%	Media	Medio
AI	0.40%	88.70%	11.00%	Media	Medio
AP	0.00%	91.00%	9.00%	Media	Medio

III.7 PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

A partir de la caracterización ambiental y de los resultados del diagnóstico, se identificaron las principales problemáticas y presiones ambientales presentes en la Región Ecológica (RE). Estas condiciones son preexistentes al proyecto y presentan una distribución heterogénea, concentrándose en los sectores con mayor influencia de actividades agropecuarias, asentamientos humanos, vialidades e infraestructura.

CONSULTA PÚBLICA

III.7.1 PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS

III.7.1.1 Transformación y fragmentación de la cobertura vegetal y del hábitat

La transformación de la cobertura vegetal y la fragmentación del hábitat constituyen una de las principales presiones ambientales de la RE. Si bien predominan las coberturas de vegetación natural, principalmente Mezquital Xerófilo, existen superficies modificadas por actividades productivas, caminos, carreteras, infraestructura y asentamientos humanos.

Estas modificaciones generan discontinuidades en la vegetación y pueden reducir localmente la continuidad funcional del hábitat. La presión es mayor en las zonas donde las áreas naturales entran en contacto con superficies urbanizadas o infraestructura vial.

III.7.1.2 Presión por actividades ganaderas y sobrepastoreo

La actividad ganadera y el sobrepastoreo representan una presión sobre la vegetación y el suelo, debido a que pueden modificar la composición del estrato herbáceo, limitar la regeneración natural y favorecer la compactación y reducción de la cobertura vegetal.

En ambientes áridos, donde la recuperación de la vegetación puede ser lenta, estas condiciones pueden incrementar la exposición del suelo y favorecer procesos erosivos, particularmente en los sectores con mayor intensidad de aprovechamiento.

III.7.1.3 Presencia de especies exóticas

Se identificó la presencia de especies exóticas tanto en la vegetación como en la fauna. Entre ellas destacan Cenchrus ciliaris en flora, así como Passer domesticus y Streptopelia decaocto en fauna.

Aunque estas especies representan una proporción reducida de la riqueza registrada, su presencia se relaciona principalmente con ambientes modificados y constituye un indicador de influencia antrópica en determinados sectores de la RE.

III.7.1.4 Degradación del suelo y susceptibilidad a procesos erosivos

La degradación del suelo y su susceptibilidad a la erosión representan una problemática asociada principalmente con la disminución de la cobertura vegetal y las actividades agropecuarias y urbanas.
Los procesos erosivos identificados son predominantemente de baja intensidad; sin embargo, existen sectores con condiciones de mayor susceptibilidad. La conservación de la cobertura vegetal constituye, por tanto, un elemento importante para mantener la protección y estabilidad del suelo.

III.7.1.5 Presión sobre la disponibilidad de los recursos hídricos

La disponibilidad limitada de agua constituye una condición de presión regional. La RE se encuentra asociada principalmente con el acuífero Costa de Hermosillo, además de una pequeña proporción del acuífero Río Zanjón, ambos con condiciones deficitarias de disponibilidad media anual.

CONSULTA PÚBLICA

III.7.1.6 Presencia y dispersión localizada de residuos sólidos

Se identificó presencia y dispersión localizada de residuos sólidos principalmente hacia el sector norte de la RE, en las inmediaciones de la carretera asociada con el tránsito hacia el sitio de disposición de residuos, y hacia el sector sur, en la zona de colindancia con la ciudad.

Esta problemática constituye una presión puntual sobre el suelo, la vegetación, la fauna y la calidad visual del paisaje, particularmente en las zonas con mayor influencia humana.

III.7.1.7 Presiones ambientales asociadas a la interfaz urbano-rural

La interfaz urbano-rural concentra varias de las presiones anteriormente descritas, debido a la interacción entre áreas naturales, asentamientos humanos, infraestructura, tránsito vehicular y actividades productivas.

En estos sectores se presenta una mayor modificación de la cobertura vegetal, fragmentación del hábitat y presencia de residuos, por lo que constituyen zonas con mayor influencia antrópica dentro de la RE.

III.7.1.8 Presiones sobre la calidad y continuidad del paisaje

Aunque la RE presenta una fragilidad visual predominantemente baja y una capacidad importante para absorber modificaciones también existen alteraciones localizadas asociadas con vialidades, infraestructura, asentamientos y superficies transformadas.

Estas condiciones modifican puntualmente la continuidad y percepción del paisaje, principalmente en los sectores con mayor concentración de elementos antrópicos.

III.7.2 INTEGRACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES

En conjunto, las principales problemáticas ambientales de la RE corresponden a la transformación y fragmentación de la cobertura vegetal y del hábitat, presión ganadera, presencia de especies exóticas, degradación y susceptibilidad del suelo a la erosión, presión sobre la disponibilidad de agua y presencia localizada de residuos sólidos. Estas condiciones se concentran principalmente en sectores con mayor influencia humana y no se distribuyen de manera uniforme en el territorio.
A pesar de estas presiones, la RE conserva una superficie importante de vegetación natural y mantiene condiciones que permiten la continuidad de procesos ecológicos. Por ello, el territorio presenta un mosaico de condiciones ambientales, con sectores de mayor conservación y otros sujetos a diferentes grados de transformación.

En este contexto, el desarrollo del proyecto deberá evitar el incremento innecesario de las presiones existentes, mediante la delimitación de las áreas de intervención, la reducción de la remoción de vegetación, la prevención de procesos erosivos, el mantenimiento de las condiciones naturales de escurrimiento y el manejo adecuado de los residuos, procurando conservar las áreas naturales que actualmente presentan mejores condiciones ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

III.8 REPORTE GENERAL DE INCIDENCIAS DEL PROYECTO Y SU AI

El Área del Proyecto (AP) comprende una superficie total de 29.593 ha, mientras que su Área de Influencia (AP) tiene una superficie de 1973.18 ha, por lo que el AP representa el 1.5% de la superficie total de su AI.
En la siguiente tabla se presenta el reporte general de las incidencias del proyecto y su área de influencia con los Usos del suelo y Vegetación, Áreas de importancia ambiental, Corrientes, cuerpos de agua ecosistemas relevantes o algún otro elemento ambiental importante.

Tabla 16. Reporte General de Incidencias del Proyecto

INCIDENCIA		ELEMENTO DEL PROYECTO QUE INCIDE	SUPERFICIE DE INCIDENCIA	% DE INCIDENCIA RESPECTO DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL PROYECTO
Uso de Suelo y Vegetación		De acuerdo con la cartografía del INEGI y la información corroborada en campo, el área del proyecto presenta una cobertura forestal que corresponde a Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Mientras en el AI se cuenta con 2 coberturas forestales; MKX y VSa/MKX, es decir, la vegetación de mezquital Xerófilo se encuentra diferenciado por sus fases sucesionales; primaria y secundaria.	En el AP la superficie forestal es de 26.999 ha. En el AI la superficie forestal es de 1,812.862 ha.	En el AP la superficie forestal representa 91.23%. En el AI la superficie forestal representa 91.87%.
Áreas de importancia ambiental	Área Natural Protegida Estatal y Federal	El Proyecto y su AI no se encuentran dentro de alguna Área Natural Protegida Estatal y Federal	0.0	0.0
	Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	El Proyecto y su AI no se encuentran dentro de ninguna RHP	0.0	0.0
	Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	El Proyecto y su AI no inciden de manera directa sobre una RTP	0.0	0.0
	Áreas De Importancia Para La Conservación De Las Aves (AICA)	El Proyecto y su AI no inciden de manera directa sobre una AICA	0.0	0.0
	Humedales De Importancia Internacional (SITIOS RAMSAR)	El área del Proyecto y su AI no tienen interferencia con ningún sitio RAMSAR	0.0	0.0
	Sitios Prioritarios Terrestre (SPT) Para La Conservación De La Biodiversidad	El área del Proyecto y su AI no se encuentran dentro de ningún SPT	0.0	0.0
	Unidades De Manejo Para La Conservación De La Vida Silvestre (UMA)	Si bien la cartografía de las UMAs señala que el proyecto interviene en la UMA San Antonio (clave DFYFS-CR-EX-0094-SON), durante las actividades de campo se verificó que el proyecto no incide físicamente en dicha área, la cual se encuentra debidamente delimitada mediante un cerco perimetral. No obstante, en el área de influencia si tiene mayor interferencia sobre la UMA "San	La superficie de incidencia de la UMA "San Antonio" y la UMA "La Caridad" en el AI son; 563.797ha y 39.83.5 ha respectivamente.	El porcentaje de representación de la UMA "San Antonio" y la UMA "La Caridad" en el AI son; 28.57% y 2.02% respectivamente.

CONSULTA PÚBLICA

INCIDENCIA		ELEMENTO DEL PROYECTO QUE INCIDE	SUPERFICIE DE INCIDENCIA	% DE INCIDENCIA RESPECTO DE LA SUPERFICIE TOTAL DEL PROYECTO
		Antonio" y la UMA "La Caridad" (Véase mapas en el ANEXO 4)		
Corrientes y cuerpos de agua		En el AP y su AI se identificaron corrientes de tipo intermitente, en cuanto a cuerpos de agua no se idéntico ninguno en las áreas de estudio	En el AI se tiene una longitud total de 46.58 km de corrientes siendo las más representativas las de 1er, 2do y 3er orden. En el AP, la longitud total de los escurrimientos es de 479.34 m, destacando las corrientes de 1er orden	No aplica
Ecosistemas relevantes		No se identificó ningún ecosistema relevante en las áreas del proyecto y su Área de Influencia, como manglar o bosque mesófilo.	0.0	0.0
Otro (especificar)		No se identificó Ningún componente adicional relevante	0.0	0.0

CONSULTA PÚBLICA

Capítulo IV

CONTENIDO

IV . IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN 1
IV.1 METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 1
IV.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA 1
IV.1.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS 2
IV.1.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES 3
IV.2 IMPACTOS AMBIENTALES EXISTENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 5
IV.3 DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO 5
IV.4 MEDIDAS A IMPLEMENTAR DURANTE CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO 11
IV.4.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN 11
IV.4.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN 15
IV.5 RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES 18
IV.5.1 IMPACTOS SIGNIFICATIVOS 18
IV.5.2 IMPACTOS ACUMULATIVOS 19
IV.5.3 IMPACTOS SINÉRGICOS 20
IV.5.4 IMPACTOS RESIDUALES 20
IV.6 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LA EXTENSIÓN E INTENSIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 21
IV.7 CONCLUSIONES 25

CONSULTA PÚBLICA

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1 METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

IV.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales asociados al Proyecto se realizó mediante la metodología de Conesa, adaptada a las características particulares de un proyecto del sector eléctrico y a la información disponible para el área de estudio. Este método fue seleccionado debido a que permite efectuar una valoración sistemática y semicuantitativa de las interacciones entre las acciones del Proyecto y los componentes del medio, incorporando atributos relacionados con la naturaleza, intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y demás características relevantes de los impactos identificados.

La aplicación de este método permite mantener trazabilidad entre las características de cada interacción ambiental y el valor de importancia obtenido, facilitando la comparación de impactos y la identificación de aquellos que requieren mayor atención durante el diseño de las medidas de prevención, mitigación, restauración o compensación. La metodología se aplicó de manera homogénea a las diferentes etapas y actividades del Proyecto, evitando que la valoración dependiera exclusivamente de apreciaciones cualitativas.

Asimismo, el empleo de matrices permite integrar las características particulares del área donde se desarrollará el Proyecto y diferenciar los impactos de acuerdo con el componente ambiental afectado, su etapa de ocurrencia y la naturaleza de la interacción.

Por lo anterior, esta metodología proporciona una base técnica para la posterior caracterización y valoración de la importancia de los impactos ambientales, permitiendo establecer su naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad, así como definir las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación necesarias para reducir los efectos adversos derivados del desarrollo del Proyecto.

En conjunto, el procedimiento descrito permite establecer una relación trazable entre las acciones del Proyecto, las condiciones ambientales determinadas, los impactos potenciales identificados, su comportamiento previsto y su nivel de significancia, proporcionando la base técnica para la posterior definición y priorización de las medidas de prevención, mitigación, restauración y, cuando corresponda, compensación ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

IV.1.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS

La evaluación se desarrolló mediante una secuencia de cinco etapas principales, que a continuación se describen:

1. Identificación de las acciones del Proyecto

Como punto de partida se analizaron las características técnicas del Proyecto y se identificaron las principales obras y actividades susceptibles de producir modificaciones sobre el medio ambiente durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Para ello se consideraron, entre otras, las actividades relacionadas con el desmonte y despalme, apertura y acondicionamiento de áreas de trabajo, excavaciones y cimentaciones, instalación de torres autosoportadas, tendido de conductores, circulación y operación de vehículos y maquinaria, generación de residuos, así como las actividades posteriores de inspección y mantenimiento de la línea de transmisión.

2. Identificación de los componentes y factores ambientales

Posteriormente, se determinaron los componentes del medio susceptibles de ser afectados por las obras y actividades del Proyecto, considerando los resultados de la caracterización ambiental del área de estudio. El análisis incluyó factores del medio abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico, tales como aire, agua, suelo, paisaje, vegetación, fauna y aspectos socioeconómicos.

3. Elaboración de la matriz simple de causa-efecto

Una vez identificadas las actividades y los factores ambientales, se elaboró una matriz de causa-efecto, mediante la cual se relacionaron directamente las acciones del Proyecto con los componentes ambientales susceptibles de afectación. Esta herramienta permitió determinar cuáles actividades presentan una interacción efectiva con cada factor ambiental y distinguir aquellas relaciones que podrían originar impactos positivos o negativos. Asimismo, facilitó la identificación de las actividades con mayor capacidad de generar modificaciones ambientales.

4. Valoración de los impactos ambientales

La valoración se realizó mediante los criterios establecidos en la matriz de evaluación del Proyecto, siguiendo la estructura metodológica adoptada del método de Conesa. Para cada interacción identificada se determinaron los atributos correspondientes y, mediante su integración, se obtuvo un valor de importancia del impacto, expresado en una escala comprendida entre -100 y +100.

El signo del valor representa la naturaleza del impacto: los valores negativos corresponden a impactos adversos o perjudiciales, mientras que los valores positivos corresponden a impactos benéficos.
Para determinar el nivel de significancia se considera la magnitud o valor absoluto del resultado de la valoración, mientras que el signo conserva exclusivamente la información relativa a su naturaleza. En consecuencia, impactos con una magnitud equivalente pueden pertenecer al mismo intervalo de importancia, aunque su clasificación nominal difiera dependiendo de si sus efectos son adversos o benéficos.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

CONSULTA PÚBLICA

IV.1.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES

En la metodología de Conesa, el carácter acumulativo se determina mediante el atributo Acumulación (AC), el cual evalúa el incremento progresivo de la manifestación de un efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Tabla 1. Valoración de los impactos de acuerdo con el criterio de acumulación

ACUMULACIÓN (AC)	VALOR	INTERPRETACIÓN
Simple	1	El efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental y no induce consecuencias acumulativas ni incrementa progresivamente su magnitud.
Acumulativo	4	La acción incrementa progresivamente la manifestación del efecto cuando persiste o se reitera en el tiempo.

Para la determinación, se consideró como base la Matriz de importancia, posteriormente se continuó con el siguiente proceso:

1. Selección mediante el criterio de Acumulación (AC): Se revisó la valoración asignada al atributo **Acumulación**, seleccionando inicialmente aquellos impactos que obtuvieron un valor de **AC = 4.**
2. Selección de impactos adversos ambientalmente relevantes: de los impactos con AC = 4 se priorizaron aquellos de naturaleza negativa que, por su magnitud, persistencia, extensión o relación funcional con otros componentes ambientales, presentan capacidad para contribuir a procesos de deterioro ambiental existentes.
3. Identificación de presiones y actividades preexistentes: Se analizaron las principales obras y actividades existentes o en desarrollo dentro del ámbito regional.
4. Correspondencia entre impactos: Para cada impacto seleccionado se determinó si las actividades preexistentes producen una afectación sobre el mismo factor ambiental o sobre procesos ecológicos directamente relacionados.
5. Evaluación de la expresión acumulativa: se determinó si la incorporación del Proyecto puede producir un incremento progresivo o adicional de una alteración ya presente en el territorio.

De manera operativa, se consideró que un impacto presenta **relevancia acumulativa** cuando cumple juntamente con los siguientes elementos:



La utilización del criterio Acumulación (AC) de Conesa Fernández-Vítora como filtro inicial, seguida de un análisis territorial de las actividades preexistentes, permite evitar que la determinación de impactos acumulativos se limite únicamente al resultado numérico de la matriz. Este enfoque resulta particularmente pertinente para una Línea de Transmisión, debido a que los principales efectos acumulativos no necesariamente derivan de la magnitud aislada del Proyecto, sino de su incorporación a un territorio que ya presenta modificaciones por infraestructura y actividades antrópicas.

CONSULTA PÚBLICA

Para los impactos Sinérgicos se consideró un proceso similar descrito anteriormente, en este caso se consideró el criterio Sinergia (SI).

Tabla 2. Valoración de los impactos de acuerdo con el criterio de Sinergia

SINERGIA (SI)	VALOR	INTERPRETACIÓN
Sin sinergismo	1	El efecto no presenta reforzamiento por la concurrencia de otras acciones o impactos.
Sinérgico	2	La concurrencia de dos o más efectos produce un reforzamiento de la alteración ambiental.
Muy sinérgico	4	Existe un reforzamiento significativo de los efectos, cuya manifestación conjunta incrementa sustancialmente la alteración.

1. Los impactos con **SI = 2** y **SI = 4** fueron seleccionados inicialmente de la Matriz de Importancia.
2. Selección de impactos adversos ambientalmente relevantes.
3. Identificación de las relaciones causa-efecto: Para cada impacto se analizaron los mecanismos mediante los cuales una alteración puede favorecer, intensificar o reforzar otra. Este análisis resulta particularmente importante en los componentes vegetación-suelo-agua-fauna, debido a la interdependencia existente entre sus procesos ecológicos.
4. Incorporación de las condiciones preexistentes.
5. Determinación del efecto sinérgico: se consideró que existe relevancia sinérgica cuando la concurrencia de dos o más alteraciones puede provocar una respuesta ambiental de mayor intensidad que aquella que producirían independientemente.



Para la determinación de impactos residuales, se consideraron los resultados de la evaluación mediante la metodología de Conesa Fernández-Vítora, prestando especial atención a los atributos de **Persistencia (PE), Reversibilidad (RV) y Recuperabilidad (MC)**, así como a la naturaleza y magnitud de la modificación ambiental. Posteriormente, se incorporó la capacidad de las medidas ambientales propuestas para prevenir, reducir o recuperar el componente afectado.



En el **Anexo 26** se integra la metodología completa utilizada para la evaluación de impactos ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

IV.2 IMPACTOS AMBIENTALES EXISTENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

Tabla 3. Impactos ambientales identificados en la RE

PRINCIPALES OBRAS Y/O ACTIVIDADES QUE ACTUALMENTE SE DESARROLLAN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA, QUE SE RELACIONAN CON EL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL IMPACTADO	IMPACTO AMBIENTAL	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO (INDICAR TIPO, DURACIÓN, EXTENSIÓN, INTENSIDAD Y EFECTOS)
Caminos, brechas y accesos existentes	Paisaje	Fragmentación y modificación del hábitat	**Negativo; largo plazo; extensión parcial; intensidad baja a media.** La presencia de caminos y brechas genera discontinuidades en la cobertura vegetal y modifica localmente el hábitat. Este efecto puede interactuar de manera acumulativa con la apertura y mantenimiento del derecho de vía de la línea de transmisión.
Desarrollo urbano, industrial e infraestructura periférica de Hermosillo	Paisaje	Pérdida y transformación del hábitat	**Negativo; permanente; extensión extensa; intensidad media.** La expansión de infraestructura y actividades humanas provoca la sustitución progresiva de vegetación natural y secundaria, reduciendo la superficie disponible como hábitat para flora y fauna. El CUSTF del Proyecto representa una contribución adicional que deberá evaluarse en términos acumulativos
	Flora y Fauna	Reducción de la conectividad ecológica	**Negativo; largo plazo; extensión parcial; intensidad media.** La reducción de cobertura vegetal afecta funciones como protección del suelo, infiltración, captura de carbono, regulación microclimática y provisión de hábitat. El Proyecto contribuirá a este efecto mediante la intervención de vegetación secundaria arbustiva de matorral xerófilo.
	Fauna	Perturbación y desplazamiento de fauna	**Negativo; largo plazo; extensión parcial; intensidad media.** Durante la construcción, el ruido, maquinaria y presencia humana generan desplazamiento temporal de fauna. Durante la operación, el tránsito vehicular constituye una fuente permanente de perturbación.
Infraestructura eléctrica existente	Paisaje	Afectación a la calidad del Paisaje	**Negativo; permanente; extensión parcial; intensidad baja.** La presencia permanente de las estructuras y el mantenimiento del derecho de vía impiden recuperar completamente las condiciones naturales de la región.
	Flora	Disminución de la cobertura vegetal	**Negativo; permanente; extensión puntual; intensidad baja.** La presencia permanente de las estructuras impide el desarrollo de vegetación en las áreas en dónde se localizan las torres.

IV.3 DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

Mediante la Matriz de identificación de Impactos del Proyecto, se identificaron **23 impactos**, con **134 interacciones** a lo largo de la vida útil del proyecto, desde la etapa de preparación de sitio hasta la etapa de Operación y Mantenimiento. Las interacciones se distribuyen en **103 adversas** y **31 interacciones benéficas**.

En el **Anexo 27** se presenta la matriz causa-efecto y la matriz de importancia completa. A continuación, se presentan exclusivamente aquellos componentes que resultaron con un nivel de importancia **moderado** y **alto**.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 4. Matriz de importancia de impactos ambientales del Proyecto

ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTOR	SUBFACTOR	IMPACTO	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO											CATEGORÍA
					NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULATIVO	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
PREPARACIÓN DEL SITIO	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ESTUDIO GEOTÉCNICO	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	4	1	1	2	2	1	1	1	1	4	-27	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Agua	Cantidad	Disminución de la infiltración	–	2	1	4	1	1	1	1	4	4	4	-28	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Atmósfera	Calidad	Incremento de la emisión y levantamiento de material particulado (Polvo)	–	2	1	4	4	4	2	4	4	2	4	-36	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Suelo	Cantidad	Aumento de la tasa de erosión	–	4	4	4	4	1	4	1	4	1	4	-43	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Suelo	Calidad	Compactación del suelo	–	2	1	4	4	4	2	4	1	1	4	-32	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Flora	Superficie forestal	Disminución de la cobertura vegetal	–	8	4	4	4	4	4	4	4	1	4	-61	Alto
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Flora	Superficie forestal	Disminución de la diversidad florística	–	4	1	4	4	4	2	4	4	1	4	-41	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Fauna	Conectividad	Fragmentación y/o pérdida del hábitat	–	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	-50	Alto
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Fauna	Superficie forestal	Reducción de las fuentes de alimento	–	2	4	4	4	4	1	4	4	4	4	-43	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Paisaje	Calidad	Modificación de la calidad escénica	–	4	1	4	4	4	1	4	1	4	4	-40	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Servicios ambientales	Cobertura forestal	Pérdida de la capacidad de captura de carbono	–	2	1	4	4	4	1	4	1	4	4	-34	Moderado
PREPARACIÓN DEL SITIO	DESMONTE Y DESPALME	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado

CONSULTA PÚBLICA

ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTOR	SUBFACTOR	IMPACTO	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO												CATEGORÍA
					NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULATIVO	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Atmósfera	Calidad	Incremento de la emisión y levantamiento de material particulado (Polvo)	–	2	1	4	4	4	2	4	4	2	4	-36	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Suelo	Cantidad	Aumento de la tasa de erosión	–	4	2	4	1	1	2	1	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Fauna	Conectividad	Fragmentación y/o pérdida del hábitat	–	2	2	2	2	4	2	4	4	4	4	-36	Moderado
CONSTRUCCIÓN	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO Y ANCLAJE	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Agua	Cantidad	Disminución de la infiltración	–	2	1	4	1	1	1	1	4	4	4	-28	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Suelo	Calidad	Compactación del suelo	–	2	1	4	4	4	2	4	1	1	4	-32	Moderado
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado

CONSULTA PÚBLICA

ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTOR	SUBFACTOR	IMPACTO	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO												CATEGORÍA
					NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULATIVO	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
CONSTRUCCIÓN	COLOCACIÓN DE CONCRETO EN CIMENTACIONES DE TORRES	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Agua	Cantidad	Disminución de la infiltración	–	2	1	4	1	1	1	1	4	4	4	-28	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Suelo	Cantidad	Aumento de la tasa de erosión	–	2	2	4	1	1	2	1	4	1	4	-28	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Suelo	Calidad	Compactación del suelo	–	2	1	4	4	4	2	4	1	1	4	-32	Moderado
CONSTRUCCIÓN	RELLENO Y COMPACTADO DE CIMENTACIONES	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Paisaje	Calidad	Modificación de la calidad escénica	–	2	1	4	4	4	1	4	1	4	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	MONTAJE Y ARMADO DE ESTRUCTURAS	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado

CONSULTA PÚBLICA

ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTOR	SUBFACTOR	IMPACTO	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO												CATEGORÍA
					NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULATIVO	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	VESTIDO DE ESTRUCTURAS	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	–	2	1	4	1	1	1	1	4	2	4	-26	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	2	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-34	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	TENDIDO Y TENSADO DEL CABLE CONDUCTOR Y DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE TIERRA	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	1	1	4	4	4	1	4	4	1	4	-31	Moderado
CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE TIERRA	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE TIERRA	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	2	2	2	4	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE TIERRA	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE TIERRA	Población	Servicios	Provisión de servicio eléctrico	+	4	2	2	4		1	4	4	4		35	Moderado
CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS PREOPERATIVAS	Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	–	1	1	4	4	4	1	4	4	1	2	-29	Moderado
CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS PREOPERATIVAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS PREOPERATIVAS	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP	–	2	1	4	1	1	1	1	4	1	4	-25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS PREOPERATIVAS	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
CONSTRUCCIÓN	PRUEBAS PREOPERATIVAS	Población	Servicios	Provisión de servicio eléctrico	+	4	2	2	4		1	4	4	4		35	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN CONTINUA	Suelo	Cantidad	Aumento de la tasa de erosión	–	2	2	4	1	1	2	1	4	1	4	-28	Moderado

CONSULTA PÚBLICA

ETAPA DEL PROYECTO	OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTOR	SUBFACTOR	IMPACTO	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO												CATEGORÍA
					NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULATIVO	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN CONTINUA	Fauna	Avifauna	Riesgo de colisión de la avifauna	–	2	1	4	4	4	1	4	1	1	4	-31	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN CONTINUA	Fauna	Avifauna	Riesgo de electrocución de la avifauna	–	2	1	4	4	4	2	4	1	1	4	-32	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN CONTINUA	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN CONTINUA	Población	Servicios	Provisión de servicio eléctrico	+	4	2	2	4		1	4	4	4		35	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME	–	1	2	4	2	2	1	4	4	1	2	-27	Moderado
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	2	2	2	2		2	4	4	1		25	Moderado

CONSULTA PÚBLICA

IV.4 MEDIDASA IMPLEMENTAR DURANTE CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO

IV.4.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Tabla 5. Medidas de prevención para cada factor ambiental

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
FLORA	Pérdida de cobertura vegetal	P1	**Delimitación y balizamiento:** Realizar el estacado y marcaje perimetral del área de intervención mediante GPS de precisión, asegurando que la remoción se circunscriba estrictamente al polígono de las 26.999 ha.	- Registro de capacitación - Bitácoras de supervisión ambiental. - Memoria fotográfica del balizamiento.	Suspensión de actividades y replanteo de límites en área de CUSTF	Durante las etapas de preparación de sitio.	100 % de la superficie de intervención delimitada físicamente antes del inicio de obra.
	Pérdida de cobertura vegetal Disminución de la diversidad floristica	P2	**Control estricto de desmonte:** Ejecutar la remoción de vegetación de manera dirigida, registrando avances diarios en bitácora para garantizar que no se excedan las densidades de remoción autorizadas.	- Informe de seguimiento del avance de desmonte. -Bitácoras de control. -Memoria Fotográfica	Restauración inmediata de áreas afectadas fuera del polígono autorizado	Durante la etapa de preparación de sitio. Actividades: Desmonte y despalme,	Cero reportes de afectación a vegetación fuera de los límites autorizados.
	Disminución de la diversidad floristica	P3	**Restricción de colecta y manejo de flora:** Prohibir estrictamente la extracción por personal no autorizado. Solo se permitirá la manipulación de especies para rescate y reubicación por especialistas.	-Bitácoras de control. -Memoria Fotográfica - Listado de asistencia a capacitación ambiental.	Sanciones administrativas internas y restitución de ejemplares dañados.	Durante la etapa de preparación de sitio. Actividades: Desmonte y despalme,	Cero incidentes detectados de colecta ilegal o daños a especies silvestres.
	Disminución de la cobertura vegetal Reducción del hábitat, y de las fuentes de alimento	P4	**Remoción selectiva de estratos**: Conservar el estrato herbáceo, tocones y arbustos de talla menor en áreas que no interfieran con la obra civil, con el fin de mantener el banco de semillas y prevenir la erosión eólica.	-Informe de supervisión ambiental. -Bitácoras de control. - Memoria fotográfica del estrato remanente	Ajuste inmediato del método de desmonte y supervisión directa en campo.	Durante la etapa de preparación de sitio. Actividades: Desmonte y despalme,	Nula remoción o afectación de la vegetación de bajo porte en áreas de amortiguamiento.
	Riesgo de incendios y degradación del ecosistema.	P5	**Señalización preventiva y prohibitiva:** Instalar letreros informativos y preventivos en puntos estratégicos sobre la protección de la flora y la prevención de incendios forestales en zonas críticas.	-Inventario de señalética instalada. - Memoria fotográfica de los carteles. - Bitácoras de mantenimiento.	Reinstalación de carteles dañados y refuerzo de pláticas preventivas.	Durante la etapa de preparación de sitio. Actividades: Desmonte y despalme,	Presencia de señalética visible y en buen estado en el 100 % de los frentes activos.
FAUNA	Disminución de la diversidad faunística	P6	Ejecución **del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna (ANEXO 30).** • Se rescatarán las especies faunísticas que puedan encontrarse en el área	-Bitácoras de rescate y reubicación -Memoria Fotográfica -Informes	Proveer atención y cuidados veterinarios con la finalidad de asegurar la estabilidad del ejemplar, y posteriormente	Antes y durante la etapa de preparación de sitio (indispensable para liberación de	Nula presencia de individuos de fauna silvestre durante el desmonte.

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
			del proyecto, dándole prioridad a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que sean de lento desplazamiento. • Se desalojarán madrigueras que puedan encontrarse en el área del proyecto.		reubicarlo en un hábitat similar	frentes)	
	Disminución de la diversidad faunística	P7	**Capacitación específica en manejo de fauna**: Impartir talleres de sensibilización para evitar el hostigamiento, captura o alimentación de la fauna silvestre por parte de los trabajadores.	- Bitácoras de supervisión ambiental -Memoria Fotográfica - Listado de asistencia a capacitación ambiental.	Refuerzo inmediato de pláticas de concientización y sanciones administrativas por incumplimiento de protocolos de protección.	Los primeros días de las etapas de preparación de sitio y construcción.	100 % del personal operativo instruido en protocolos de interacción nula con fauna silvestre.
	Reducción del hábitat, y de las fuentes de alimento	P8	**Respeto a zonas de amortiguamiento:** Garantizar la integridad física de los refugios y microhábitats localizados en áreas colindantes, evitando cualquier afectación fuera del polígono autorizado.	- Informes de recorridos diarios de inspección. -Bitácoras de control ambiental -Memoria Fotográfica	Restauración de microhábitats afectados y compensación mediante enriquecimiento forestal en áreas aledañas.	Etapas de preparación de sitio y construcción.	No se afectarán zonas fuera del área de proyetco. Nula afectación de individuos de fauna silvestre.
	Disminución de la diversidad faunística	P9	**Prohibición de extracción de fauna silbvestre:** Prohibir la extracción de cualquier ejemplar de fauna del sitio. Solo especialistas autorizados podrán realizar traslados hacia sitios de reubicación previamente validados.	- Reportes de vigilancia ambiental -Memoria Fotográfica -Registro de capacitación de los empleados.	Liberación de individuos retenidos, sanciones legales y reforzamiento de la vigilancia en frentes de trabajo	Etapas de preparación de sitio y construcción.	Ausencia total de actos de extracción ilegal o maltrato de fauna silvestre en el proyecto.
	Reducción del hábitat, y de las fuentes de alimento	P10	**Control de velocidad en áreas críticas**: Instalación de señalética de advertencia de paso de fauna y restricción de velocidad máxima de 30 km/h para todos los vehículos y maquinaria.	- Inventario de señalética instalada. - Bitácoras de control de tráfico. - Memoria fotográfica de la señalización.	Refuerzo de la señalética, capacitación de choferes y monitoreo de velocidad por cuadrillas de seguridad.	Etapas de preparación de sitio y construcción.	Colocación de señales informativas y de advertencia que indiquen el respetar una velocidad máxima de 30 km/h, por posible paso de fauna.
	Reducción del hábitat	P11	**Preservación selectiva de cobertura baja:** Mantener tocones y estrato herbáceo donde la ingeniería lo permita, para conservar refugios y zonas de alimentación para pequeños vertebrados e insectos.	- Bitácoras de supervisión del desmonte selectivo. - Memoria fotográfica de estratos conservados.	Pausar las actividades de desmonte hasta corregir el método de trabajo. Instalación y cebado de madrigueras artificiales Impartición de pláticas para	Etapas de preparación de sitio y construcción.	Mantenimiento de zonas de refugio remanentes que no interfieran con la infraestructura gris.

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
					reforzar la concientización de la importancia de la fauna silvestre.		
	Riesgo de colisión de la avifauna	P12	**Instalación de desviadores de vuelo** (señalizadores visuales) en los cables de guarda en tramos identificados como rutas de tránsito. Uso de configuración vertical de conductores para reducir el área de exposición.	Reporte de instalación de desviadores; Bitácoras de monitoreo de fauna (recorridos bajo la línea); Registro fotográfico de señalización.	Instalación de desviadores adicionales o cambio de tecnología en puntos donde se detecten incidentes recurrentes.	Etapa de Construcción (Montaje y Tendido) y Operación.	Tasa de colisión (individuos/km/año) tendiente a cero. Visibilidad de los cables de guarda bajo condiciones de penumbra.
	Riesgo de electrocución de la avifauna	P13	**Diseño de estructuras conforme a normas de CFE** que garanticen una separación mínima entre fases (o fase-tierra) superior a la envergadura de las aves rapaces locales. Aislamiento de puentes y partes energizadas en torres de deflexión.	Planos de diseño de torres (distancias dieléctricas); Reportes de mantenimiento preventivo; Bitácoras de vigilancia ambiental en etapa operativa.	Colocación de fundas aislantes en herrajes críticos o instalación de perchas disuasorias para evitar el anidamiento en zonas de alto riesgo.	Etapa de Construcción y Operación (Mantenimiento).	Ausencia de eventos de arco eléctrico por fauna. Bajos registros de ejemplares electrocutados en la base de las estructuras,
SUELO	Compactación del suelo	P14	**Restricción del tránsito de maquinaria** pesada exclusivamente a derechos de vía y caminos de acceso autorizados	Bitácora de control de maquinaria; Memoria fotográfica de accesos y frentes de trabajo	Descompactación mecánica (escarificado) y nivelación de terrenos afectados involuntariamente.	Ciclo de vida del proyecto.	Nula afectación en superficie compactada no autorizada (0 m²);
	Posible contaminación accidental del suelo	P15	**Prohibición estricta de quemas y uso de agroquímicos (herbicidas)** para el control de maleza.	Reportes técnicos de desmonte; Bitácoras de prohibición de químicos; Verificación visual.	Ajuste inmediato del método de desmonte y remediación del suelo según los protocolos de seguridad.	Preparación del sitio.	Ausencia de residuos químicos en suelo
	Contaminación del suelo por derrames accidentales de combustibles y lubricantes	P16	**Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos** fuera del AP.Prohibición de lavado o reparación mayor en el área de estudio.	Bitácoras de mantenimiento de flota; Contratos con talleres externos; Reportes de inspección de fugas.	Retiro de maquinaria defectuosa; Aplicación inmediata de kits antiderrames y disposición de suelo contaminado.	Durante todas las etapas del proyecto.	Número de eventos de vertido accidental (0); Fichas técnicas de mantenimiento actualizadas.
	Contaminación por RSU y RME	P17	**Implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR).** Durante la ejecución del proyecto se generarán residuos para lo cual se estableceran áreas de almacenamiento temporal.	Manifiestos de entrega-transporte-recepción; Registro de prestadores de servicios; Bitácoras de almacén. Memoria Fotográfica	Recolección inmediata y saneamiento del sitio; Sanción técnica a la contratista por incumplimiento de manejo.	Durante todas las etapas del proyecto.	Porcentaje de residuos dispuestos en sitios autorizados (100%); Eficiencia en la clasificación en origen.

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
	Contaminación por RP	**P18**	**Implementación del PGIR:** En caso de generarse RP por alguna fuga en equipos, vehículos o maquinaria. Almacenamiento temporal en áreas rotuladas y confinadas En caso de derrames accidentales se utilizarán kit antiderrames.	Manifiestos de entrega-transporte-recepción; Registro de prestadores de servicios; Bitácoras de almacén. Memoria Fotográfica	Recoger/recolectar/almacenar todos los residuos generados y disponerlos en sitios autorizados.	Durante todas las etapas del proyecto.	Porcentaje de residuos dispuestos en sitios autorizados (100%); Eficiencia en la clasificación en origen.
AGUA	Generación de aguas residuales	**P19**	Instalación y mantenimiento programado de sanitarios portátiles suficientes para el personal de campo (1 por cada 10 trabajadores).	Contratos de servicios de saneamiento; Bitácoras de recolección; Registro de disposición final de lodos.	Sustitución del proveedor de servicios; Limpieza y desinfección del área afectada.	Durante todas las etapas de preparación y construcción.	Ausencia de vertidos de aguas negras al suelo; Registros de limpieza por empresa certificada por SEMARNAT
AIRE	Incremento de emisiones de gases	**P20**	**Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP)** para maquinaria pesada y vehículos. Verificación de niveles de opacidad y eficiencia de combustión para minimizar gases de efecto invernadero.	Bitácoras de mantenimiento preventivo/correctivo; Certificados de verificación vehicular; Reportes de inspección mecánica semanal; Memoria fotográfica.	Prohibición inmediata de operación y retiro de toda unidad que presente fugas o emisiones visibles por encima de la norma hasta su reparación.	Ciclo de vida del proyecto (énfasis en Construcción).	Funcionamiento óptimo de motores (ausencia de humo negro/azul). Cumplimiento del 100 % del programa de mantenimiento.
	Levantamiento de polvo	**P21**	**Restricción de velocidad máxima a 30 km/h** dentro del área del proyecto y caminos de servicio para minimizar la suspensión mecánica de partículas finas.	Registro de pláticas de concientización ambiental; Inventario de señalética instalada; Bitácora de control de velocidad.	Instalación de reductores de velocidad (topes) en puntos críticos y amonestación técnica al personal infractor	Durante todas las etapas del proyecto.	Presencia de señalética técnica de límites de velocidad; Cumplimiento de velocidad por parte de los operadores de maquinaria.
PAISAJE	Modificación de la calidad escénica	**P22**	Confinamiento estricto de actividades al polígono autorizado. Implementación de un cordón perimetral de protección para salvaguardar la integridad visual y ecológica del entorno.	Planos de delimitación validados en campo; Bitácoras de control ambiental; Reportes de cierre de frentes de trabajo.	Ejecución inmediata de un Plan de Restauración Ecológica y compensación por daños fuera del área autorizada.	Ciclo de vida del proyecto (énfasis en Construcción).	Ausencia de daños a la vegetación nativa o suelos fuera del área de intervención directa (0 % de afectación externa).

CONSULTA PÚBLICA

IV.4.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Tabla 6. Medidas de mitigación para cada factor ambiental

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
FLORA	Disminución de la cobertura vegetal y captura de carbono	**M1**	Ejecución del **Programa de reforestación (ANEXO 17),** que contempla la plantación de un total de **5,500 individuos en 9.0 hectáreas**, seleccionados bajo criterios de adaptabilidad, resistencia al estrés hídrico y representatividad de la flora local. Las especies a integrar son: *Bursera laxiflora*, *Parkinsonia microphylla*, *Bursera microphylla*, *Neltuma velutina* y *Olneya tesota*. Esta plantación aportará una captura proyectada de **76.518 toneladas de carbono** La cantidad de Carbono asociado a 1,764 individuos rescatados y reubicados resguardan **31.543 toneladas de carbono**, las cuales se conservan dentro de los mismos ecosistemas regionales al ser reubicados con éxito.	Memoria fotográfica, informes y bitácoras de seguimiento.	Reposición de individuos muertos. Monitoreo e intensificación de actividades de mantenimiento a las plantas.	Durante las actividades de construcción y Operación **5 años de mantenimiento**	-Superficie reforestada - Número de individuos plantados por especie - Sobrevivencia del 80%
FLORA	Disminución de la cobertura vegetal y riqueza Reducción del hábitat, y de las fuentes de alimento	**M2**	Como medida de mitigación directa para minimizar la pérdida de biodiversidad en el área de intervención, se ejecutará el **Programa de Rescate y Reubicación de Flora (ANEXO 29).** El programa contempla el rescate y la reubicación de un total de **1,764 individuos** pertenecientes a 21 especies, sustentado bajo tres criterios principales: especies sujetas a protección conforme a la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, ejemplares con mayor índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) en el CUSTF respecto a la condición histórica, y especies de lento crecimiento y difícil regeneración.	Memoria fotográfica, informes y bitácoras de seguimiento.	Reposición de individuos muertos. Monitoreo y actividades de mantenimiento a las plantas.	Antes y durante la preparación del sitio **5 años de mantenimiento**	-Cantidad de individuos rescatados por especie. -Sobrevivencia del 80 %
FAUNA	Disminución de la diversidad faunística	**M3**	Ejecución **del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna (ANEXO 30).**	Memoria fotográfica, informes y bitácoras de rescate y reubicación	Proveer atención y cuidados veterinarios con la finalidad de	Antes y durante las etapas de	Porcentaje de sobrevivencia durante su

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
			• Se rescatarán las especies faunísticas que puedan encontrarse en el área del proyecto, dándole prioridad a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que sean de lento desplazamiento. • Se desalojarán madrigueras que puedan encontrarse en el área del proyecto. • Se ahuyentarán todos los ejemplares faunísticos presentes		asegurar la estabilidad del ejemplar, y posteriormente reubicarlo en un hábitat similar	preparación de sitio y construcción	transporte y adaptación en los sitios de reubicación. Nula afectación de individuos de fauna silvestre.
AGUA	Disminución de la infiltración	**M4**	Como parte de la estrategia incluida en el **PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA (ANEXO 31),** para la restauración del equilibrio hidrológico en el área del proyecto, se contempla la ejecución de un sistema de **zanjas trinchera en curvas de nivel.** Estas obras de ingeniería están diseñadas para la captación de escurrimientos superficiales y el control de la erosión hídrica en zonas de pendiente. Especificaciones Técnicas y Metas: • Infraestructura: Construcción de 2,240 zanjas trinchera dispuestas de forma alternada (tresbolillo) sobre las curvas de nivel previamente trazadas. • Dimensionamiento: Cada unidad contará con 2 m de largo y 0.4 m de ancho, profundidad de 0.40 m dimensiones calculadas para optimizar la capacidad de almacenamiento y sedimentación. • Capacidad de Mitigación: El sistema integral tiene como objetivo la	Memoria fotográfica, informes y bitácoras de seguimiento.	Mantenimiento y desazolve de las obras, con la finalidad de que capten agua durante más de un año.	Durante la etapa de construcción y Operación.	Construcción de 2,240 zanjas trinchera. Infiltración de 46,668.565 m³ de agua.

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA				PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
			MEDIDA	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS	PLAZOS DE EJECUCIÓN	
			retención y control de un volumen potencial de 46,668.565 m³.				
SUELO	Aumento de la tasa de erosión	M5	Como estrategia central para la mitigación de la pérdida de suelo, se ejecutará el **Programa de Conservación de Suelo y Agua (ANEXO 31)**, diseñado específicamente para mitigar los efectos por la ejecución del Proyecto. La meta técnica es mitigar la pérdida de **1,091.600 toneladas anuales de suelo** mediante la implementación de las siguientes obras de ingeniería: • Infraestructura de Control: Construcción de **500 m de Bordos a curvas de nivel**. • Especificaciones Técnicas: Se instalarán tramos seccionados de 100 m de longitud con una sección transversal de 0.3 m de ancho. • Superficie de Intervención: Estas acciones cubrirán de manera estratégica una superficie de 8.5 hectáreas, priorizando aquellas zonas con pendientes críticas o mayor vulnerabilidad a la erosión eólica e hídrica.	Memoria fotográfica, informes y bitácoras de seguimiento.	Reevaluar la pérdida de suelo y proponer obras adicionales para mitigar la pérdida. Mantenimiento de las obras realizadas.	Durante la etapa de construcción y operación.	500 m de Bordos a curvas de nivel. Retención de 1,091.600 toneladas anuales de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

IV.5 RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS, ACUMULATIVOS, SINÉRGICOS Y RESIDUALES

IV.5.1 IMPACTOS SIGNIFICATIVOS

Mediante la Matriz de identificación de Impactos del Proyecto se identificaron un total de **23 impactos ambientales**, con **134 interacciones** a lo largo de la vida útil del proyecto, desde la etapa de preparación de sitio hasta la etapa de Operación y Mantenimiento. De las cuales se distribuyen en **103 interacciones adversas** y **31 interacciones benéficas**.

Con base en los resultados de la evaluación mediante la metodología de Conesa Fernández-Vítora, se determinó que la mayor parte de los impactos ambientales asociados al Proyecto se ubican en las categorías Compatible y Moderada, lo que indica que corresponden principalmente a alteraciones de intensidad baja a media, susceptibles de prevenirse, mitigarse o reducirse mediante la aplicación de las medidas ambientales propuestas.

Los impactos de mayor relevancia se concentran en el componente biótico, específicamente en los factores Flora y Fauna. La disminución de la cobertura vegetal obtuvo un valor de importancia de -61, mientras que la fragmentación y/o pérdida del hábitat alcanzó un valor de -50, clasificándose ambos en categoría Alta. Estos impactos se encuentran directamente relacionados con las actividades de desmonte y despalme requeridas para el establecimiento del derecho de vía y las obras asociadas a la Línea de Transmisión, particularmente por la intervención de 26.999 ha de vegetación secundaria arbustiva de matorral xerófilo.

De manera asociada se identificaron impactos Moderados sobre otros componentes ambientales, entre los que destacan el aumento de la tasa de erosión (-43), la reducción de las fuentes de alimento para la fauna (-43), la disminución de la diversidad florística (-41), la modificación de la calidad escénica (-40) y la pérdida de capacidad de captura de carbono (-34). Estos efectos guardan una relación funcional con la pérdida de cobertura vegetal, por lo que adquieren relevancia en el análisis de los posibles efectos acumulativos y sinérgicos del Proyecto.

Durante la operación, los principales efectos sobre la fauna corresponden al riesgo de colisión (-31) y electrocución de avifauna (-32), ambos clasificados como Moderados. Por su parte, las afectaciones relacionadas con emisiones atmosféricas, ruido, generación de residuos, aguas residuales y posibles derrames presentan predominantemente categorías Compatibles o Moderadas y cuentan con medidas específicas de prevención y mitigación.

En contraste, se identificaron impactos positivos sobre el medio socioeconómico, asociados al aumento de la economía local (+25), la generación de empleos directos e indirectos (+23) y, particularmente, la provisión del servicio eléctrico (+35).

CONSULTA PÚBLICA

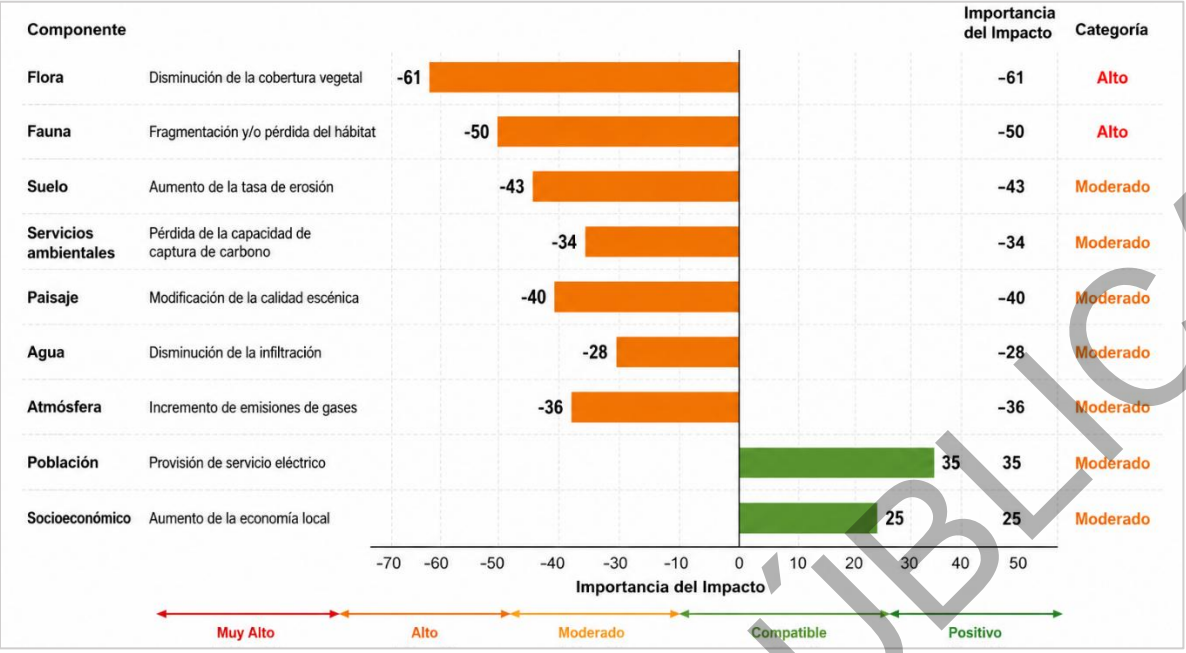


Figura 1. Impactos de mayor importancia registrados durante la etapa de preparación de sitio

En términos generales, la evaluación evidencia que la significancia ambiental del Proyecto se concentra principalmente en la remoción de vegetación y la consecuente modificación del hábitat, mientras que el resto de las afectaciones presentan menor importancia y mayor capacidad de manejo ambiental.

IV.5.2 IMPACTOS ACUMULATIVOS

Conforme a la metodología descrita anteriormente , los impactos adversos que presentan mayor relevancia para el análisis acumulativo son los que se describen a continuación.

Tabla 7. Identificación de impactos acumulativos

FACTOR	IMPACTO	JUSTIFICACIÓN DE SU CONSIDERACIÓN ACUMULATIVA
Flora	Disminución de la cobertura vegetal	Se adiciona a la remoción y modificación de vegetación ocasionada por infraestructura carretera, caminos, líneas eléctricas y desarrollo urbano-industrial.
Flora	Disminución de la diversidad florística	La pérdida recurrente de vegetación puede reducir progresivamente la abundancia y representatividad local de especies.
Fauna	Fragmentación y/o pérdida del hábitat	Se adiciona a la fragmentación generada por infraestructura lineal y superficies previamente transformadas.
Fauna	Reducción de las fuentes de alimento	Se relaciona directamente con la pérdida acumulada de vegetación y modificación del hábitat.
Suelo	Compactación del suelo	Incrementa las superficies previamente alteradas por tránsito, caminos, infraestructura y actividades constructivas.
Paisaje	Modificación de la calidad escénica	La LT incorpora nuevos elementos antrópicos a un paisaje previamente modificado por infraestructura.
Servicios ambientales	Pérdida de capacidad de captura de carbono	La pérdida de biomasa se suma a la reducción histórica de cobertura vegetal dentro del territorio.
Fauna	Riesgo de colisión de avifauna	La incorporación de conductores y cables de guarda incrementa los obstáculos aéreos existentes para las aves.
Fauna	Riesgo de electrocución de avifauna	La nueva infraestructura se adiciona a las instalaciones eléctricas existentes y aumenta la exposición potencial de la avifauna.

CONSULTA PÚBLICA

IV.5.3 IMPACTOS SINÉRGICOS

A partir de la matriz de importancia, los principales impactos adversos ambientalmente relevantes que presentan y que pueden participar en relaciones sinérgicas son los que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Identificación de impactos sinérgicos

FACTOR	IMPACTO	INTERACCIÓN PRINCIPAL	EFECTO SINÉRGICO
Flora	Disminución de la cobertura vegetal	Erosión, pérdida de hábitat, reducción de alimento y pérdida de captura de carbono	La eliminación de vegetación no solamente representa pérdida de cobertura, sino que deja el suelo expuesto, modifica el hábitat y elimina biomasa, reforzando simultáneamente afectaciones sobre suelo, fauna y servicios ambientales.
Fauna	Fragmentación y/o pérdida del hábitat	Pérdida de cobertura vegetal y reducción de fuentes de alimento	La pérdida de vegetación disminuye simultáneamente refugio, sitios de reproducción y alimento, por lo que la afectación conjunta puede generar una perturbación mayor sobre la fauna que cada efecto por separado.
Suelo	Aumento de la tasa de erosión	Pérdida de cobertura vegetal y alteración física del suelo	La remoción vegetal incrementa la exposición del suelo a los agentes erosivos; cuando coincide con tránsito, excavaciones y otras alteraciones físicas, aumenta su susceptibilidad a la pérdida de material.

IV.5.4 IMPACTOS RESIDUALES

Para el Proyecto se contempla la implementación de **Programas de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, Rescate y Ahuyentamiento de Fauna, Reforestación y Conservación de Suelo y Agua**, complementados con actividades preventivas mencionadas anteriormente, bajo este escenario se obtuvieron los impactos residuales de la siguiente tabla.

Tabla 9. Identificación de impactos residuales

FACTOR	IMPACTO INICIALMENTE IDENTIFICADO	PRINCIPALES MEDIDAS APLICABLES	CONDICIÓN POSTERIOR A LAS MEDIDAS (RESIDUALIDAD)
Flora	Disminución de la cobertura vegetal	Programa de Rescate y reubicación de flora silvestre, Programa de reforestación, delimitación del desmonte.	Parte de la cobertura puede recuperarse, pero las superficies de ocupación permanente no recuperarán completamente su condición original durante la operación
Fauna	Fragmentación y/o pérdida del hábitat	Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación, Programa de reforestación, recuperación de áreas temporales y conservación de vegetación compatible	La recuperación vegetal restablece parcialmente las condiciones de hábitat, pero permanece la infraestructura
Fauna	Riesgo de colisión y electrocución de avifauna	Medidas de protección de avifauna, colocación de desviadores de vuelo.	El riesgo puede disminuirse, pero no eliminarse mientras permanezcan conductores y cables de guarda
Paisaje	Modificación de la calidad escénica	Revegetación, recuperación de áreas temporales y restricción de superficies afectadas	Las torres y conductores permanecerán visibles durante la vida útil

Una vez consideradas las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas, se determina que la mayor parte de los impactos ambientales identificados no conservarán una residualidad significativa, debido a que corresponden a alteraciones temporales o susceptibles de control y recuperación una vez concluidas las actividades constructivas.

CONSULTA PÚBLICA

Los impactos residuales se concentrarán principalmente en la disminución de la cobertura vegetal, modificación parcial del hábitat de fauna, riesgo de interacción de la avifauna con la infraestructura y modificación de la calidad escénica, debido a que se encuentran asociados a elementos que permanecerán durante la vida útil de la Línea de Transmisión.

No obstante, la aplicación conjunta de los Programas de Rescate y Reubicación de Flora, Rescate y Ahuyentamiento de Fauna, Reforestación y Conservación de Suelo y Agua, así como las medidas de prevención, permitirá reducir la magnitud espacial y funcional de estos efectos. Particularmente, la recuperación de las superficies de ocupación temporal y el establecimiento de vegetación compatible con las condiciones de seguridad de la Línea de Transmisión favorecerán progresivamente la recuperación de funciones ecológicas.

Por consiguiente, los impactos residuales identificados no implican por sí mismos una pérdida generalizada de la funcionalidad de la Región Ecológica, aunque justifican el mantenimiento de medidas de seguimiento durante la operación, particularmente sobre la recuperación de la cobertura vegetal, estabilidad del suelo y respuesta de la fauna y avifauna.

IV.6 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE ACUERDO CON LA EXTENSIÓN E INTENSIDAD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La delimitación del Área de Influencia (AI) del proyecto se estableció con base en el alcance espacial de los impactos ambientales identificados y valorados mediante la metodología de Conesa Fernández-Vítora, considerando como criterios rectores su extensión e intensidad, la naturaleza de los componentes ambientales potencialmente afectados y sus interrelaciones funcionales.

A partir de las dimensiones de la obra, así como de las características topográficas e hidrológicas del entorno, se definió una unidad de análisis espacialmente congruente con el ámbito de incidencia del proyecto. Para lograr una delimitación espacial de mayor precisión, se procedió a la definición de nanocuencas que circunscriben el área de las obras. Mediante el uso del Sistema de Información Geográfica ArcGIS Pro 3.5.4 y el procesamiento de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con una resolución de 15 metros, se generaron las capas de dirección y acumulación de flujo. A partir de estos insumos, se derivó la red de escurrimientos influyentes, se identificaron sus puntos de salida y se delimitaron las nanocuencas correspondientes. Como resultado, se integraron al Área de Influencia aquellas unidades hidrográficas que colindan con el proyecto y cuyas dinámicas inciden directamente en su desarrollo.

Asimismo, se realizó una sobreposición cartográfica con las unidades de paisaje, considerando su homogeneidad en cuanto a topoformas, uso de suelo y vegetación, e integrando las corrientes con incidencia inmediata en el área del proyecto, obteniendo de este modo una superficie total de 1,973.18 hectáreas correspondiente al Área de Influencia.

CONSULTA PÚBLICA

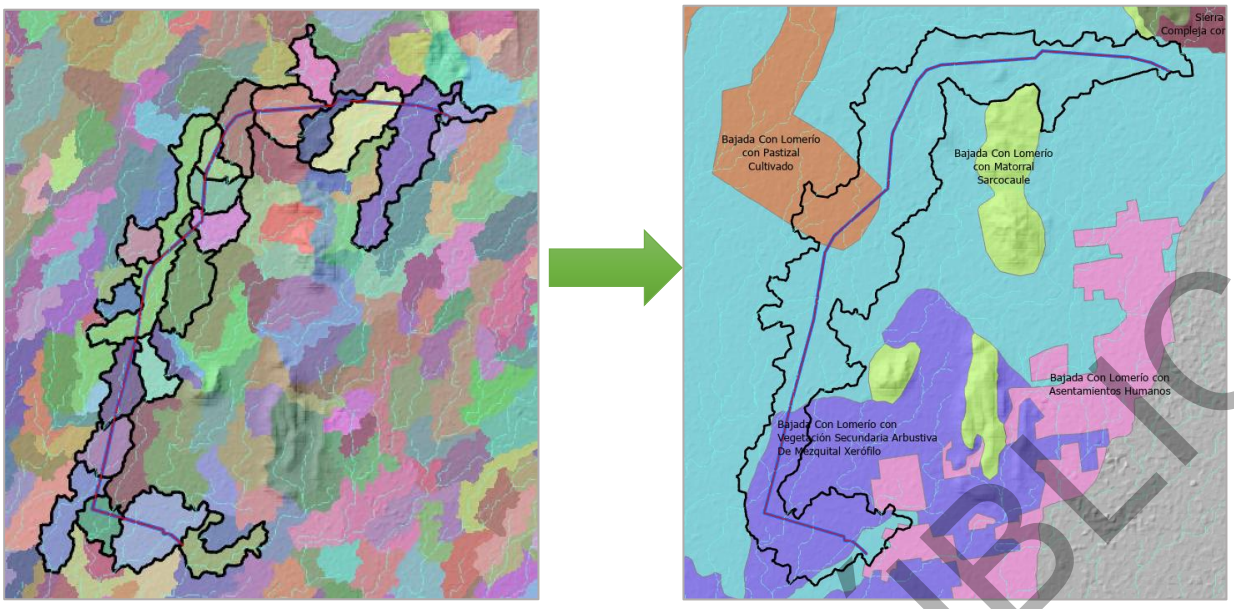


Figura 2. Delimitación del área de influencia por nanocuencas.

Con base en los resultados de la evaluación, los impactos adversos de mayor relevancia se concentran en el componente biótico, específicamente en los factores Flora y Fauna. La disminución de la cobertura vegetal y la fragmentación y/o pérdida del hábitat se clasificaron en categoría Alta. Estos impactos se encuentran directamente relacionados con las actividades de desmonte y despalme requeridas para la habilitación del derecho de vía y las obras asociadas a la Línea de Transmisión, particularmente por la intervención de 26.999 ha de vegetación secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo.

Asimismo, se identificaron impactos de categoría Moderada relacionados funcionalmente con la transformación de la cobertura vegetal, entre los que destacan el aumento de la tasa de erosión, la reducción de las fuentes de alimento para la fauna, la disminución de la diversidad florística, la modificación de la calidad escénica y la pérdida de la capacidad de captura de carbono. En conjunto, estos efectos evidencian que la influencia ambiental del Proyecto no se limita exclusivamente a la superficie de ocupación física de las obras, ya que algunos de ellos pueden manifestarse sobre componentes y procesos ambientales ubicados en su entorno inmediato.

En particular, la fragmentación y/o pérdida del hábitat, así como la reducción de fuentes de alimento, pueden extender sus efectos más allá de las superficies directamente desmontadas, debido a la movilidad de la fauna y a la continuidad espacial y funcional de los hábitats. De igual manera, los procesos de erosión y modificación del escurrimiento superficial pueden propagarse conforme a la topografía y la red natural de drenaje, mientras que la modificación de la calidad escénica puede percibirse a distancias superiores a la huella física del Proyecto debido a la presencia de las estructuras de soporte y conductores.

Por lo anterior, la delimitación del Área de Influencia se realizó bajo un enfoque espacial y funcional, considerando tanto las superficies directamente intervenidas como el entorno en el que razonablemente pueden manifestarse los impactos indirectos identificados. Este criterio permite establecer una delimitación congruente con la magnitud y extensión de los impactos evaluados, así como con las características ambientales del territorio, evitando restringir el análisis exclusivamente al derecho de vía de la Línea de Transmisión.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 10. Factores ambientales para la determinación del AI

FACTOR	IMPACTOS DETERMINANTES	CRITERIO ESPACIAL RECOMENDADO	PROPUESTA PARA DELIMITACIÓN
Suelo	Erosión, compactación, pérdida de horizonte orgánico, contaminación	Superficie físicamente intervenida y áreas receptoras de escurrimiento	DDV (18.5 m) + áreas de obras y accesos. Ampliación hacia microcuencas inmediatas cuando exista transporte de sedimentos.
Flora	Disminución de cobertura y diversidad florística	Superficie de desmonte/CUSTF y efecto de borde	CUSTF (26.999 ha) + franja de 50 m a cada lado como entorno inmediato
Fauna terrestre	Fragmentación/pérdida de hábitat y reducción de alimento	Movilidad de fauna, perturbación y continuidad del hábitat	Buffer de 500 m a cada lado del eje como AI faunística.
Agua	Infiltración, erosión/sedimentos, aguas residuales	Unidades de drenaje y conectividad hidrológica	Microcuencas interceptadas por el Proyecto.
Paisaje	Modificación de calidad escénica	Visibilidad de las torres y conductores	Cuenca visual, determinada mediante análisis de visibilidad (Modelo digital de elevación, relieve, calidad del paisaje)
Servicios ambientales	Captura de carbono	Superficie con pérdida efectiva de vegetación	CUSTF y superficies de compensación/restauración

De esta manera, el Área de Influencia corresponde a la integración espacial de las áreas donde pueden manifestarse de manera directa o indirecta los impactos ambientales identificados, estableciendo una delimitación técnica congruente con las características del Proyecto y la funcionalidad de los componentes ambientales. En el Anexo 32 se presenta la delimitación del Área de influencia.

CONSULTA PÚBLICA

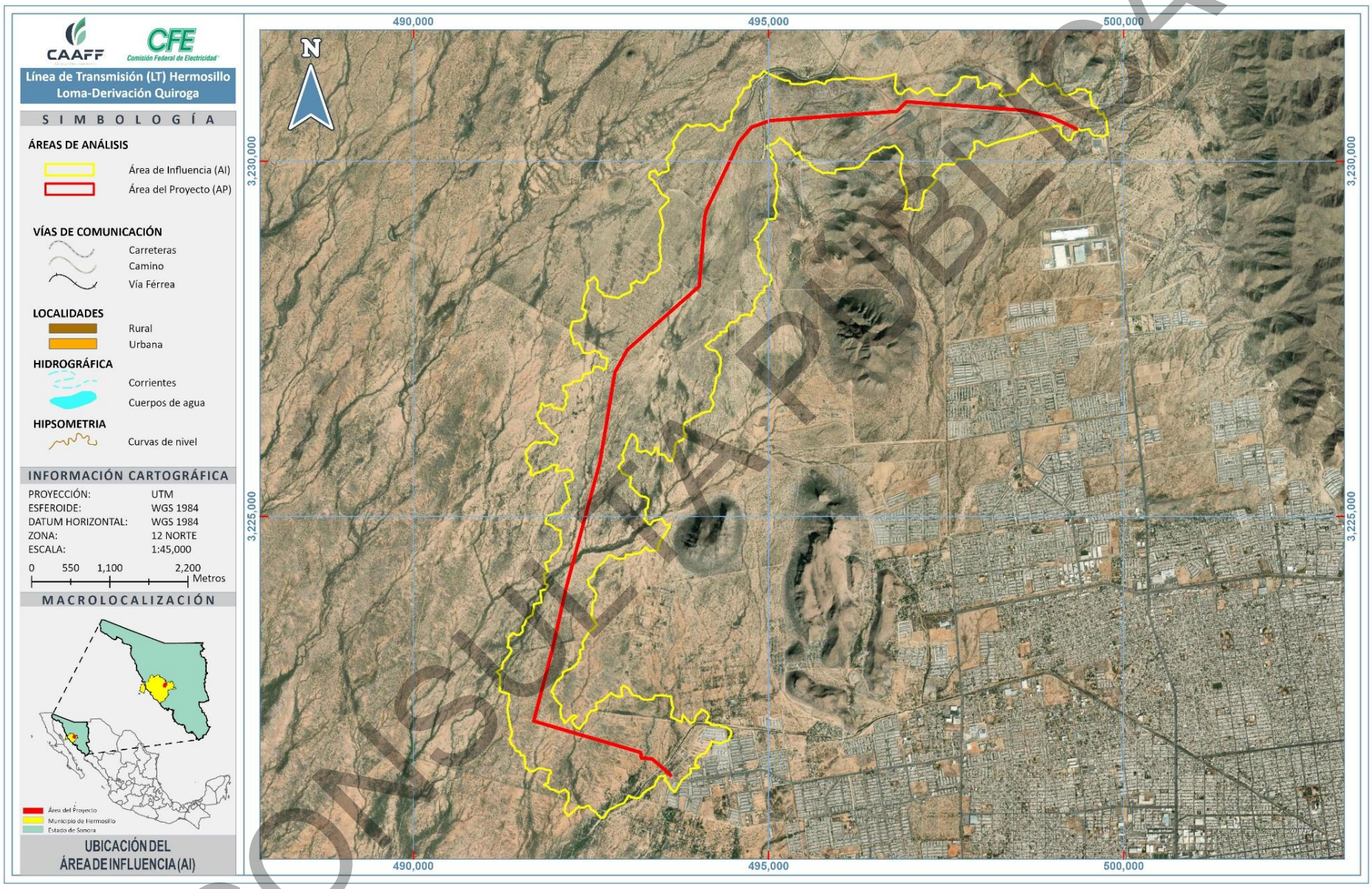


Figura 3. Delimitación del área de influencia del proyecto

CONSULTA PÚBLICA

IV.7 CONCLUSIONES

Con base en la identificación y valoración de los impactos ambientales, se concluye que la mayoría de los impactos asociados al Proyecto se clasifican como Compatibles y Moderados, mientras que los impactos de mayor relevancia se concentran en los componentes Flora y Fauna, particularmente por la disminución de la cobertura vegetal (-61) y la fragmentación y/o pérdida del hábitat (-50), ambos clasificados como Altos.

El análisis de los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales determinó que los principales procesos de atención corresponden a la transformación de la cobertura vegetal y sus efectos relacionados sobre el suelo, hábitat, disponibilidad de alimento, servicios ambientales y paisaje. Asimismo, durante la operación permanecerán riesgos potenciales para la avifauna asociados a la presencia de la infraestructura eléctrica.

La implementación de los Programas de Rescate y Reubicación de Flora, Rescate y Ahuyentamiento de Fauna, Reforestación y Conservación de Suelo y Agua, junto con las medidas preventivas y de mitigación previstas, permitirá reducir sustancialmente la magnitud de las afectaciones. No obstante, permanecerán efectos residuales asociados principalmente a la pérdida de cobertura vegetal, modificación parcial del hábitat y presencia permanente de la infraestructura, por lo que la reforestación y restauración con especies nativas constituirán medidas relevantes para compensar dichas pérdidas y favorecer la recuperación de las funciones ambientales.

En consecuencia, se considera que los impactos adversos identificados son ambientalmente manejables mediante la aplicación de la jerarquía de mitigación: prevención, mitigación, restauración y compensación, y que, con la correcta ejecución y seguimiento de los programas ambientales propuestos, el Proyecto no comprometerá la integridad ni la funcionalidad general de la Región Ecológica, manteniéndose ambientalmente viable bajo el cumplimiento estricto de las medidas y condicionantes que determine la autoridad competente.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 31

PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELO Y AGUA

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I . INTRODUCCIÓN 1
II . OBJETIVOS 2
II.1 GENERAL 2
II.2 PARTICULARES 2
II.3 METAS 2
III . LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SUELO Y AGUA 3
IV . DESARROLLO DEL PROGRAMA 6
IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 6
IV.1.1 BORDOS EN CURVAS A NIVEL 6
IV.1.2 ZANJAS TRINCHERAS 6
IV.2 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE OBRA A REALIZAR (FACTOR SUELO) 8
IV.2.1 ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO 8
IV.2.2 DIMENSIONES Y LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS OBRAS 9
IV.2.2.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA PENDIENTE 9
IV.2.2.2 VOLUMEN DE LAS OBRAS 9
IV.2.2.3 CÁLCULO DE LA TASA DE EROSIÓN DEL ÁREA PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS OBRAS 11
IV.2.2.4 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE OBRA NECESARIA REQUERIDA PARA MITIGAR LA PÉRDIDA DE SUELO .. 12
IV.3 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE OBRA A REALIZAR (FACTOR AGUA) 13
IV.3.1 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN DE AGUA 13
IV.3.1.1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO EN UNA HECTÁREA TIPO 14
IV.3.1.2 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE OBRAS Y VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO POR EVENTO DE LLUVIA 14
IV.3.1.3 DIMENSIONES Y DENSIDAD DE OBRAS. 16
IV.3.1.4 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE OBRA NECESARIA Y SUPERFICIE REQUERIDA PARA MITIGAR LA REDUCCIÓN DE INFILTRACIÓN 17
IV.4 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA 18
IV.4.1 BORDOS EN CURVAS A NIVEL 18
IV.4.1.1 PRIMER PASO 18
IV.4.1.2 SEGUNDO PASO 18
IV.4.1.3 TERCER PASO 18
IV.4.2 ZANJAS TRINCHERA 19
IV.4.2.1 TRAZO DE CURVAS A NIVEL 19
IV.4.2.1.1 EXCAVACIÓN Y CONFORMACIÓN DE ZANJA TRINCHERA 20
IV.4.2.1.2 CONSTRUCCIÓN DE TABIQUE DIVISOR 20
V . INDICADORES DE REALIZACIÓN 21
VI . PUNTOS DE COMPROBACIÓN 21
VII . MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN 21
VIII . CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 22
IX . LITERATURA 23

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS BORDOS EN CURVAS A NIVEL (8.5 HA). 3
TABLA 2. COORDENADAS UBICACIÓN DE LAS ZANJAS TRINCHERA (7.0 HA). 3
TABLA 3. EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA EN CONDICIONES NATURALES. 8
TABLA 4. EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA UNA VEZ REALIZADO EL PROYECTO. 8
TABLA 5. COMPARATIVA DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA CON PROYECTO Y SIN PROYECTO. 8
TABLA 6. CANTIDAD DE OBRAS POR HECTÁREA. 11
TABLA 7. SUPERFICIE PROPUESTA. 12
TABLA 8. VOLUMEN DE CAPTACIÓN DE LAS OBRAS VS. EL VOLUMEN DE SUELO A MITIGAR POR LA EJECUCIÓN DEL CUSTF. 13
TABLA 9. COMPARATIVA DE LA INFILTRACIÓN ANTES Y DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN. 13
TABLA 10. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO EN UNA HECTÁREA TIPO (NOM-011-CONAGUA-2015). 14
TABLA 11. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN M^3 EN UNA HECTÁREA TIPO 14
TABLA 12. CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO PARA LLUVIAS EN 24 HORAS. 14
TABLA 13. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO CON UN EVENTO DE LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS CON UN PR DE 5 AÑOS. 16
TABLA 14. DATOS GENERALES DE LA DINÁMICA DE TRABAJO. 17
TABLA 15. COMPARATIVA DE LA INFILTRACIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS OBRAS. 18
TABLA 16. INDICADORES DE ÉXITO. 21
TABLA 17. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELO Y AGUA. 22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO 4
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA 5
FIGURA 3. IMAGEN ILUSTRATIVA DE LA CONSTRUCCIÓN DE BORDOS EN CURVAS A NIVEL 6
FIGURA 4. EJEMPLIFICACIÓN DE ZANJA TRINCHERA. 7
FIGURA 5. DIMENSIONES DE LOS BORDOS EN CURVAS A NIVEL. 10
FIGURA 6. DIMENSIONES DE LA TINA O ZANJA TRINCHERA 17
FIGURA 7. ROMPIMIENTO DE LA CAPA ENDURECIDA 18
FIGURA 8. UBICACIÓN Y TRAZADO DE LAS CURVAS DE NIVEL. 19
FIGURA 9. EXCAVACIÓN Y CONFORMACIÓN. 20
FIGURA 10. CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE DIVISOR. 20
FIGURA 11. ARREGLO DE TIPO "TRES BOLILLO" PARA ZANJAS TRINCHERAS. 21

CONSULTA PÚBLICA

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural considerado como no renovable por lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado o deteriorado física o químicamente. Dentro de las principales causas que provocan el deterioro de suelos se encuentra, el sobrepastoreo, la deforestación y el cambio de uso del suelo. No obstante, existen métodos y prácticas tendientes a estabilizar el equilibrio de un ecosistema, dichas obras tienen la función de mitigar los impactos negativos que pudieran generarse.

Las obras de conservación y restauración de suelo son un conjunto de actividades tendientes a la rehabilitación de ecosistemas degradados en donde se ha afectado principalmente el componente suelo, de manera que se busca recuperar parcial o totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y productividad.

El proyecto "*Línea de transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga*" a ubicarse en el municipio de Hermosillo, en el estado de Sonora, posee una superficie de 29.593 ha, de las cuales 26.999 ha, corresponden al área Forestal (AFP) o CUSTF, por lo que, al remover la cobertura vegetal, el proceso de erosión aumentará, mientras que la infiltración se verá reducida.

Estos cambios representan un impacto para los componentes suelo y agua, por lo que es necesario la implementación de medidas de mitigación para compensar la pérdida de suelo y la disminución de la infiltración, motivo por el que se desarrolla el presente "Programa de Conservación y Restauración de Suelo y Agua". Este programa se enfocará en mostrar la pérdida de suelo y agua que ocasionará la ejecución del proyecto, así como determinar y ubicar adecuadamente las obras y actividades de conservación y restauración que permitan mantener el equilibrio existente en el área.

CONSULTA PÚBLICA

II. OBJETIVOS

II.1 GENERAL

Mitigar el efecto del cambio de uso de suelo para el desarrollo de proyecto a los componentes ambientales suelo y agua, mediante la construcción de obras de conservación y restauración.

II.2 PARTICULARES

- Estimar la erosión hídrica y eólica que generará la remoción de la vegetación.
- Estimar la infiltración que se dejará de percibir con la remoción de la vegetación.
- Determinar el número de obras que se van a establecer para mitigar los impactos al componente suelo y agua.
- Determinar las áreas susceptibles a conservar y restaurar, preferentemente en áreas degradadas.

II.3 METAS

- Construir 1700 metros de bordos en curvas a nivel, y
- Construir 2,240 zanjas trinchera.

CONSULTA PÚBLICA

III. LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SUELO Y AGUA

Las obras de conservación de suelo y agua propuestas para la mitigación de los impactos ocasionados a los factores agua y suelo, se establecerán en dos polígonos cuyas superficies son de 8.5 y 7.0 hectáreas, respectivamente. En la siguiente tabla se incluyen las coordenadas del sitio propuesto.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de los bordos en curvas a nivel (8.5 ha).

COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N		
VÉRTICE	X	Y
1	493086.805	3224434.87
2	493366.163	3224371.11
3	493285.482	3224083.36
4	493007.014	3224153.17

Tabla 2. Coordenadas ubicación de las zanjas trinchera (7.0 ha).

COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N		
VÉRTICE	X	Y
1	491865.262	3221822.59
2	492109.017	3221689.66
3	491966.733	3221463.37
4	491750.969	3221580.59

CONSULTA PÚBLICA

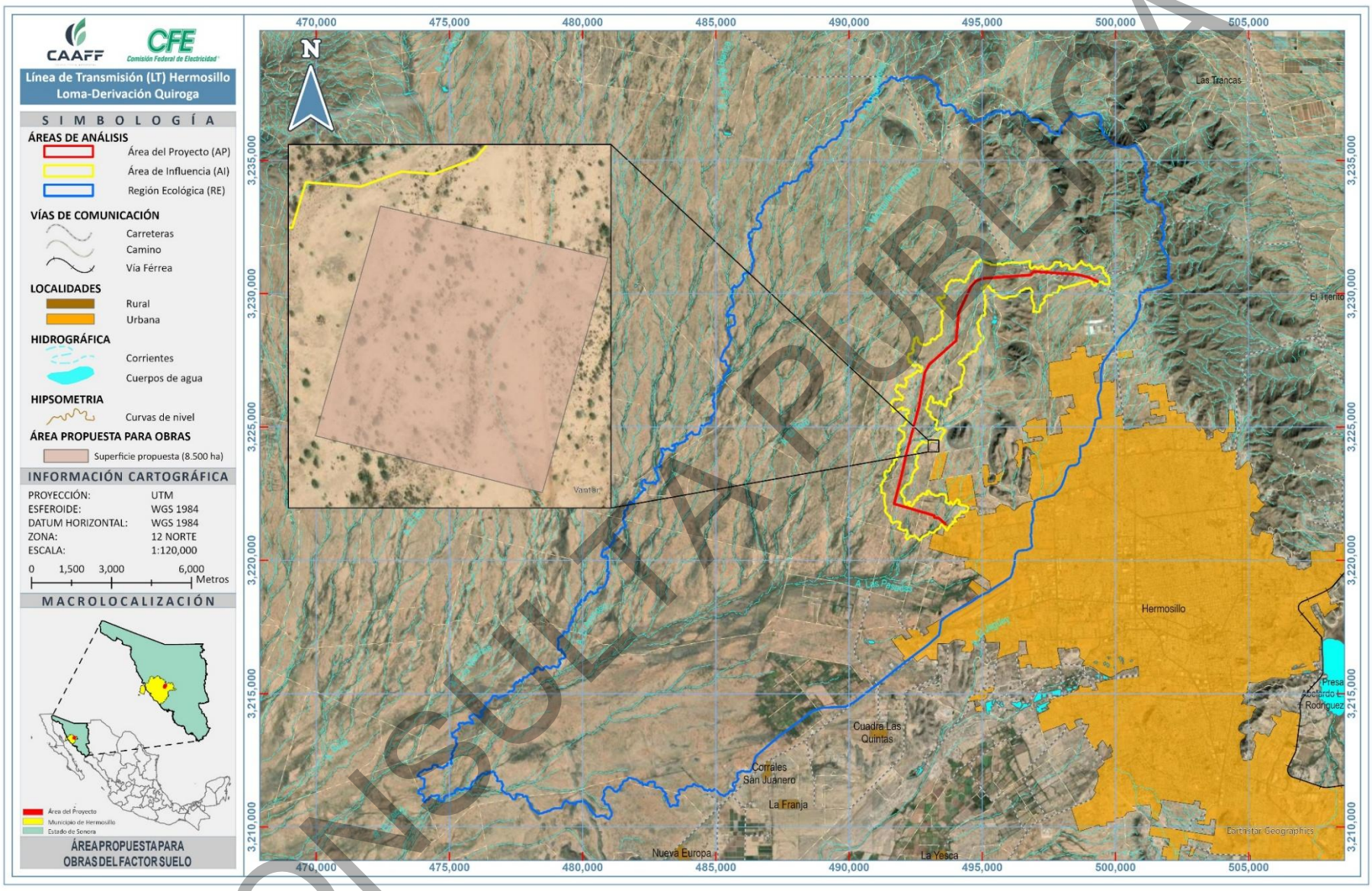


Figura 1. Localización de las obras de conservación de suelo

CONSULTA PÚBLICA

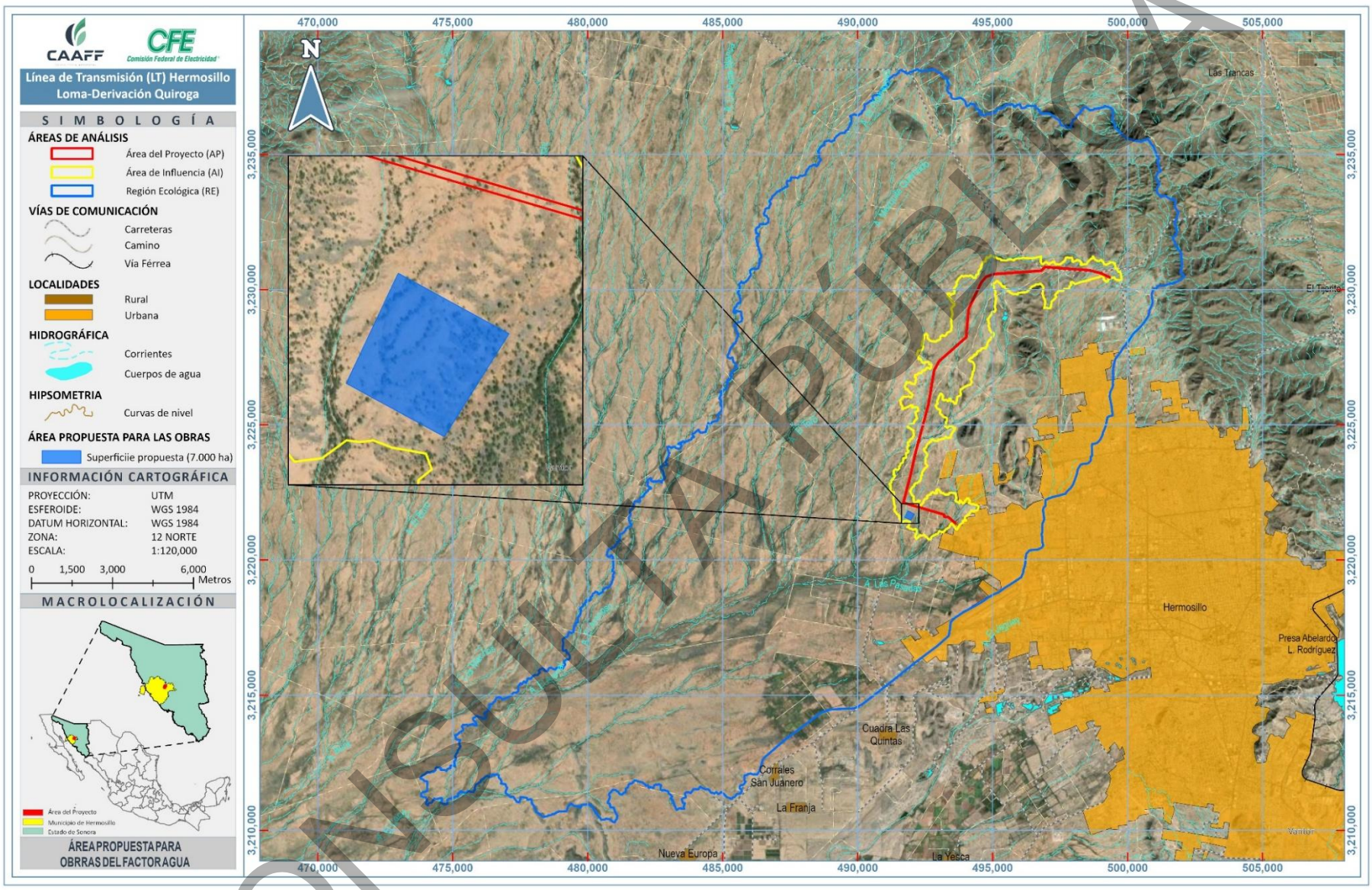


Figura 2. Localización de las obras de conservación de agua

CONSULTA PÚBLICA

IV. DESARROLLO DEL PROGRAMA

La elección de las obras de conservación y restauración de suelo y agua está en función de la disponibilidad del material en el área de trabajo y las características físicas del terreno (pendiente, tipo de suelo, pedregosidad, cobertura vegetal etc.). En este sentido se considera viable la realización de bordos en curvas a nivel para la retención de suelo y zanjas trinchera para la captación de agua.

IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

IV.1.1 BORDOS EN CURVAS A NIVEL

Es un sistema de bordos que se conforma con el producto de la excavación del suelo o subsuelo, de forma perpendicular a la pendiente del terreno, siguiendo curvas a nivel.

Los bordos se pueden realizar con maquinaria o aperos de labranza, en combinación con instrumentos manuales. Sirve para propiciar la intercepción de azolves y escurrimientos, así como aumentar la infiltración y retención de humedad para el establecimiento de la reforestación y vegetación nativa.

Los bordos en curvas a nivel son una práctica utilizada principalmente en las zonas áridas y semiáridas, o con deficiencia de humedad estacional en el suelo. Esta obra se debe implementar en suelos que tengan como mínimo 60 centímetro de profundidad, ya que en suelos con poca profundidad no se contaría con la suficiente cantidad de material para conformar el bordo.



Figura 3. Imagen ilustrativa de la construcción de bordos en curvas a nivel

IV.1.2 ZANJAS TRINCHERAS

Este tipo de obra sirve para el control de la erosión del suelo, la cual consiste en la apertura del suelo (manual o con maquinaria) siguiendo las curvas de nivel, separadas a través de un tabique divisor entre zanja y zanja (siguiente figura).

CONSULTA PÚBLICA



Figura 4. Ejemplificación de Zanja trinchera.

El diseño utilizado para su construcción es a "tres bolillo", significa que se ponen en filas paralelas, de modo que cada zanja trinchera de una fila quede frente a un hueco (entre dos zanjas) de la fila siguiente, con el fin de crear una red de captación que cubra la mayor parte del terreno.

Según Bolaños (2014) en el Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales de la CONAFOR, este tipo de obra permite:

- Retener suelo y sedimentos.
- Disminuir el grado y longitud de la pendiente.
- Impedir la formación de cárcavas.
- Reducir el contenido de sedimentos en el agua de escorrentía.
- Captar agua de lluvia, propiciando la infiltración de agua.
- Interceptar escurrimientos y disminuir su velocidad.
- Incrementar la humedad en el suelo, lo que coadyuba al establecimiento de la vegetación forestal.
- Mejorar la calidad del agua.
- Controlar la erosión hídrica evitando la pérdida de suelo y su arrastre a las partes bajas de la cuenca.
- Controlar los escurrimientos en forma ordenada disminuyendo el riesgo de avenidas que generen inundaciones.
- Prevenir las avenidas torrenciales o movimientos en masa del suelo.

Bolaños (2014) recomienda su utilización en terrenos con pendientes de hasta 30%, una profundidad de suelo mayor a 40 cm, topografía uniforme o accidentada y no requiere de disponibilidad de materiales vegetativos o pétreos.

CONSULTA PÚBLICA

IV.2 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE OBRA A REALIZAR (FACTOR SUELO)

IV.2.1 ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO

Con la eliminación de la cobertura vegetal en el área del cambio de uso de suelo (26.036 Hectáreas), el suelo quedará expuesto, por lo que el efecto del viento y la lluvia en el arrastre de partículas se hace más evidente promoviendo que los niveles de erosión se eleven.

A continuación, se presentan los escenarios de la pérdida de suelos en condiciones actuales (escenario 1), la pérdida de suelo considerando la remoción de la vegetación en el área del cambio de uso de suelo (escenario 2), así como la diferencia generada con la realización del proyecto. Los datos fueron retomados del capítulo VI del presente estudio.

Escenario 1: Erosión hídrica y eólica en el área del proyecto en condiciones originales.

Tabla 3. Erosión hídrica y eólica en condiciones naturales.

OBRA	VEGETACIÓN O USO DE SUELO	SUPERFICIE DEL AFP (ha)	VOLUMEN TOTAL (Ton/año)	
			EROSIÓN HÍDRICA	EROSIÓN EÓLICA
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo	26.999	27.022	32.335
Total		**26.999**	27.022	32.335

Escenario 2: Erosión hídrica y eólica una vez realizado el desmonte.

Tabla 4. Erosión hídrica y eólica una vez realizado el proyecto.

OBRA	VEGETACIÓN O USO DE SUELO	SUPERFICIE DEL AFP (ha)	VOLUMEN TOTAL (Ton/año)	
			EROSIÓN HÍDRICA	EROSIÓN EÓLICA
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Sin Vegetación Aparente	26.999	935.390	215.567
Total		**26.999**	935.390	215.567

Comparativa: Diferencia de erosión generado en la en la remoción de vegetación.

Tabla 5. Comparativa de la erosión hídrica y eólica con proyecto y sin proyecto.

OBRA	VEGETACIÓN O USO DE SUELO	SUPERFICIE DEL AFP (ha)	VOLUMEN TOTAL DE EROSIÓN (Ton/año)		VOLUMEN TOTAL DE EROSIÓN A MITIGAR (Ton/año)
			Escenario 1	Escenario 2	
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo a Sin Vegetación Aparente	26.999	59.357	1,150.957	1,091.600
Total		**26.99**	**59.357**	**1,150.957**	**1,091.600**

Analizando los resultados obtenidos, se tiene que, la diferencia de erosión en los escenarios 1 y 2 es de 1,091.600 toneladas, esta cantidad es la que deberá ser mitigada con la realización de las obras de conservación de suelo.

Considerando que las zonas para la ubicación de las obras presenta una vegetación correspondiente a cobertura con escasa vegetación o bien, desprovisto de vegetación, y de acuerdo con los cálculos de erosión para la Región Ecológica (RE), se estima que la tasa de erosión que presenta esta superficie es de 25.687 Ton/ha/año, esta

CONSULTA PÚBLICA

cantidad se obtuvo con base a los cálculos del capítulo III (ecuación universal de perdida de suelo), y sirve como una referencia, obtenida con base en las características propias del sitio, para determinar la cantidad de suelo que pueden retener las obras de conservación y restauración de suelo en dicha superficie. Motivo por el cual, se considera importante estimar la erosión presente en donde serán implementadas las obras de conservación.

IV.2.2 DIMENSIONES Y LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS OBRAS

Con base en las consideraciones anteriores, a continuación, se presentan las dimensiones y la capacidad de almacenamiento de las obras que se proponen. Presentando cálculos para una hectárea tipo y posteriormente, los resultados de las obras, así como la superficie necesaria para mitigar la cantidad de suelo que se perdería con el cambio de uso del suelo.

IV.2.2.1 Cálculo de la longitud de la pendiente

De acuerdo con las dimensiones de las obras se presenta la estimación del volumen a retener. En primer punto, es necesario conocer el valor de la longitud de la pendiente donde se llevarán a cabo las obras (b), haciendo uso de la fórmula siguiente:

$$b = \frac{a}{\tan(\alpha)}$$

Donde:

Tan (α) = pendiente
a = Altura de la obra
b = Longitud de la pendiente

La pendiente se calculó de manera remota, primero se generó un Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución espacial de 15 metros a partir de las Curvas de Nivel del Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 serie III. Después, este MDE se procesó utilizando la herramienta "Slope" de ArcGIS Pro 3.3.1, la cual permite asignar un valor de pendiente (en este caso en porcentaje) a cada píxel del MDE considerando los metadatos de altura presentes en este.

Sustituyendo se tiene lo siguiente:

$$b = \frac{0.30\ m}{0.1} = 3$$

IV.2.2.2 Volumen de las obras

Posteriormente, se estima el volumen de retención de la obra. Por las características del almacenamiento de la obra, se considera la fórmula de volumen de un cuerpo prismático triangular:

$$\mathbf{V} = \frac{ab\ x\ l}{2}$$

Donde:

V = Volumen del cuerpo prismático.

CONSULTA PÚBLICA

ab = Área de la base (alto de la obra por largo de la obra).
l = Longitud de la pendiente para la obra.

Posteriormente se realiza el cálculo de volumen para 1 metro lineal de obra:

$$Volumen = \frac{0.3\ m * 3}{2} * 1 = 0.45$$

Obteniéndose un volumen de 0.8 m^3 por metro lineal de obra.

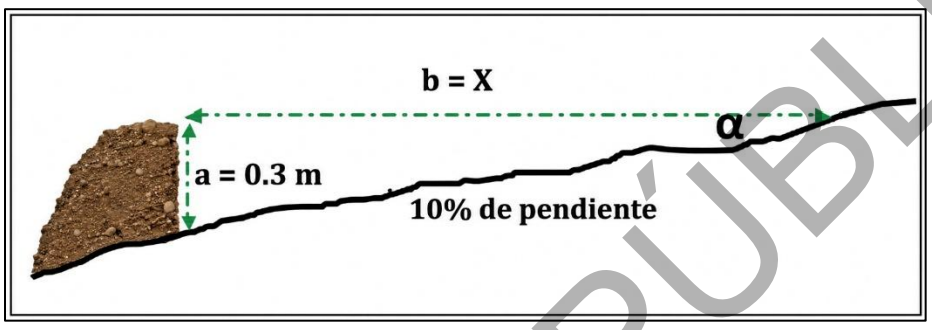


Figura 5. Dimensiones de los bordos en curvas a nivel

Para determinar la cantidad de toneladas de suelo que puede ser retenida por las obras (en toneladas), se utiliza el volumen de retención de cada obra, así como el peso volumétrico del suelo utilizando la siguiente expresión:

$$\mathbf{SR} = V * Dap$$

Donde:

SR = Suelo retenido.
V = Volumen del cuerpo prismático (m^3).
Dap = Peso volumétrico del suelo: 1.4 ton/m^3 para suelos de textura media o francos (De acuerdo con: Bolaños Jiménez, *et al*. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. CONAFOR.)

Al sustituir los valores se tiene que la cantidad de suelo retenido por cada metro lineal de obra será de:

SR= 0.45 m^3 X 1.4 Ton/m^3 = 0.63 Ton

Con la siguiente expresión se obtienen los metros de obra necesarios para retener la pérdida de suelo en una hectárea tipo.

$$\text{Metros de obra} = \frac{\text{Erosión en 1 año}}{\text{peso retenido } \left(\frac{ton}{m}\right)} = \frac{26.687\ ton}{0.63\frac{ton}{m}} = 40.8\ m$$

Por lo tanto, para cada hectárea del polígono 1 se requieren 40.8 metros de obras para retener las 26.687 toneladas, para fines prácticos esta cantidad se manejará a partir de 100 metros. Se pretende mitigar un volumen de 218.32 Toneladas, por lo que se requerirá de un total de 8.5 ha aportantes del volumen a mitigar, en dicha

CONSULTA PÚBLICA

superficie donde la erosión sería de 218.34 Ton/año; en este sentido la cantidad de metros lineales para mitigar la erosión en 8.5 ha es de 850 (8.5*100).

Tabla 6. Cantidad de obras por hectárea.

OBRAS PROPUESTAS	
Largo (L)	100
Ancho (A)	0.3
Metros de obra necesarios (considerando la capacidad de captación de la obra) para retener la erosión en 1 ha	40.8
Metros lineales propuestos en 1 ha	200
Metros lineales propuestos en 8.5 ha	1700

IV.2.2.3 Cálculo de la tasa de erosión del área propuesta para el establecimiento de las obras

La tasa de erosión del área propuesta para el establecimiento de las obras se retomó de los cálculos de erosión hídrica realizados en la descripción física de la cuenca hidrográfica, realizada en el capítulo 3 del presente ET J, en la cual se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS), desarrollada por Wischmeier y Smith (1978), utilizando la siguiente formula:

$$A=R*K*L*S*C*P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo (ton/ha/año).
R = Erosividad de la lluvia (Mj mm/ha hr año).
K = Erosionabilidad del suelo (ton/hr/Mj mm).
L = Factor por longitud de pendiente (adimensional).
S = Factor por grado de pendiente (adimensional).
C = Factor por cubierta vegetal (adimensional).
P = Factor por prácticas de manejo (adimensional).

Cada uno de los valores de la EUPS se calculó de acuerdo con las características del área de estudio:

- Tipo de suelo: Cambisol de textura media.
- Uso del suelo: Sin Vegetación aparente o cobertura escasa.
- Pendiente dominante 10%

Esto se llevó a cabo con el apoyo de capas de información geográfica del INEGI escala 1:250,000 a excepción del Modelo Digital de Elevación (MDE) el cual es escala 1:50,000 y con resolución de 15 metros (ver tabla siguiente).

Tabla 21. Capas de información geográfica para implementar la EUPS.

CAPA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	FACTOR
Precipitación (Estación meteorológica)	R
Tipos de suelo	K
Modelo Digital de Elevaciones (Resolución a 15 metros)	L, S
Uso del suelo y vegetación (delimitado en campo)	C

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se presentan de cada uno de los factores, los valores para el área propuesta para el establecimiento de las obras dentro de la Cuenca Hidrográfica (CH). Dichos factores son descritos y se desarrolla su metodología de cálculo en el apartado "IV.1.1.9 Erosión del suelo", del capítulo 4 del presente ETJ.

- Factor R = Erosividad de la lluvia igual a 2,568.652. Tomando en cuenta la ecuación de erosividad de la lluvia de acuerdo con la región donde se encuentra el área de interés y una precipitación media anual.
- Factor K = Erosionabilidad del suelo (ton/ha) = 0.04. Debido a que presenta un tipo de suelo: Cambisol con textura media.
- Factor LS = 1.00
- Factor L = Factor de longitud de la pendiente (adimensional):la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente.
- Factor S = Factor de grado de pendiente (adimensional): A medida que el grado de inclinación se incrementa, las pérdidas de suelo también aumentan.
- Factor C= Factor de cubierta vegetal (adimensional) = 0.25. Comprende una cobertura con escasa vegetación.
- Factor P= no se considera, debido a que en el área no se cuenta con prácticas de manejo.

Se realizó posteriormente la multiplicación de cada factor con forme a la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS), dando como resultado lo siguiente.

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

$$A=2{,}568.652*0.04*1.00*0.25=25.687 \text{ Ton/ha/año}$$

IV.2.2.4 Cálculo de la cantidad de obra necesaria requerida para mitigar la pérdida de suelo

Considerando que la cantidad de suelo a mitigar por la ejecución del cambio de uso de suelo es de 1,091.6 toneladas, las cuales se pretenden mitigar en 5 años. Y teniendo presente que, en una hectárea las obras lograrán retener 25.687 toneladas de suelo por año, se requiere implementar obras de conservación de suelo en 8.5 hectáreas en un total de 5 años se estaría mitigando un volumen superior al generado por el CUSTF.

Tabla 7. Superficie propuesta.

Capacidad de retención por metro lineal	0.63
Tasa de erosión de área propuesta (ton/Ha)	25.687
Superficie requerida para mitigar (218.32 Ton/año ÷ 25.687 Ton/ha/año= 8.5 ha)	8.5
Superficie propuesta	**8.5**
Erosión de área propuesta (ton/año)	**218.34**

Por lo que se construirán 1700 metros de obra, con los que se tendrá la capacidad de captar la cantidad de 218.34 toneladas de suelo en un año. Y así en un total de 5 años se mitigará un volumen total de 1091.667 toneladas.

Con la cantidad de suelo que será retenido con las obras se puede aseverar que la realización del proyecto no provocará mayor erosión a la que se presenta actualmente de manera natural en el área, la comparativa se presenta en la siguiente tabla.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 8. Volumen de captación de las obras vs. El volumen de suelo a mitigar por la ejecución del CUSTF.

EROSIÓN EN CONDICIONES ACTUALES	EROSIÓN CON REMOCIÓN DE VEGETACIÓN	EROSIÓN A MITIGAR (Ton)	CANTIDAD DE OBRAS PROPUESTAS (m)	VOLUMEN TOTAL A RETENER EN 3 AÑOS (Ton)	DIFERENCIA CAPTADA CON OBRAS
59.357	1150.957	1091.600	1700	1091.677	0.078

De acuerdo con lo anterior, la ejecución del proyecto no se aumentará la cantidad de suelo que se pierde ya que se implementarán las medidas mencionadas anteriormente con las cuales se captará una cantidad superior a la que se pierde por la ejecución del proyecto. Se presenta hoja de cálculo de Obras de conservación (ANEXO 31)

IV.3 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE OBRA A REALIZAR (FACTOR AGUA)

IV.3.1 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN DE AGUA

Actualmente el área de cambio de uso de suelo se encuentra cubierta por vegetación; principalmente especies arbóreas, dicha cobertura vegetal favorece en buena medida el proceso de infiltración; eliminar la cubierta vegetal implica la disminución de la captación de agua al mismo tiempo que se incrementa la generación de escurrimientos superficiales.

Para mitigar el impacto ocasionado se establecerán obras de captación de agua, favoreciendo el aumento de la infiltración y disminuyendo la perdida de agua por escurrimiento superficial; por otra parte, al retener suelo, cuesta arriba se inicia la revegetación principalmente de especies herbáceas, las cuales, establecen por lo general una cobertura de hasta el 100 %, incrementando así, la capacidad de infiltración.

A continuación, se presentan los valores de la cantidad de agua que se infiltra, estimado bajo dos escenarios; en condiciones actuales, una vez realizado la remoción de vegetación y la diferencia en ambos escenarios. Los datos fueron retomados del capítulo IV del presente estudio.

Comparativa.- Valores de infiltración antes y después de realizar la remoción de vegetación.

Con los datos presentados en ambos escenarios, se estimó la diferencia generada con la remoción de la vegetación, con lo que se estima que se dejará de infiltrar 2, 351.872 m^3.

Tabla 9. Comparativa de la infiltración antes y después de la remoción de la vegetación.

OBRA	TIPO DE VEGETACIÓN	PRECIPITACIÓN (m^3/año)	AGUA QUE SE INFILTRA EN EL CUSTF (m^3/año)		
			ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	VOLUMEN A MITIGAR
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo a Sin Vegetación Aparente	95,292.971	46,579.083	44,171.240	2,407.842
Total		**95,292.971**	**46,579.083**	**44,171.240**	**2,407.842**

En la tabla anterior se puede apreciar que del 100% de la precipitación en el área del proyecto (95,292.971 m^3), la cantidad de agua que se infiltra es de 46,579.083 m^3, es decir, aproximadamente el 48.9% del agua precipitada se convierte en infiltración; sin embargo, una vez eliminada la cobertura vegetal, la cantidad de agua infiltrada disminuye a un 46.9% aproximadamente; de ahí la importancia de aplicar medidas que compensen está pérdida.

CONSULTA PÚBLICA

Con la finalidad de mitigar el volumen de agua que se deja de infiltrar por la realización del cambio de uso de suelo se debe considerar que, en el área donde se pretenden establecer las obras se deberá captar el escurrimiento mediante la realización de zanjas trincheras. Se calculó el escurrimiento para una superficie en 1 hectárea tipo, considerando características particulares de la textura del suelo (media) y escasa vegetación, tal como se muestra a continuación.

IV.3.1.1 Cálculo del escurrimiento en una hectárea tipo

El cálculo del escurrimiento superficial se determinó con el método de curvas numéricas, el desarrollo de la metodología se presentó en el capítulo IV.

Tabla 10. Determinación del coeficiente de escurrimiento en una hectárea tipo (NOM-011-CONAGUA-2015).

TIPO DE VEGETACIÓN	GRUPO SUELOS	PARÁMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DEL SUELO (K)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Cubierta escasa menor de 25%	B	0.28	0.101

Tabla 11. Escurrimiento superficial en m^3 en una hectárea tipo

COBERTURA	SUPERFICIE (m^2)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (m/m^2)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)	ESCURRIMIENTO (m^3/año)
Cubierta escasa menor de 25%	10,000	0.35295	0.101	**356.761**

Considerando que la precipitación media anual en una hectárea tipo es de 3,529.5 m^3 (10,000m^2*0.35295m), el volumen de escurrimiento determinado (356.761 m^3) corresponde al 10.1 % de la lluvia precipitada en la misma superficie. Este porcentaje de escurrimiento pretende ser captado con la implementación de las obras.

IV.3.1.2 Capacidad de almacenamiento de obras y volumen de escurrimiento por evento de lluvia

De acuerdo con los datos mensuales de precipitación y días de lluvia (registros sobre lluvias máximas en 24 horas), de la estación meteorológica No. 26139 "Hermosillo II (DGE)", la cual es la estación más cercana al área para realizar las obras de conservación, se estimó la lluvia máxima para un periodo de retorno de cinco años, con el método contenido en el manual de Manual de Obras y Prácticas de Protección Restauración y Conservación de Suelos Forestales (CONAFOR, 2023).

Tabla 12. Cálculo del periodo de retorno para lluvias en 24 horas.

AÑO	LLUVIA MÁXIMA	AÑO	LLUVIA MÁXIMA ORDENADA	ORDEN	PROBABILIDAD	F=n+1/m
1965	46.8	1994	152.6	1	1.61	63.0
1966	72	1992	142	2	3.23	31.5
1967	24.5	2000	125.5	3	4.84	21.0
1968	75.5	1988	119.5	4	6.45	15.8
1969	42.3	2014	117	5	8.06	12.6
1970	31.9	1990	112.5	6	9.68	10.5
1971	86.7	2002	104	7	11.29	9.0
1972	20.9	2019	103.5	8	12.90	7.9
1973	38	2018	92	9	14.52	7.0
1974	64	2015	88	10	16.13	6.3
1975	53	1971	86.7	11	17.74	5.7
1976	50.5	2025	83	12	19.35	5.3
1977	42	2021	81	13	20.97	4.8
1978	38.5	2012	80	14	22.58	4.5

CONSULTA PÚBLICA

AÑO	LLUVIA MÁXIMA	AÑO	LLUVIA MÁXIMA ORDENADA	ORDEN	PROBABILIDAD	F=n+1/m
1979	61	1999	79.2	15	24.19	4.2
1980	67.6	2001	78	16	25.81	3.9
1981	48.8	1968	75.5	17	27.42	3.7
1982	64.6	1989	75.5	18	29.03	3.5
1983	48.5	2006	73	19	30.65	3.3
1984	62.9	1966	72	20	32.26	3.2
1985	72	1985	72	21	33.87	3.0
1986	62.5	2008	72	22	35.48	2.9
1987	40.8	2011	68	23	37.10	2.7
1988	119.5	1980	67.6	24	38.71	2.6
1989	75.5	1982	64.6	25	40.32	2.5
1990	112.5	1974	64	26	41.94	2.4
1991	39.5	1984	62.9	27	43.55	2.3
1992	142	1986	62.5	28	45.16	2.3
1993	58.3	2016	62.5	29	46.77	2.2
1994	152.6	1995	61.1	30	48.39	2.1
1995	61.1	1979	61	31	50.00	2.0
1996	40	1993	58.3	32	51.61	2.0
1997	58	1997	58	33	53.23	1.9
1998	44	2010	56	34	54.84	1.9
1999	79.2	2007	54.5	35	56.45	1.8
2000	125.5	2022	54	36	58.06	1.8
2001	78	2017	53.5	37	59.68	1.7
2002	104	2013	53.4	38	61.29	1.7
2003	45	1975	53	39	62.90	1.6
2004	29.8	1976	50.5	40	64.52	1.6
2005	39	1981	48.8	41	66.13	1.5
2006	73	1983	48.5	42	67.74	1.5
2007	54.5	1965	46.8	43	69.35	1.5
2008	72	2003	45	44	70.97	1.4
2009	21	2024	45	45	72.58	1.4
2010	56	1998	44	46	74.19	1.4
2011	68	1969	42.3	47	75.81	1.3
2012	80	1977	42	48	77.42	1.3
2013	53.4	1987	40.8	49	79.03	1.3
2014	117	1996	40	50	80.65	1.3
2015	88	1991	39.5	51	82.26	1.2
2016	62.5	2005	39	52	83.87	1.2
2017	53.5	1978	38.5	53	85.48	1.2
2018	92	1973	38	54	87.10	1.2
2019	103.5	1970	31.9	55	88.71	1.1
2020	30	2020	30	56	90.32	1.1
2021	81	2004	29.8	57	91.94	1.1
2022	54	2023	28	58	93.55	1.1
2023	28	1967	24.5	59	95.16	1.1
2024	45	2009	21	60	96.77	1.1
2025	83	1972	20.9	61	98.39	1.0

F= Frecuencia o periodo de retorno; **n=**número total de los años de registro, y **m=**número total del orden de la lluvia

Como se observa en la tabla anterior las lluvias con un periodo de retorno de 5 años corresponden a se encuentra entre los rangos 5.3 y 4.8 años y, entre 83 y 81 mm de lluvia máxima en 24 horas, al realizar la interpolación se obtiene un valor de 81.76 mm.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 13. Determinación del coeficiente de escurrimiento con un evento de lluvia máxima en 24 horas con un PR de 5 años.

COBERTURA	SUPERFICIE (m^2)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 horas (m)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)	ESCURRIMIENTO (m^3/) en 24 horas
Cubierta escasa menor de 25%	10000	0.082	0.101	**82.64**

La lluvia máxima en 24 hr estimada es de **0.082 m**, y de acuerdo con las condiciones del sitio se estimó un escurrimiento medio de **82.64 m^3/ha**; así que nuestras obras deberán ser diseñadas para captar tal cantidad de metros cúbicos por hectárea, con el supuesto de que, si nuestras obras son capaces de captar la lluvia más fuerte pronosticada a partir de 61 años de datos de lluvias máximas en 24 horas, serán capaces de captar el resto de los eventos con menor gasto. Asegurando así que se captará el escurrimiento medio anual (**356.761 m^3/año**) anteriormente calculado, el cual determinará la superficie necesaria para mitigar la disminución de infiltración (**2,407.842 m^3/año**) debido a la remoción de la vegetación.

IV.3.1.3 Dimensiones y densidad de obras.

Una vez que se conoce el volumen promedio de escurrimiento por evento de lluvia, se realiza el diseño de las dimensiones de las obras a manera que cumplan con su función eficazmente, es decir, se capte el total de agua que escurre en una superficie.

De acuerdo con esta información, se propone que las dimensiones de las zanjas sean de 5 m de largo, 0.5 m de ancho y 0.45 m de profundidad, con un tabique de separación de 0.5 metros. Y una densidad por hectárea de 320, en hileras separadas cada 10.4 metros. El volumen de cada obra se estimó de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{Volumen (V)} = \text{Longitud} \times \text{Profundidad} \times \text{Altura}$$

Donde:

Longitud **=** 2 m;
Profundidad **=** 0.4 m, y
Ancho **=** 0.4 m.

Sustituyendo los valores, se tiene que:

$$\mathbf{V = 2}\ \text{m} \times 0.4\ \text{m} \times 0.4\text{m}$$
$$V = 0.32\text{m}^3$$

CONSULTA PÚBLICA

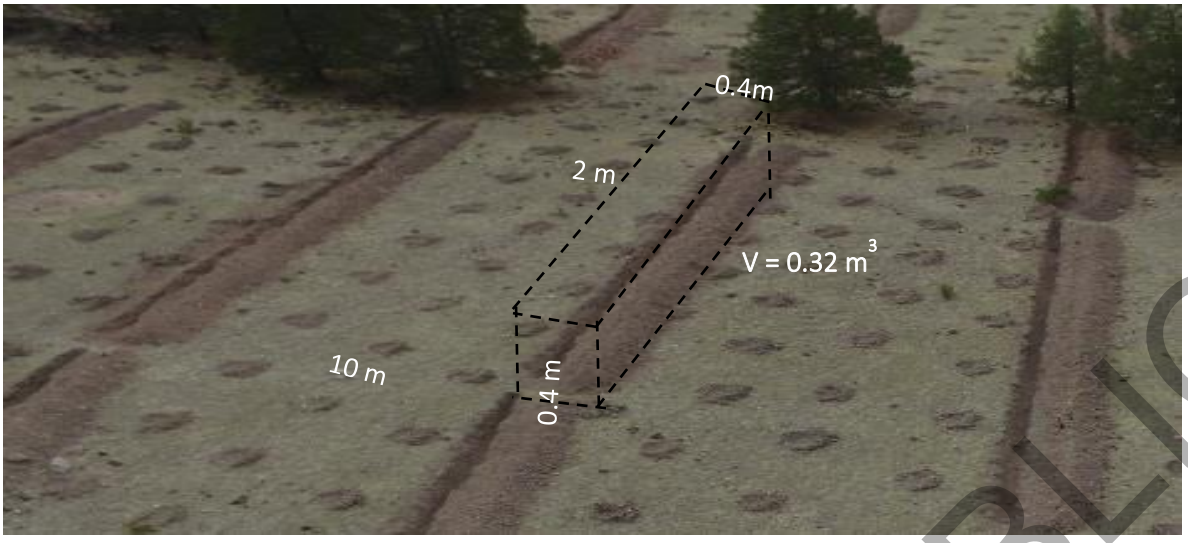


Figura 6. Dimensiones de la Tina o Zanja trinchera

Con las dimensiones antes propuestas, se tiene que las 320 obras en 1 hectárea se podrán almacenar hasta 102.4 m^3, siendo este valor mayor respecto al volumen de escurrimiento máximo por día (82.64 m^3), por lo que se asegura que con las dimensiones propuesta se logrará captar el 100% del escurrimiento en la hectárea tipo.

En caso de presentarse un evento de lluvia superior, que promueva un escurrimiento mayor a los 82.64 m^3 (siendo que este es el valor medio más alto), las obras tendrán la capacidad de almacenar una cantidad superior, ya que el volumen de captación corresponde a 102.4 m^3.

IV.3.1.4 Cálculo de la cantidad de obra necesaria y superficie requerida para mitigar la reducción de infiltración

Considerando que se requiere mitigar 2,407.842 m^3 año, y si en 1 ha tipo se captarían 356.761 m^3, entonces se tiene que la superficie necesaria para captar el volumen de agua a mitigar es de 6.7 hectáreas. No obstante, se realizarán zanjas bordo en 7 hectáreas, para obtener un mayor beneficio ecológico.

Tabla 14. Datos generales de la dinámica de trabajo.

SUPERFICIE REQUERIDA (ha)	6.7
SUPERFICIE PROPUESTA (ha)	7
DENSIDAD DE OBRAS (Obras/ha	320
CANTIDAD DE OBRAS PROPUESTAS	2,240

Con base en la densidad y la superficie de escurrimiento, donde se construirán las obras, se logrará captar en un año la cantidad de **2,497.325 m^3**, cantidad superior a la que se reduce en el proceso de infiltración una vez implementado el proyecto.

Si comparamos la cantidad de agua que se infiltra en condiciones actuales en la superficie donde se realizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la que se infiltrará una vez realizada la remoción de vegetación forestal, se nota una reducción de **2,407.842 m^3**; sin embargo, con la implementación de las obras que se proponen, se compensará esta diferencia teniendo que, al eliminar la vegetación e implementar las obras, la infiltración será superior a la que se tiene en condiciones actuales sin remoción de la vegetación (siguiente tabla).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 15. Comparativa de la infiltración con la implementación de las obras.

INFILTRACIÓN EN CONDICIONES ACTUALES (m^3)	INFILTRACIÓN CON LA EJECUCIÓN DEL CUSTF(m^3)	VOLUMEN QUE SE REDUCIRÁ CON EL CUSTF (m^3)	VOLUMEN CAPTADO POR OBRAS (m^3)	INFILTRACIÓN CON OBRAS DE CONSERVACIÓN (m^3)	DIFERENCIA (m^3)
46,579.083	44,171.240	2,407.842	2,497.325	46,668.565	**89.483**

De acuerdo con lo anterior, la ejecución del proyecto no reducirá la capacidad de infiltración de agua ya que se implementarán las medidas mencionadas anteriormente con las cuales se captará una cantidad superior a la que infiltra en condiciones actuales. Se presenta hoja de cálculo de Obras de Conservación en el ANEXO 31.

IV.4 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA

IV.4.1 BORDOS EN CURVAS A NIVEL

IV.4.1.1 Primer paso

Las curvas se trazarán conforme a los distanciamientos calculados, según el intervalo horizontal para bordos en curvas a nivel, tomando en cuenta las características del suelo.

Las líneas se marcan con señales visibles para el operador de la maquinaria, el trazo se realiza utilizando el equipo apropiado según la extensión, visibilidad y características del terreno.

IV.4.1.2 Segundo paso

Se realiza con un paso de *ripper* para el rompimiento de la capa endurecida en la superficie del suelo, en un solo paso, sobre la curva a nivel. Generalmente se utiliza un bulldozer o tractor agrícola, con un ripper o implemento integrado para roturar el suelo, por lo general con tres cinceles es suficiente, a una profundidad de corte de 30 centímetros. El objetivo de este paso es romper la capa endurecida del suelo, así como extraer y aflojar el suelo para conformar el bordo.



Figura 7. Rompimiento de la capa endurecida

IV.4.1.3 Tercer paso

El bordo se conforma mediante el uso de un instrumento de labranza denominado "bordero", el cual deberá trabajar con la mayor abertura posible, con cuatro discos de 32 a 36 pulgadas cada uno. Las dimensiones del bordo manual son las siguientes: altura efectiva de bordo 65 centímetros mínimo, ancho total de dos metros y profundidad de zanja a los costados como mínimo de 30 centímetros. Los bordos en curvas a nivel deben realizarse en terrenos con pendientes menores al 20%.

CONSULTA PÚBLICA

Recomendaciones

- Se recomienda que, al momento de trabajar el suelo, éste contenga la humedad suficiente para facilitar su manejo.
- El uso de maquinaria se recomienda en terrenos uniformes y de superficies grandes, es primordial que no se afecte la vegetación del lugar.
- En caso de utilizar otros implementos como aperos de labranza o trabajar de manera manual, se aconseja realizar el ancho de corte como mínimo de un metro y una profundidad mínima de 20 centímetros. Es necesario pasar varias veces el arado para levantar el bordo a una altura de mínima de 40 centímetros.
- Se logran buenos resultados utilizando el tractor agrícola con un arado de al menos dos discos, complementado con mano de obra y herramientas manuales.

IV.4.2 ZANJAS TRINCHERA

Consisten en la excavación o extracción y remoción de suelo a cielo abierto en áreas previamente localizadas y trazadas a curvas de nivel. A continuación, se explica la metodología para la elaboración de las obras de manera manual.

IV.4.2.1 Trazo de curvas a nivel

Las curvas se trazan conforme a los distanciamientos definidos entre cada obra, se realiza con la ayuda de nivel de mano o en su caso el aparato A, el marcado se puede realizar colocando banderas de colores, líneas de cal, o estacas en la trayectoria; posteriormente se debe marcar la superficie que ocupara la obra, es recomendable colocar hilos sobre la línea a la altura de la obra para tener una guía y lograr una mejor conformación (siguiente figura).



Figura 8. Ubicación y trazado de las curvas de nivel.

CONSULTA PÚBLICA

IV.4.2.1.1 Excavación y conformación de zanja trinchera

Sobre las curvas de nivel trazadas se inicia la excavación de zanjas de 40cm de ancho por 40 centímetros de profundidad, la cual es medida en la zona más baja de la zanja. El producto de la excavación se acomoda aguas debajo de la zanja y debe separarse de la misma en al menos 20 cm para evitar que el material regrese a la excavación, es importante que el bordo se compacte con fin de brindar estabilidad.



Figura 9. Excavación y conformación.

IV.4.2.1.2 Construcción de tabique divisor

El tabique divisor de 0.5 metros aproximadamente se construye con la finalidad de seccionar el agua almacenada y evitar que se concentre en ciertos puntos, disminuyendo el riesgo de rompimiento del bordo, la altura del dique puede ser al mismo nivel del terreno o dejarlo 10 cm debajo del mismo, para permitir el paso de agua de una zanja trinchera a otra.



Figura 10. Construcción del dique divisor.

CONSULTA PÚBLICA

En las hileras aguas abajo, deberá realizarse la excavación intercalada de las zanjas para poder llevar a cabo un diseño de "tresbolillo" con el fin de crear una red de captación en el terreno.



Figura 11. Arreglo de tipo "tres bolillo" para zanjas trincheras.

V. INDICADORES DE REALIZACIÓN

A continuación, se presentan los indicadores de éxito los cuales se evaluarán con base en el total de obras de conservación de suelo y agua.

Tabla 16. Indicadores de éxito.

IMPACTO	TIPO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Pérdida de suelo	Bordos en curvas a nivel	Metros	1700
Reducción de infiltración	Zanjas trincheras	Pieza	2,240

VI. PUNTOS DE COMPROBACIÓN

El punto de comprobación (lugar y sobre que componente ambiental) tendrá la función de verificar que las diferentes actividades correspondientes al Programa de Conservación y Restauración de Suelo y Agua sean desarrolladas en tiempo y forma, por lo que, en este caso se plantea que el lugar donde se podrá realizar la comprobación de las actividades es en las áreas propuestas en el apartado 4, Localización de las obras, del programa de obras de conservación de suelo y agua. Además, de contar con las bitácoras donde se registre las actividades que se van desarrollando.

En caso de que el área donde se realicen las obras de suelo y agua no sea la que se propuso originalmente, se presentará la justificación técnica, así como el aviso correspondiente a las autoridades para la actualización del punto de comprobación.

VII. MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN

En caso de que el acordonamiento; así como las zanjas trincheras no estén alcanzando su eficacia debido al azolve excesivo (en caso de que ocurriera), se deberá implementar actividades de mantenimiento sobre las obras existentes, con la finalidad de obtener la eficiencia esperada, utilizando el suelo captado para la reconformación de estas.

CONSULTA PÚBLICA

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la siguiente tabla se muestra el cronograma de las actividades a ejecutarse en el presente programa de conservación y restauración de suelo y agua.

Tabla 17. Cronograma de actividades para la ejecución del programa de conservación y restauración de suelo y agua.

ACTIVIDADES	Años	1												2												3	4	5	5-42
	Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12	1-12	1-12	1-12
Preparación del sitio																													
Construcción																													
Operación y Mantenimiento																													
Construcción de los bordos a curva de nivel																													
Operación y mantenimiento de los bordos a curva de nivel																													
Construcción de las zanjas trinchera																													
Operación de las zanjas trinchera																													
Seguimiento del programa																													

CONSULTA PÚBLICA

IX. LITERATURA

Comisión Nacional Forestal. 2023. Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales, (6a edición). México. 256p.

González, M. 1991. La ecuación universal de pérdida de suelo. Pasado, presente y futuro. Ecología. 5: 13-50 p.

Gray, T.H. & Leiser, A.T. 1982. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Van Nostrand Reinhold Company. 271 p.

Schosinsky, G. & M. Losilla. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central. 23: 43-55 p.

http://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/adjuntos/8afff80b7762272f5a0e0da39ba49b31.pdf
http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/23/01.pdf

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 30

PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA

CONSULTA PÚBLICA

CFE

Comisión Federal de Electricidad®



[redacted]

CONTENIDO

I . PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT 4

I.1 PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE LA FAUNA AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT 5
I.1.1 OBJETIVOS 5
I.1.1.1 GENERAL 5
I.1.1.2 PARTICULARES 5
I.1.2 METAS 5
I.1.3 LISTADOS DE ESPECIES SUSCEPTIBLES DE RESCATE, Y CRITERIOS PARA SELECCIONARLAS 6
I.1.4 METODOLOGÍA 26
I.1.4.1 PROCEDIMIENTO PARA EL AHUYENTAMIENTO, RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA 26
I.1.4.1.1 ESTUDIO PROSPECTIVO 26
I.1.4.1.2 AHUYENTAMIENTO DE AVES 28
I.1.4.1.3 AHUYENTAMIENTO DE MAMÍFEROS DE MEDIANO A GRAN TAMAÑO 29
I.1.4.1.4 TÉCNICAS DE RESCATE POR GRUPO FAUNÍSTICO 30
I.1.4.1.4.1 RESCATE Y REUBICACIÓN DE NIDOS DE AVES 30
I.1.4.1.4.2 RESCATE Y REUBICACIÓN DE ANFIBIOS 32
I.1.4.1.4.3 RESCATE Y REUBICACIÓN DE PEQUEÑOS MAMÍFEROS 34
I.1.4.1.4.4 RESCATE Y REUBICACIÓN DE REPTILES 37
I.1.4.1.5 ACCIONES O ACTIVIDADES DE AHUYENTAMIENTO DE ESPECIES DE LENTO DESPLAZAMIENTO O DE BAJA O LIMITADA MOVILIDAD 42
I.1.4.1.6 ACCIONES ESPECÍFICAS PARA ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA, DE PROTECCIÓN ESPECIAL 43
I.1.4.1.7 LUGARES DE ASEGURAMIENTO DE ESPECIES 44
I.1.5 ÁREAS DE REUBICACIÓN 46
I.1.6 SEGUIMIENTO Y MONITOREO 48
I.1.7 INDICADORES DE ÉXITO 48
I.1.8 INDICADOR DE REALIZACIÓN 48
I.1.9 INDICADOR DE DESEMPEÑO 48
I.1.10 PUNTOS DE COMPROBACIÓN 50
I.1.11 MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN 51
I.1.12 INFORMES DE SEGUIMIENTO 52
I.1.13 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESPECIES DE FAUNA CONSIDERADAS PARA RESCATE EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) DEL TIPO DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO 7
TABLA 2. LISTADO DE ESPECIES DE FAUNA REGISTRADAS EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE), EN EL TIPO DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO 9
TABLA 3. LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE ORNITOFAUNA QUE PUDIERAN INCIDIR EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 13
TABLA 4. LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE MASTOFAUNA QUE PUDIERAN INCIDIR EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 21
TABLA 5. LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE HERPETOFAUNA QUE PUDIERAN INCIDIR EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 23
TABLA 6. COORDENADAS CENTRALES DEL LUGAR DE RESGUARDO; HERMOSILLO 44
TABLA 7. COORDENADAS CENTRALES DE LOS SITIOS DE REUBICACIÓN DE FAUNA 46

CONSULTA PÚBLICA

TABLA 8. INDICADORES PARA EVALUAR EL ÉXITO DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE CONTEMPLAN EL PROGRAMA49
TABLA 9. INDICADORES DE EFECTIVIDAD DE RESCATE 50
TABLA 10. MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN 51
TABLA 11. FORMATO DE REGISTRO DE RESCATE DE INDIVIDUOS DE FAUNA 52
TABLA 12. FORMATO DE REGISTRO DE REUBICACIÓN DE INDIVIDUOS DE FAUNA 52
TABLA 13. CRONOGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA 53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. A) EXCRETAS, B) UBICACIÓN DE MADRIGUERAS 26
FIGURA 2. EJEMPLO DE COLOCACIÓN DE CÁMARAS TRAMPA 27
FIGURA 3. EJEMPLO DE COLOCACIÓN DE TRAMPAS SHERMAN Y TOMAHAWK 27
FIGURA 4. EJEMPLO DE COLOCACIÓN DE CINTAS REFLEJANTES PARA AHUYENTAMIENTO DE AVES 28
FIGURA 5. EJEMPLO DEL USO DE SILUETAS PARA AHUYENTAR AVES 29
FIGURA 6. AHUYENTAMIENTO DE FAUNA UTILIZANDO MATRACAS 30
FIGURA 7. IMAGEN ILUSTRATIVA DE UBICACIÓN DE NIDOS 32
FIGURA 8. CAPTURA Y MANEJO DE ANFIBIOS, HIDRATACIÓN DURANTE SU RESGUARDO Y TRASLADO MEDIANTE SACO HUMEDECIDO Y A LA SOMBRA 33
FIGURA 9. REUBICACIÓN DE ANFIBIO EN ÁREA CON CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA ASEGURAR SU SOBREVIVENCIA 34
FIGURA 10. PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DE TRAMPA SHERMAN 35
FIGURA 11. PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DE TRAMPA TOMAHAWK 35
FIGURA 12. CAPTURA MANUAL DE INDIVIDUOS DE ROEDORES, PARA SU POSTERIOR REUBICACIÓN 36
FIGURA 13. TRAMPA DE FOSO (MODIFICADO DE AGUIRRE-LEON (2009) 37
FIGURA 14. EJEMPLO DE LA COLOCACIÓN DE UNA TRAMPA DE DESVÍO CON TRAMPA DE FOSO (MODIFICADO DE AGUIRRE-LEON (2009) 38
FIGURA 15. EJEMPLO DE CAPTURA DE LAGARTIJAS MEDIANTE EL USO DE LAZADAS 39
FIGURA 16. EJEMPLO DEL MÉTODO DE MANIPULACIÓN DE LAGARTIJAS 39
FIGURA 17. EJEMPLO DEL EMBOLSADO DE LOS EJEMPLARES PARA LA CONTENCIÓN Y TRASLADO DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA 40
FIGURA 18. EJEMPLO DEL MANEJO ADECUADO DE VÍBORAS VENENOSAS CON LA AYUDA DE GANCHO 40
FIGURA 19. MANIPULACIÓN DE HERPETOFAUNA CON LA AYUDA DE GANCHO, PINZAS DE SUJECIÓN Y MATERIAL PARA SU RESGUARDO 41
FIGURA 20. RESGUARDO Y TRASLADO DE EJEMPLARES DE REPTILES RESCATADOS PARA SU POSTERIOR REUBICACIÓN 41
FIGURA 21. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS DE ASEGURAMIENTO DE ESPECIES 45
FIGURA 22. SITIOS DE REUBICACIÓN DE FAUNA SILVESTRE 47

CONSULTA PÚBLICA

I. PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT

La ejecución del proyecto denominado **"Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga"**, ubicado en el municipio de Hermosillo, Sonora, implica la ocupación de terrenos que sustentan vegetación forestal, por lo que las actividades asociadas al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales deberán realizarse de manera responsable y en apego a la normatividad ambiental y forestal aplicable, mediante la implementación de medidas orientadas a prevenir y reducir las afectaciones sobre la biodiversidad, los hábitats y la continuidad de los servicios ambientales.

Con el objetivo de conservar la biodiversidad presente en el área del proyecto en relación con individuos de flora y fauna de especies que estén o no catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019) que pudieran encontrarse, y con fundamento en lo que dispone el artículo 93 Sección Séptima de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cual dice: "el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se autorizará cuando se demuestre que la biodiversidad de los ecosistemas se mantenga", se realiza la presente propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna. De igual forma, el artículo 141 del reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable establece la elaboración de un: "Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo".

En el desarrollo del documento se presenta un apartado del componente flora y uno para el componente fauna, donde se desglosan las diferentes actividades que se deberán llevar a cabo como parte del rescate, reubicación y en el caso de la fauna (además) ahuyentamiento.

Estas actividades comenzarán de manera paulatina previas al inicio de obra y funcionamiento del Proyecto, siguiendo el cronograma de trabajo establecido y considerando el ciclo de vida de las diferentes especies, de modo que se maximice su porcentaje de supervivencia.

El programa contempla el establecimiento de indicadores de éxito que permitirán cuantificar resultados y tomar medidas necesarias para ayudar a la conservación de la biodiversidad y ecosistemas presentes en el sitio de proyecto. Los resultados obtenidos serán reportados demostrando la sobrevivencia de las especies.

CONSULTA PÚBLICA

I.1 PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE LA FAUNA AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT

I.1.1 OBJETIVOS

I.1.1.1 General

Mitigar los impactos negativos que se ocasionarán a la fauna silvestre durante la ejecución del proyecto, mediante acciones de rescate y reubicación.

I.1.1.2 Particulares

- Identificar especies de fauna susceptibles a ser rescatadas, incluyendo aquellas que se encuentren en algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), y/o de lento desplazamiento.
- Determinar las áreas adecuadas para la reubicación de fauna.
- Establecer una metodología adecuada para realizar el rescate y reubicación de las especies.

I.1.2 METAS

- Rescatar especies de fauna que se encuentren dentro del AP, con especial atención a la fauna con alguna categoría de riesgo.
- Reubicar la fauna a sitios adecuados donde estén fuera de cualquier peligro derivado de la ejecución del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3 LISTADOS DE ESPECIES SUSCEPTIBLES DE RESCATE, Y CRITERIOS PARA SELECCIONARLAS

Debido a la movilidad de la fauna silvestre, no es posible determinar de manera previa el número exacto de individuos que requerirán acciones de ahuyentamiento, rescate o reubicación durante la ejecución de las actividades dentro del AP. Por lo anterior, las acciones del programa se aplicarán a los ejemplares que sean localizados dentro de los frentes de intervención, considerando los siguientes criterios de prioridad:

- Se dará prioridad a las especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).
- Se dará prioridad a especies de hábitos terrestres, baja capacidad de desplazamiento, ámbito hogareño reducido o aquellas cuya condición biológica incremente su vulnerabilidad frente a las actividades de preparación del sitio.
- Para especies de mayor movilidad, particularmente aves y mamíferos de mediano y gran tamaño, se privilegiarán las acciones de ahuyentamiento dirigido, siempre que las condiciones del ejemplar y del frente de trabajo lo permitan.
- Los registros obtenidos en la Región Ecológica (RE) y los listados de especies potenciales serán utilizados como referencia para la planificación y preparación de las acciones de manejo, mientras que la aplicación operativa del programa se concentrará en el Área del Proyecto (AP) y en los frentes de intervención.

La aplicación del programa no se limitará exclusivamente a las especies incluidas en categorías de riesgo. Cualquier ejemplar de fauna silvestre localizado dentro de los frentes de intervención y que se encuentre en una situación de riesgo derivada de las actividades del proyecto será atendido mediante acciones de ahuyentamiento, rescate y/o reubicación, según corresponda.

A continuación, se presenta el listado de fauna registrada en el Área del Proyecto (AP), Región Ecológica (RE) y especies potenciales susceptibles a rescate, que pudieran incidir dentro del área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

* Listado de especies avistadas en el Área del Proyecto (AP)

De acuerdo con los datos registrados en campo, la fauna del Área del Proyecto (AP) está dominada por el grupo de aves con 48 especies, seguido por los mamíferos con 12 especies. En menor proporción se registran los reptiles con 7 especies.

Tabla 1. Especies de fauna consideradas para rescate en el Área del Proyecto (AP) del tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
Aves									
1	Aves	Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	Nativa	R	-	-	LC
2	Aves	Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	Nativa	R,MI	-	Apéndice II	LC
3	Aves	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	Nativa	R	-	-	LC
4	Aves	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	Nativa	R	-	-	LC
5	Aves	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa	R	-	-	-
6	Aves	Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	Nativa	MI	-	-	LC
7	Aves	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Nativa	R	-	-	LC
8	Aves	Cardinalidae	*Cardinalis sinuatus*	Cardenal Desértico	Nativa	R	-	-	LC
9	Aves	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa	R	-	-	LC
10	Aves	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	Nativa	MI,R	-	-	LC
11	Aves	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	R	-	-	LC
12	Aves	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	Nativa	R	-	-	LC
13	Aves	Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	Nativa	MI	-	-	LC
14	Aves	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	Nativa	R	-	-	LC
15	Aves	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	Nativa	R	-	-	LC
16	Aves	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	Nativa	R	-	-	LC
17	Aves	Icteridae	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	Nativa	MI,MV	-	-	-
18	Aves	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Nativa	MI,MV,R	-	-	LC
19	Aves	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	Nativa	R,MI	-	-	NT
20	Aves	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	Nativa	R	-	-	LC
21	Aves	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	Nativa	R	-	-	LC
22	Aves	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	Nativa	R,MI	-	-	LC
23	Aves	Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo cabeza café	Nativa	R,MI	-	-	LC
24	Aves	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	Exótica-Invasora	R	-	-	LC
25	Aves	Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín morado	Nativa	R,MV	-	-	LC
26	Aves	Passerellidae	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	Nativa	R	-	-	LC
27	Aves	Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	Nativa	MI,R	-	-	LC
28	Aves	Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	Nativa	MI,R	-	-	LC

CONSULTA PÚBLICA

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
29	Aves	Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa	MI	-	-	LC
30	Aves	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	Nativa	MI,R	-	-	LC
31	Aves	Polioptilidae	*Polioptila melanura*	Perlita del desierto	Nativa	R	-	-	LC
32	Aves	Polioptilidae	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	Nativa,Endémica	R	-	-	LC
33	Aves	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	Nativa	R,MI	-	-	LC
34	Aves	Troglodytidae	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	Nativa	R	-	-	LC
35	Aves	Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	Nativa	R,MI	-	-	LC
36	Aves	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	Nativa	R,MI	-	-	LC
37	Aves	Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	Nativa	MI,R	-	-	LC
38	Aves	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	Nativa	R,MI	-	-	LC
39	Aves	Passerellidae	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	Nativa	MI	-	-	LC
40	Aves	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	Nativa	R,MI	-	-	LC
41	Aves	Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	Nativa	R,MI	-	-	LC
42	Aves	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	Exótica-Invasora	R	-	-	LC
43	Aves	Mimidae	*Toxostoma bendirei*	Cuicacoche pico corto	Nativa	R	-	-	VU
44	Aves	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	Nativa	R	-	-	LC
45	Aves	Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	Nativa	MI,T,MV	-	-	LC
46	Aves	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	Nativa	R,MI	-	-	LC
47	Aves	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	R,MI	-	-	LC
48	Aves	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	Nativa	R,MI	-	-	LC
Mamíferos									
1	Mammalia	Heteromyidae	*Chaetodipus penicillatus*	Ratón de abazones desértico	Nativa	-	-	-	LC
2	Mammalia	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	Nativa	-	-	-	LC
3	Mammalia	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre antílope	Nativa	-	-	-	LC
4	Mammalia	Felidae	*Lynx rufus*	Lince Americano	Nativa	-	-	Apéndice II	LC
5	Mammalia	Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	-	-	-	LC
6	Mammalia	Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	Nativa	-	-	-	LC
7	Mammalia	Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	Nativa	-	-	-	LC
8	Mammalia	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	Nativa	-	-	-	-
9	Mammalia	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	Nativa	-	-	-	LC
10	Mammalia	Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	Nativa	-	-	-	LC
11	Mammalia	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	Nativa	-	-	-	LC
12	Mammalia	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Nativa	-	-	-	LC
Anfibios y Reptiles									
1	Reptilia	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	Nativa	-	-	-	DD
2	Reptilia	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	Nativa	-	A	-	LC

CONSULTA PÚBLICA

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
3	Reptilia	Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Nativa	-	Pr	-	DD
4	Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	Endémica,Nativa	-	-	Apéndice II	LC
5	Reptilia	Phrynosomatidae	*Phrynosoma solare*	Camaleón real	Nativa	-	-	Apéndice II	LC
6	Reptilia	Phrynosomatidae	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa del noroeste	Nativa	-	-	-	DD
7	Reptilia	Phrynosomatidae	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	Nativa	-	-	-	DD

1: Distribución. **P =** Residencia permanente; **T** = Transitorio; **I** = Invierno permanece en el área; **O** = Oceánica; **MV** = Migratorio en verano; **MI** = Migratorio en invierno; **V** = Verano permanece en el área; **R** = Residente en época de reproducción.

2: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019). **sc=** sin categoría **Pr=**Sujetas a Protección Especial; **A=** Amenazada; **P=** En peligro de extinción.

3: CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) **Apéndice I=** Especies que se encuentran en peligro de extinción; **Apéndice II=**Especies que no están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse; **Apéndice III=** Especies amenazadas en al menos un país.

4: UICN. **EX =** Extinta; **EW =** Extinta en estado silvestre; **CR =** En peligro de extinción; **EN =** En peligro; **VU =** Vulnerables; **NT =** Casi amenazadas; **LC =** Preocupación menor; **DD =** Datos insuficientes; **NE =** No evaluado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en campo, dentro del Área del Proyecto (AP) se registraron dos especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), catalogada como Amenazada (A), y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), catalogada como Sujeta a Protección Especial (Pr). En caso de localizar ejemplares de estas especies durante las actividades del proyecto, se dará prioridad a su manejo mediante acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación, según corresponda. Asimismo, se aplicará especial atención a cualquier otra especie con categoría de riesgo que pudiera ser detectada durante la ejecución de las actividades.

* Listado de especies avistadas en el área de la RE

De acuerdo con los resultados de los muestreos realizados en la Región Ecológica (RE), se registraron 92 especies de vertebrados terrestres, correspondientes a 64 especies de aves, 17 de mamíferos y 11 de reptiles. Dentro de este conjunto se identificaron tres especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Leptonycteris yerbabuenae* (murciélago magueyero menor) y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), ambas catalogadas como Sujetas a Protección Especial (Pr), así como *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), catalogada como Amenazada (A).

Tabla 2. Listado de especies de fauna registradas en la Región Ecológica (RE), en el tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
Aves									
1	Aves	Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	Nativa	R	-	-	LC
2	Aves	Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	Nativa	R,MI	-	Apéndice II	LC
3	Aves	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	Nativa	R	-	-	LC
4	Aves	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	Nativa	R,MI	-	Apéndice II	LC
5	Aves	Passerellidae	*Calamospiza melanocorys*	Gorrión Alas Blancas	Nativa	MI	-	-	LC

CONSULTA PÚBLICA

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
6	Aves	Trochilidae	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	Nativa	R,MI	-	Apéndice II	LC
7	Aves	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	Nativa	R	-	-	LC
8	Aves	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa	R	-	-	-
9	Aves	Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	Nativa	MI	-	-	LC
10	Aves	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Nativa	R	-	-	LC
11	Aves	Cardinalidae	*Cardinalis sinuatus*	Cardenal Desértico	Nativa	R	-	-	LC
12	Aves	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa	R	-	-	LC
13	Aves	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	Nativa	MI,R	-	-	LC
14	Aves	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	Nativa	MV,MI,R	-	-	LC
15	Aves	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	Nativa	R	-	-	LC
16	Aves	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	Nativa	R	-	-	LC
17	Aves	Tyrannidae	*Contopus cooperi*	Papamoscas Boreal	Nativa	T,MI,MV	-	-	NT
18	Aves	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	Nativa	R	-	-	LC
19	Aves	Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	Nativa	MI	-	-	LC
20	Aves	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	Nativa	R	-	-	LC
21	Aves	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	Nativa	R	-	Apéndice II	LC
22	Aves	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	Nativa	R	-	-	LC
23	Aves	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	Nativa	R,MI	-	Apéndice II	LC
24	Aves	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	Nativa	R	-	-	LC
25	Aves	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	Nativa	R	-	-	LC
26	Aves	Icteridae	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	Nativa	MI,MV	-	-	-
27	Aves	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Nativa	MI,MV,R	-	-	LC
28	Aves	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	Nativa	R,MI	-	-	NT
29	Aves	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	Nativa	R	-	-	LC
30	Aves	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	Nativa	R	-	-	LC
31	Aves	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	Nativa	R,MI	-	-	LC
32	Aves	Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo cabeza café	Nativa	R,MI	-	-	LC
33	Aves	Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	Nativa	MI,MV,R	-	-	LC
34	Aves	Tyrannidae	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas Gritón	Nativa	R,MV	-	-	LC
35	Aves	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	Exótica-Invasora	R	-	-	LC
36	Aves	Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín morado	Nativa	R,MV	-	-	LC
37	Aves	Passerellidae	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	Nativa	R	-	-	LC
38	Aves	Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	Nativa	MI,R	-	-	LC
39	Aves	Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo tigrillo	Nativa	R,MI,MV	-	-	LC
40	Aves	Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	Nativa	MI,R	-	-	LC
41	Aves	Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa	MI	-	-	LC
42	Aves	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	Nativa	MI,R	-	-	LC
43	Aves	Polioptilidae	*Polioptila melanura*	Perlita del desierto	Nativa	R	-	-	LC
44	Aves	Polioptilidae	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	Nativa,Endémica	R	-	-	LC

CONSULTA PÚBLICA

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
45	Aves	Passerellidae	*Pooecetes gramineus*	Gorrión cola blanca	Nativa	MI	-	-	LC
46	Aves	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	Nativa	R,MI	-	-	LC
47	Aves	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	Nativa	R	-	-	LC
48	Aves	Troglodytidae	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	Nativa	R	-	-	LC
49	Aves	Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	Nativa	R,MI	-	-	LC
50	Aves	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	Nativa	R,MI	-	-	LC
51	Aves	Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	Nativa	MI,R	-	-	LC
52	Aves	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	Nativa	R,MI	-	-	LC
53	Aves	Passerellidae	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	Nativa	MI	-	-	LC
54	Aves	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	Nativa	R,MI	-	-	LC
55	Aves	Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	Nativa	R,MI	-	-	LC
56	Aves	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	Exótica-Invasora	R	-	-	LC
57	Aves	Mimidae	*Toxostoma bendirei*	Cuicacoche pico corto	Nativa	R	-	-	VU
58	Aves	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	Nativa	R	-	-	LC
59	Aves	Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	Nativa	R	-	-	LC
60	Aves	Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	Nativa	MI,T,MV	-	-	LC
61	Aves	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	Nativa	R,MI	-	-	LC
62	Aves	Vireonidae	*Vireo vicinior*	Vireo gris	Nativa	MI,MV	-	-	LC
63	Aves	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	R,MI	-	-	LC
64	Aves	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	Nativa	R,MI	-	-	LC
Mamíferos									
1	Mammalia	Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope de Sonora	Nativa	-	-	-	DD
2	Mammalia	Heteromyidae	*Chaetodipus penicillatus*	Ratón de abazones desértico	Nativa	-	-	-	LC
3	Mammalia	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	Nativa	-	-	-	LC
4	Mammalia	Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Nativa	-	Pr	-	DD
5	Mammalia	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre antílope	Nativa	-	-	-	LC
6	Mammalia	Felidae	*Lynx rufus*	Lince Americano	Nativa	-	-	Apéndice II	LC
7	Mammalia	Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	-	-	-	LC
8	Mammalia	Vespertilionidae	*Myotis velifer*	Miotis mexicano	Nativa	-	-	-	LC
9	Mammalia	Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	Nativa	-	-	-	LC
10	Mammalia	Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	Nativa	-	-	-	LC
11	Mammalia	Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	Nativa	-	-	-	LC
12	Mammalia	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	Nativa	-	-	-	-
13	Mammalia	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	Nativa	-	-	-	LC
14	Mammalia	Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	Nativa	-	-	-	LC
15	Mammalia	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	Nativa	-	-	-	LC
16	Mammalia	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Nativa	-	-	-	LC
17	Mammalia	Sciuridae	*Xerospermophilus tereticaudus*	Ardillón cola redonda	Nativa	-	-	-	LC
Anfibios y Reptiles									

CONSULTA PÚBLICA

NO	TAXÓN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	(DISTRIBUCIÓN) [1]	(NOM-059) [2]	(CITES) [3]	(UICN) [4]
1	Reptilia	Teiidae	*Aspidoscelis sonorae*	Huico manchado de Sonora	Nativa	-	-	-	DD
2	Reptilia	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	Nativa	-	-	-	DD
3	Reptilia	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	Nativa	-	A	-	LC
4	Reptilia	Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Nativa	-	Pr	-	DD
5	Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	Endémica,Nativa	-	-	Apéndice II	LC
6	Reptilia	Testudinidae	*Gopherus morafkai*	Tortuga del desierto de Sonora	Nativa	-	-	Apéndice II	-
7	Reptilia	Phrynosomatidae	*Holbrookia elegans*	Lagartija sorda elegante	Nativa	-	-	-	LC
8	Reptilia	Colubridae	*Masticophis flagellum*	Culebra chirrionera roja	Nativa	-	-	-	LC
9	Reptilia	Phrynosomatidae	*Phrynosoma solare*	Camaleón real	Nativa	-	-	Apéndice II	LC
10	Reptilia	Phrynosomatidae	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa del noroeste	Nativa	-	-	-	DD
11	Reptilia	Phrynosomatidae	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	Nativa	-	-	-	DD

1: Distribución. **P =** Residencia permanente; **T** = Transitorio; **I** = Invierno permanece en el área; **O** = Oceánica; **MV** = Migratorio en verano; **MI** = Migratorio en invierno; **V** = Verano permanece en el área; **R** = Residente en época de reproducción.

2: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019). **sc=** sin categoría **Pr=**Sujetas a Protección Especial; **A=** Amenazada; **P=** En peligro de extinción.

3: CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) **Apéndice I=** Especies que se encuentran en peligro de extinción; **Apéndice II=**Especies que no están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse; **Apéndice III=** Especies amenazadas en al menos un país.

4: UICN. **EX =** Extinta; **EW =** Extinta en estado silvestre; **CR =** En peligro de extinción; **EN =** En peligro; **VU =** Vulnerables; **NT =** Casi amenazadas; **LC =** Preocupación menor; **DD =** Datos insuficientes; **NE =** No evaluado.

De estas especies, *Callisaurus draconoides* y *Crotalus atrox* fueron registradas tanto en la Región Ecológica (RE) como dentro del Área del Proyecto (AP), mientras que *Leptonycteris yerbabuenae* fue registrada en la Región Ecológica (RE), pero no dentro del Área del Proyecto (AP).

CONSULTA PÚBLICA

* Listado de especies potenciales que pudieran incidir en el Área del Proyecto (AP)

Como complemento de los registros obtenidos mediante los muestreos de campo, se realizó una revisión bibliográfica de información disponible en bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con la finalidad de identificar especies cuya distribución potencial pudiera incluir el área del proyecto. A partir de esta revisión se obtuvo un listado potencial integrado por 410 especies, correspondientes a 256 aves, 65 mamíferos y 89 especies de herpetofauna. Estos registros corresponden exclusivamente a distribución potencial y no constituyen evidencia de presencia dentro del Área del Proyecto (AP) ni de la Región Ecológica (RE); su inclusión tiene como finalidad servir como referencia preventiva para la implementación del Programa de Rescate y Reubicación de Fauna.

La riqueza específica potencial de aves está representada por **256 especies**, distribuidas en 55 familias taxonómicas, de las cuales **26 especies** se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).

Tabla 3. Listado potencial de Especies de Ornitofauna que pudieran incidir en el Área del Proyecto (AP)

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	MI,R	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	MI,R	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	MI,MV,R	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	R,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo jamaicensis calurus*	Sin nombre común	R,MI	Nativa	-	-	-
Accipitridae	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo platypterus*	Aguililla Alas Anchas	T,MI	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo regalis*	Aguililla real	MI	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	T,MV	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor	R,MV	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Circus hudsonius*	Gavilán rastrero	MI,R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Elanus leucurus*	Milano cola blanca	R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Elanus leucurus majusculus*	Sin nombre común	R	Nativa	-	-	-
Accipitridae	*Geranospiza caerulescens*	Gavilán zancón	R	Nativa	A	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Haliaeetus leucocephalus*	Águila cabeza blanca	MI,R	Nativa	P	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	R	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Alaudidae	*Eremophila alpestris*	Alondra cornuda	R	Nativa	-	LC	-
Alcedinidae	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	R	Nativa	-	LC	-
Alcedinidae	*Megaceryle alcyon*	Martín pescador norteño	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Aix sponsa*	Pato Arcoíris	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Anas acuta*	Pato golondrino	MI	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Anatidae	*Anas crecca*	Cerceta Alas Verdes	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Anas diazi*	Pato mexicano	R,MI	Nativa	-	-	-
Anatidae	*Anas platyrhynchos*	Pato norteño	MI,R	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Aythya affinis*	Pato Boludo Menor	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Aythya americana*	Pato Cabeza Roja	MI,R	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Aythya collaris*	Pato pico anillado	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Aythya valisineria*	Pato coacoxtle	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Branta canadensis*	Ganso Canadiense Mayor	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Bucephala albeola*	Pato monja	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Bucephala clangula*	Pato chillón	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Cairina moschata*	Pato real	R	Nativa	P	LC	-
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	R	Nativa	-	LC	Apéndice III
Anatidae	*Dendrocygna bicolor*	Pijije canelo	R	Nativa	-	LC	Apéndice III
Anatidae	*Lophodytes cucullatus*	Mergo cresta blanca	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Mareca americana*	Pato chalcuán	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Mareca strepera*	Pato friso	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Oxyura jamaicensis*	Pato tepalcate	MI,R	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Spatula clypeata*	Pato cucharón norteño	MI	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Spatula cyanoptera*	Cerceta canela	MI,R	Nativa	-	LC	-
Anatidae	*Spatula discors*	Cerceta Alas Azules	MI	Nativa	-	LC	-
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	MI,R	Nativa	-	LC	-
Ardeidae	*Ardea herodias*	Garza morena	MI,R	Nativa	-	LC	-
Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza Ganadera	R,MI	Exótica-Invasora	-	LC	-
Ardeidae	*Botaurus lentiginosus*	Avetoro norteño	MI,R	Nativa	A	LC	-
Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde	R,MI	Nativa	-	-	-
Ardeidae	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	MI,R	Nativa	P	NT	-
Ardeidae	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	MI,R	Nativa	-	LC	-
Ardeidae	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor	MI,R	Nativa	-	LC	-
Ardeidae	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corona Negra	R,MI	Nativa	-	LC	-
Bombycillidae	*Bombycilla cedrorum*	Chinito	MI	Nativa	-	LC	-
Caprimulgidae	*Antrostomus ridgwayi*	Tapacaminos Tucuchillo	R,MV	Nativa	-	LC	-
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	MV,MI,R	Nativa	-	LC	-
Caprimulgidae	*Phalaenoptilus nuttallii*	Tapacaminos Pandeagua	R	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	R	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Cardinalis sinuatus*	Cardenal Desértico	R	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Passerina amoena*	Colorín Pecho Canela	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Passerina caerulea*	Picogordo azul	MI,R,MV	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Cardinalidae	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	MI,MV	Nativa	Pr	LC	-
Cardinalidae	*Passerina versicolor*	Colorín morado	R,MV	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	MI,T	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo tigrillo	R,MI,MV	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	MI	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Piranga rubra*	Piranga roja	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Cardinalidae	*Spiza americana*	Arrocero americano	T,MI	Nativa	-	LC	-
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	R	Nativa	-	LC	-
Cathartidae	*Cathartes aura aura*	Sin nombre común	R	Nativa	-	-	-
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	R	Nativa	-	LC	-
Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	R,MI	Nativa	-	LC	-
Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	MI,R	Nativa	Pr	LC	-
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	R	Nativa	-	LC	-
Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	R	Nativa	-	LC	-
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita Canela	R	Nativa	-	LC	-
Columbidae	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	R	Nativa	-	LC	-
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	R	Exótica-Invasora	-	LC	-
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	R,MI	Nativa	-	LC	-
Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	R,MI	Nativa	-	LC	-
Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	R	Nativa	-	LC	-
Corvidae	*Cyanocorax colliei*	Urraca Cara Negra	R	Nativa,Endémica	-	-	-
Cuculidae	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	MV,T	Nativa	-	LC	-
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	R	Nativa	-	LC	-
Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	R	Nativa	-	LC	-
Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	R	Nativa	-	-	-
Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Falconidae	*Falco mexicanus*	Halcón mexicano	R,MI	Nativa	A	LC	Apéndice II
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	R,MI	Nativa	Pr	LC	Apéndice I
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	R,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	R	Nativa	-	LC	-
Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	R	Nativa	-	LC	-
Fringillidae	*Spinus lawrencei*	Jilguerito Cara Negra	MI,R	Nativa	-	LC	-
Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	R	Nativa	-	LC	-
Gaviidae	*Gavia immer*	Colimbo Común	MI	Nativa	-	LC	-
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	MV,MI,R,T	Nativa	-	LC	-
Hirundinidae	*Petrochelidon pyrrhonota*	Golondrina risquera	MV,T	Nativa	-	LC	-
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	R,MI	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Hirundinidae	*Tachycineta bicolor*	Golondrina bicolor	MI	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	R,MI	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Euphagus cyanocephalus*	Tordo Ojos Amarillos	MI,R	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	MI,MV	Nativa	-	-	-
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	MI,MV,R	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	MI	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	R	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	R,MV	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Molothrus ater*	Tordo cabeza café	R,MI	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	R	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Sturnella lilianae*	Sin nombre común	R	Nativa	-	-	-
Icteridae	*Sturnella neglecta*	Pradero del Oeste	R,MI	Nativa	-	LC	-
Icteridae	*Xanthocephalus xanthocephalus*	Tordo cabeza amarilla	MI	Nativa	-	LC	-
Icteriidae	*Icteria virens*	Chipe Grande	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Jacanidae	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	R	Nativa	-	LC	-
Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	R,MI	Nativa	-	NT	-
Laridae	*Hydroprogne caspia*	Charrán del Caspio	MI,R	Nativa	-	LC	-
Laridae	*Larus delawarensis*	Gaviota pico anillado	MI	Nativa	-	LC	-
Laridae	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza	R	Nativa	Pr	NT	-
Laridae	*Sterna forsteri*	Charrán de Forster	MI,R	Nativa	-	LC	-
Laridae	*Xema sabini*	Gaviota cola hendida	T	Nativa	-	LC	-
Mimidae	*Melanotis caerulescens*	Mulato azul	R	Nativa,Endémica	-	LC	-
Mimidae	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	R,MI	Nativa	-	LC	-
Mimidae	*Oreoscoptes montanus*	Cuicacoche Chato	MI	Nativa	-	LC	-
Mimidae	*Toxostoma bendirei*	Cuicacoche pico corto	R	Nativa	-	VU	-
Mimidae	*Toxostoma crissale*	Cuicacoche crisal	R	Nativa	-	LC	-
Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	R	Nativa	-	LC	-
Motacillidae	*Anthus rubescens*	Bisbita Norteamericana	MI	Nativa	-	LC	-
Odontophoridae	*Callipepla douglasii*	Codorniz cresta dorada	R	Nativa,Endémica	-	LC	-
Odontophoridae	*Callipepla gambelii*	Codorniz de Gambel	R	Nativa	-	LC	-
Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora	MI,R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Paridae	*Baeolophus wollweberi*	Carbonero embridado	R	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Geothlypis tolmiei*	Chipe Lores Negros	MI	Nativa	A	LC	-
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	MI,R	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe Oliváceo	MI,R	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Parulidae	*Leiothlypis luciae*	Chipe Rabadilla Castaña	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Leiothlypis ruficapilla*	Chipe Cabeza Gris	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Myioborus pictus*	Pavito Alas Blancas	R	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga americana*	Chipe Pecho Manchado	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	MI,R	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga coronata auduboni*	Chipe de Audubon	MI,R	Nativa	-	-	-
Parulidae	*Setophaga discolor*	Chipe de pradera	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga graciae*	Chipe Cejas Amarillas	R,MV	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga magnolia*	Chipe de Magnolias	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga nigrescens*	Chipe Negrogrís	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga occidentalis*	Chipe cabeza amarilla	MI	Nativa	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga townsendi*	Chipe de Townsend	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Aimophila ruficeps*	Zacatonero Corona Canela	R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Ammodramus savannarum*	Gorrión chapulín	MI,R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Amphispizopsis quinquestriata*	Zacatonero cinco rayas	R	Nativa	-	-	-
Passerellidae	*Calamospiza melanocorys*	Gorrión Alas Blancas	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	MI,R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Junco hyemalis*	Junco Ojos Negros	MI,R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Melospiza georgiana*	Gorrión pantanero	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Melospiza melodia*	Gorrión cantor	R,MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión sabanero	MI,R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	MI,R	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Pooecetes gramineus*	Gorrión cola blanca	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	R,MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Spizella pallida*	Gorrión pálido	MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	R,MI	Nativa	-	LC	-
Passerellidae	*Zonotrichia leucophrys*	Gorrión corona blanca	MI	Nativa	-	LC	-
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	R	Exótica-Invasora	-	LC	-
Pelecanidae	*Pelecanus erythrorhynchos*	Pelícano Blanco Americano	MI	Nativa	-	LC	-
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	R,MI	Nativa	-	LC	-
Phalacrocoracidae	*Nannopterum auritum*	Cormorán orejudo	MI,R	Nativa	-	-	-
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán oliváceo	R	Nativa	-	-	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Phasianidae	*Meleagris gallopavo*	Pavo	R	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Colaptes auratus*	Carpintero de Pechera Común	R,MI	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Colaptes chrysoides*	Carpintero de Pechera del Noroeste	R	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	R	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Leuconotopicus arizonae*	Carpintero de Arizona	R	Nativa	-	-	-
Picidae	*Melanerpes formicivorus*	Carpintero bellotero	R	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Melanerpes lewis*	Carpintero de Lewis	MI	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	R	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Sphyrapicus nuchalis*	Carpintero Nuca Roja	MI	Nativa	-	LC	-
Picidae	*Sphyrapicus ruber*	Carpintero Pecho Rojo	MI	Nativa	-	LC	-
Podicipedidae	*Aechmophorus clarkii*	Achichilique pico naranja	R,MI	Nativa	-	LC	-
Podicipedidae	*Aechmophorus occidentalis*	Achichilique pico amarillo	R,MI	Nativa	-	LC	-
Podicipedidae	*Podiceps nigricollis*	Zambullidor Orejón	MI,R	Nativa	-	LC	-
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*	Zambullidor pico grueso	R,MI	Nativa	-	LC	-
Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	R	Nativa	Pr	LC	-
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	MI,R	Nativa	-	LC	-
Polioptilidae	*Polioptila melanura*	Perlita del desierto	R	Nativa	-	LC	-
Polioptilidae	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	R	Nativa,Endémica	-	LC	-
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	R	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Psittacidae	*Amazona finschi*	Loro corona lila	R	Nativa,Endémica	P	EN	Apéndice I
Psittacidae	*Myiopsitta monachus*	Perico Monje Argentino	R	Exótica-Invasora	-	LC	-
Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	MI,R	Nativa	-	LC	-
Rallidae	*Fulica americana*	Gallareta americana	R,MI	Nativa	-	LC	-
Rallidae	*Gallinula galeata*	Gallineta Frente Roja	R,MI	Nativa	-	LC	-
Rallidae	*Porzana carolina*	Polluela Sora	MI,R	Nativa	-	LC	-
Rallidae	*Rallus limicola*	Rascón Cara Gris	MI,R	Nativa	A	LC	-
Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	R,MI	Nativa	-	-	-
Recurvirostridae	*Recurvirostra americana*	Avoceta americana	MI,R	Nativa	-	LC	-
Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	MI	Nativa	-	LC	-
Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	R	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Calidris alba*	Playero blanco	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Calidris himantopus*	Playero zancón	MI,T	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Calidris mauri*	Playero Occidental	MI,T	Nativa	A	LC	-
Scolopacidae	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Gallinago delicata*	Agachona Norteamericana	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Limnodromus scolopaceus*	Costurero pico largo	MI	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Scolopacidae	*Limosa fedoa*	Picopando canelo	MI	Nativa	A	LC	-
Scolopacidae	*Numenius americanus*	Zarapito pico largo	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Phalaropus tricolor*	Falaropo pico largo	T,MI	Nativa	-	-	-
Scolopacidae	*Tringa flavipes*	Patamarilla menor	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla mayor	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Tringa semipalmata*	Playero pihuiuí	MI	Nativa	-	LC	-
Scolopacidae	*Tringa solitaria*	Playero Solitario	MI	Nativa	-	LC	-
Sittidae	*Sitta carolinensis*	Bajapalos Pecho Blanco	R	Nativa	-	LC	-
Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	R,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Strigidae	*Athene cunicularia hypugaea*	Tecolote llanero	R,MI	Nativa	Pr	-	-
Strigidae	*Bubo virginianus*	Búho cornudo	R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Strigidae	*Megascops kennicottii*	Tecolote del Oeste	R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Strigidae	*Micrathene whitneyi*	Tecolote enano	MI,R,MV	Nativa	-	LC	Apéndice II
Sturnidae	*Sturnus vulgaris*	Estornino pinto	R	Exótica-Invasora	-	LC	-
Threskiornithidae	*Eudocimus albus*	Ibis Blanco	R,MI	Nativa	-	LC	-
Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	Espátula rosada	MI,R	Nativa	-	LC	-
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	Ibis Ojos Rojos	MI,R	Nativa	-	LC	-
Trochilidae	*Archilochus alexandri*	Colibrí barba negra	MV,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Calypte anna*	Colibrí cabeza roja	MI,R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	R,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	R	Nativa	-	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Ramosomyia violiceps*	Colibrí Corona Violeta	R	Nativa	-	-	Apéndice II
Trochilidae	*Selasphorus rufus*	Zumbador Canelo	MI	Nativa	-	NT	Apéndice II
Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	R	Nativa	-	LC	-
Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared Barranqueño	R	Nativa	-	LC	-
Troglodytidae	*Cistothorus palustris*	Saltapared Pantanero	MI,R	Nativa	-	LC	-
Troglodytidae	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	R	Nativa	-	LC	-
Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Saltapared cola larga	R	Nativa	-	LC	-
Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared Común	R,MI,T	Nativa	-	LC	-
Turdidae	*Turdus migratorius*	Mirlo primavera	R,MI	Nativa	-	LC	-
Turdidae	*Turdus rufopalliatus*	Mirlo dorso canela	R	Nativa,Endémica	-	LC	-
Tyrannidae	*Contopus cooperi*	Papamoscas Boreal	T,MI,MV	Nativa	-	NT	-
Tyrannidae	*Contopus sordidulus*	Papamoscas del Oeste	MV,T	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Empidonax difficilis*	Papamoscas amarillo del Pacífico	MI,R	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Empidonax wrightii*	Papamoscas Bajacolita	MI	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	MI,MV,R	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas Gritón	R,MV	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

AVES-ORNITOFAUNA							
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	(DISTRIBUCIÓN) [1]	ENDEMISMO	(NOM-059) [2]	(IUCN) [3]	(CITES) [4]
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	R	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	R,MI	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus flammeus*	Sin nombre común	R,MI	Nativa	-	-	-
Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	R,MI	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	R,MI	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	R	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	MI,T,MV	Nativa	-	LC	-
Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	R,MI	Nativa	-	LC	-
Tytonidae	*Tyto furcata*	Lechuza de campanario	R,MI	Nativa	-	LC	Apéndice II
Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo de Bell	MI,MV	Nativa	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo flavoviridis*	Vireo verdeamarillo	MV	Nativa	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo plumbeus*	Vireo plomizo	MI,R,MV	Nativa	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo vicinior*	Vireo gris	MI,MV	Nativa	-	LC	-

1: Distribución. **P =** Residencia permanente; **T** = Transitorio; **I** = Invierno permanece en el área; **O** = Oceánica; **MV** = Migratorio en verano; **MI** = Migratorio en invierno; **V** = Verano permanece en el área; **R** = Residente en época de reproducción.

2: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019). **sc=** sin categoría **Pr=**Sujetas a Protección Especial; **A=** Amenazada; **P=** En peligro de extinción.

3: CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) **Apéndice I=** Especies que se encuentran en peligro de extinción; **Apéndice II=**Especies que no están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse; **Apéndice III=** Especies amenazadas en al menos un país.

4: UICN. **EX =** Extinta; **EW =** Extinta en estado silvestre; **CR =** En peligro de extinción; **EN =** En peligro; **VU =** Vulnerables; **NT =** Casi amenazadas; **LC =** Preocupación menor; **DD =** Datos insuficientes; **NE =** No evaluado.

CONSULTA PÚBLICA

La riqueza específica potencial de mamíferos está representada por 65 especies, distribuidas en 23 familias taxonómicas, de las cuales 11 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).

Tabla 4. Listado potencial de Especies de Mastofauna que pudieran incidir en el Área del Proyecto (AP)

MAMÍFEROS-MASTOFAUNA						
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	(NOM-059) [1]	(IUCN) [2]	(CITES) [3]
Canidae	*Canis latrans*	Coyote	Nativa	-	LC	-
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Nativa	-	LC	-
Canidae	*Vulpes macrotis*	Zorrita del desierto	Nativa	A	LC	-
Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	Nativa	-	LC	-
Cervidae	*Odocoileus hemionus eremicus*	Desert Mule Deer	Nativa	-	-	-
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado de cola blanca	Nativa	-	LC	-
Cervidae	*Odocoileus virginianus couesi*	Venado cola blanca de Sonora	Nativa	-	-	-
Cricetidae	*Neotoma albigula*	Rata-cambalachera garganta blanca	Nativa	-	LC	-
Cricetidae	*Neotoma albigula seri*	Rata cambalachera garganta blanca	Endémica	A	-	-
Cricetidae	*Neotoma albigula varia*	Rata cambalachera de la isla Dátil	Nativa	P	-	-
Cricetidae	*Neotoma mexicana*	Rata cambalachera mexicana	Nativa	-	LC	-
Cricetidae	*Neotoma phenax*	Rata cambalachera sonorense	Endémica,Nativa	Pr	LC	-
Cricetidae	*Peromyscus eremicus*	Ratón de cactus	Nativa	-	LC	-
Cricetidae	*Peromyscus eremicus collatus*	Ratón de Turner	Endémica	A	-	-
Cricetidae	*Peromyscus merriami*	Ratón de Merriam	Nativa	-	LC	-
Cricetidae	*Sigmodon arizonae*	Rata-algodonera de Arizona	Nativa	-	LC	-
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	Nativa	-	LC	-
Erethizontidae	*Erethizon dorsatum*	Puercoespín norteamericano	Nativa	P	LC	-
Felidae	*Leopardus pardalis*	Ocelote	Nativa	P	LC	Apéndice I
Felidae	*Lynx rufus*	Lince Americano	Nativa	-	LC	Apéndice II
Felidae	*Puma concolor*	Puma	Nativa	-	LC	Apéndice I/II
Geomyidae	*Megascapheus fulvus*	Sin nombre común	Nativa	-	-	-
Heteromyidae	*Chaetodipus baileyi*	Ratón de abazones sonorense	Nativa	-	LC	-
Heteromyidae	*Chaetodipus baileyi baileyi*	Sin nombre común	Nativa	-	-	-
Heteromyidae	*Chaetodipus penicillatus*	Ratón de abazones desértico	Nativa	-	LC	-
Heteromyidae	*Dipodomys deserti*	Rata canguro de Sonora	Nativa	-	LC	-
Heteromyidae	*Dipodomys merriami*	Rata canguro de Merriam	Nativa	-	LC	-
Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre antílope	Nativa	-	LC	-
Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	Nativa	-	LC	-
Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	Nativa	-	LC	-
Mephitidae	*Conepatus leuconotus*	Zorrillo de espalda blanca norteño	Nativa	-	LC	-
Mephitidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo listado sureño	Nativa	-	LC	-
Mephitidae	*Mephitis mephitis*	Zorrillo listado norteño	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

MAMÍFEROS-MASTOFAUNA						
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	(NOM-059) [1]	(IUCN) [2]	(CITES) [3]
Mephitidae	*Spilogale leucoparia*	Sin nombre común	Nativa	-	-	-
Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago-barba arrugada	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Pteronotus fulvus*	Murciélago lomo pelón menor	Nativa	-	-	-
Mormoopidae	*Pteronotus mexicanus*	Murciélago bigotudo de Parnell	Endémica,Nativa	-	-	-
Muridae	*Mus musculus*	Ratón casero eurasiático	Exótica-Invasora	-	LC	-
Muridae	*Rattus norvegicus*	Rata gris asiática	Exótica-Invasora	-	-	-
Muridae	*Rattus rattus*	Rata negra	Exótica-Invasora	-	-	-
Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tlalcoyote	Nativa	A	LC	-
Natalidae	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	Nativa	-	LC	-
Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Nativa	Pr	DD	-
Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	-	LC	-
Physeteridae	*Physeter macrocephalus*	Ballena de esperma	Nativa	Pr	VU	Apéndice I
Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	Nativa	-	LC	-
Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí	Nativa	-	LC	Apéndice III
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	Nativa	-	LC	-
Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope de Sonora	Nativa	-	DD	-
Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii saxicola*	Sin nombre común	Nativa	-	-	-
Sciuridae	*Neotamias dorsalis*	Chichimoco	Nativa	-	LC	-
Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	Nativa	-	LC	-
Sciuridae	*Xerospermophilus tereticaudus*	Ardillón cola redonda	Nativa	-	LC	-
Soricidae	*Notiosorex crawfordi*	Musaraña desértica norteña	Nativa	A	LC	-
Suidae	*Sus scrofa*	Jabalí europeo	Exótica-Invasora	-	LC	-
Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	Nativa	-	-	-
Vespertilionidae	*Antrozous pallidus*	Murciélago desértico norteño	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Corynorhinus townsendii*	Murciélago orejón de Townsend	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Lasiurus frantzii*	Murciélago rojo	Nativa	-	-	-
Vespertilionidae	*Lasiurus xanthinus*	Murciélago amarillo	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis velifer*	Miotis mexicano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Parastrellus hesperus*	Pipistrelo del oeste americano	Nativa	-	LC	-

1: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019). **sc=** sin categoría **Pr=**Sujetas a Protección Especial; **A=** Amenazada; **P=** En peligro de extinción.

2: UICN. **EX =** Extinta; **EW =** Extinta en estado silvestre; **CR =** En peligro de extinción; **EN =** En peligro; **VU =** Vulnerables; **NT =** Casi amenazadas; **LC =** Preocupación menor; **DD =** Datos insuficientes; **NE =** No evaluado.

3: CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) **Apéndice I=** Especies que se encuentran en peligro de extinción; **Apéndice II=**Especies que no están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse; **Apéndice III=** Especies amenazadas en al menos un país.

CONSULTA PÚBLICA

La riqueza de Herpetofauna está representada por 89 especies distribuidas en 28 familias taxonómicas, de las cuales 24 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), bajo alguna categoría de riesgo; en la siguiente tabla se presentan las especies potenciales.

Tabla 5. Listado potencial de Especies de Herpetofauna que pudieran incidir en el Área del Proyecto (AP)

REPTILES Y ANFIBIOS-HERPETOFAUNA						
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	(NOM-059) [1]	(IUCN) [2]	(CITES) [3]
Boidae	*Boa sigma*	Mazacuata	Nativa	-	-	-
Bufonidae	*Anaxyrus kelloggi*	Sapito mexicano	Endémica,Nativa	-	LC	-
Bufonidae	*Anaxyrus punctatus*	Sapo de puntos rojos	Nativa	-	DD	-
Bufonidae	*Anaxyrus retiformis*	Sapo verde sonorense	Nativa	Pr	DD	-
Bufonidae	*Incilius alvarius*	Sapo del desierto de Sonora	Nativa	-	LC	-
Bufonidae	*Incilius mazatlanensis*	Sapito pinto de Mazatlán	Endémica,Nativa	-	LC	-
Charinidae	*Lichanura trivirgata*	Boa rosada del noroeste	Nativa	A	LC	Apéndice II
Colubridae	*Arizona occidentalis*	Culebra brillante	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Drymarchon melanurus*	Culebra arroyera de cola negra	Nativa	-	DD	-
Colubridae	*Gyalopion quadrangulare*	Culebra nariz ganchuda matorralera	Nativa	Pr	LC	-
Colubridae	*Lampropeltis splendida*	Falsa coralillo real del desierto	Nativa	-	DD	-
Colubridae	*Masticophis bilineatus*	Culebra chirriadora sonorense	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Masticophis flagellum*	Culebra chirrionera roja	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Oxybelis microphthalmus*	Bejuquilla Café	Nativa	-	-	-
Colubridae	*Phyllorhynchus browni*	Culebra Nariz de hoja Sonorense	Nativa	Pr	LC	-
Colubridae	*Phyllorhynchus decurtatus*	Culebra nariz lanceolada pinta	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Pituophis catenifer*	Topera	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Pituophis catenifer affinis*	Topera Sonorense	Nativa	-	-	-
Colubridae	*Rhinocheilus antonii*	Culebra narizona	Nativa	-	-	-
Colubridae	*Rhinocheilus lecontei*	Culebra de nariz larga	Nativa	-	DD	-
Colubridae	*Salvadora deserticola*	Culebra del desierto de Big Bend	Nativa	-	-	-
Colubridae	*Salvadora hexalepis*	Culebra chata occidental	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Senticolis triaspis*	Culebra ratonera	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Sonora cincta*	Banded Sand Snake	Nativa	-	-	-
Colubridae	*Sonora palarostris*	Culebra nariz de pala sonorense	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Tantilla hobartsmithi*	Culebra encapuchada del Suroeste	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Tantilla yaquia*	Culebra encapuchada yaqui	Nativa	-	LC	-
Colubridae	*Trimorphodon lambda*	Sonoran Lyre Snake	Nativa	-	LC	-
Crotaphytidae	*Crotaphytus nebrius*	Lagartija de collar sonorense	Nativa	-	DD	-
Dactyloidae	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe	Exótica-Invasora	-	DD	-
Dipsadidae	*Diadophis punctatus*	Culebra de collar	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

REPTILES Y ANFIBIOS-HERPETOFAUNA						
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	(NOM-059) [1]	(IUCN) [2]	(CITES) [3]
Dipsadidae	*Hypsiglena chlorophaea*	Culebra nocturna del desierto	Nativa	Pr	LC	-
Dipsadidae	*Hypsiglena chlorophaea chlorophaea*	Sonoran Nightsnake	Nativa	-	-	-
Elapidae	*Micruroides euryxanthus*	Serpiente coralillo sonorense	Nativa	A	LC	-
Emydidae	*Terrapene nelsoni klauberi*	Tortuga de Monte Norteña	Nativa	-	-	-
Emydidae	*Trachemys scripta*	Tortuga gravada	Nativa	-	LC	-
Emydidae	*Trachemys scripta elegans*	Tortuga pinta	Nativa	Pr	-	-
Emydidae	*Trachemys yaquia*	Jicotea yaqui	Endémica,Nativa	-	DD	-
Eublepharidae	*Coleonyx variegatus*	Gecko Bandeado del Noroeste	Nativa	Pr	LC	-
Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática	Exótica-Invasora,Nativa	-	DD	-
Gekkonidae	*Hemidactylus turcicus*	Geco casero del Mediterráneo	Exótica-Invasora,Nativa	-	LC	-
Helodermatidae	*Heloderma suspectum*	Monstruo de Gila	Nativa	A	NT	Apéndice II
Hylidae	*Dryophytes arenicolor*	Rana de árbol color arena	Nativa	-	LC	-
Hylidae	*Dryophytes wrightorum*	Mountain treefrog	Nativa	-	LC	-
Hylidae	*Smilisca fodiens*	Rana de árbol de tierras bajas	Nativa	-	LC	-
Iguanidae	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	Endémica,Nativa	-	LC	Apéndice II
Iguanidae	*Dipsosaurus dorsalis*	Iguana de desierto	Nativa	-	DD	-
Iguanidae	*Dipsosaurus dorsalis sonoriensis*	Sin nombre común	Nativa	-	-	-
Iguanidae	*Iguana iguana*	Iguana verde	Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Kinosternidae	*Kinosternon alamosae*	Casquito del noroeste	Endémica,Nativa	Pr	DD	Apéndice II
Kinosternidae	*Kinosternon integrum*	Tortuga pecho quebrado mexicana	Endémica,Nativa	Pr	LC	Apéndice II
Kinosternidae	*Kinosternon sonoriense*	Tortuga pecho quebrado sonorense	Nativa	-	NT	Apéndice II
Kinosternidae	*Kinosternon stejnegeri*	Tortuga de los charcos	Nativa	-	-	Apéndice II
Leptodactylidae	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita hojarasca	Nativa	-	LC	-
Leptotyphlopidae	*Rena humilis*	Culebrilla ciega de occidente	Nativa	-	DD	-
Microhylidae	*Gastrophryne mazatlanensis*	Sapo boca angosta de Mazatlán	Nativa	-	LC	-
Natricidae	*Thamnophis cyrtopsis*	Culebra lineada de bosque	Nativa	A	LC	-
Natricidae	*Thamnophis cyrtopsis cyrtopsis*	Culebra lineada del bosque	Nativa	-	-	-
Natricidae	*Thamnophis eques*	Culebra de agua nómada mexicana	Nativa	A	LC	-
Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	Nativa	A	LC	-
Phrynosomatidae	*Holbrookia elegans*	Lagartija sorda elegante	Nativa	-	LC	-
Phrynosomatidae	*Phrynosoma solare*	Camaleón real	Nativa	-	LC	Apéndice II
Phrynosomatidae	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa del noroeste	Nativa	-	DD	-
Phrynosomatidae	*Sceloporus clarkii clarkii*	Sonoran Spiny Lizard	Nativa	-	-	-
Phrynosomatidae	*Sceloporus magister*	Lagartija espinosa del desierto	Nativa	-	LC	-
Phrynosomatidae	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	Nativa	-	DD	-
Phrynosomatidae	*Uta stansburiana*	Lagartija de mancha lateral norteña	Nativa	A	DD	-
Phrynosomatidae	*Uta stansburiana elegans*	Lagartija norteña de mancha lateral	Nativa	-	-	-

CONSULTA PÚBLICA

REPTILES Y ANFIBIOS-HERPETOFAUNA						
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	(NOM-059) [1]	(IUCN) [2]	(CITES) [3]
Phyllodactylidae	*Phyllodactylus homolepidurus*	Salamanquesa sonorense	Endémica,Nativa	Pr	LC	-
Ranidae	*Lithobates forreri*	Rana Leopardo de Forrer	Nativa	Pr	LC	-
Ranidae	*Lithobates magnaocularis*	Rana leopardo del noreste	Endémica,Nativa	-	LC	-
Ranidae	*Lithobates yavapaiensis*	Rana leopardo de Yavapai	Nativa	Pr	DD	-
Scaphiopodidae	*Scaphiopus couchii*	Sapo cavador	Nativa	-	LC	-
Scincidae	*Plestiodon obsoletus*	Eslizón de la Gran Planicie	Nativa	-	DD	-
Teiidae	*Aspidoscelis burti*	Huico Manchado de Cañón	Endémica,Nativa	-	LC	-
Teiidae	*Aspidoscelis sonorae*	Huico manchado de Sonora	Nativa	-	DD	-
Teiidae	*Aspidoscelis stictogrammus*	Huico Manchado Gigante	Nativa	-	LC	-
Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	Nativa	-	DD	-
Teiidae	*Aspidoscelis uniparens*	Huico del pastizal del desierto	Nativa	-	DD	-
Testudinidae	*Gopherus evgoodei*	Tortuga Sinaloense de matorral	Nativa	-	DD	-
Testudinidae	*Gopherus morafkai*	Tortuga del desierto de Sonora	Nativa	-	-	Apéndice II
Typhlopidae	*Indotyphlops braminus*	Serpiente ciega afroasiática	Exótica-Invasora	-	LC	-
Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Nativa	Pr	DD	-
Viperidae	*Crotalus cerastes*	Cascabel cornuda del noroeste	Nativa	Pr	LC	-
Viperidae	*Crotalus cerastes cercobombus*	Sonoran Desert Sidewinder	Nativa	-	-	-
Viperidae	*Crotalus molossus*	Cascabel de cola negra	Nativa	Pr	DD	-
Viperidae	*Crotalus molossus molossus*	Cascabel de cola negra norteña	Nativa	-	-	-
Viperidae	*Crotalus scutulatus*	Cascabel del Altiplano	Nativa	Pr	LC	-
Viperidae	*Crotalus tigris*	Cascabel tigre	Nativa	Pr	LC	-

1: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019). **sc=** sin categoría **Pr=**Sujetas a Protección Especial; **A=** Amenazada; **P=** En peligro de extinción.

2: UICN. **EX =** Extinta; **EW =** Extinta en estado silvestre; **CR =** En peligro de extinción; **EN =** En peligro; **VU =** Vulnerables; **NT =** Casi amenazadas; **LC =** Preocupación menor; **DD =** Datos insuficientes; **NE =** No evaluado.

3: CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) **Apéndice I=** Especies que se encuentran en peligro de extinción; **Apéndice II=**Especies que no están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse; **Apéndice III=** Especies amenazadas en al menos un país.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4 METODOLOGÍA

I.1.4.1 Procedimiento para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna

I.1.4.1.1 Estudio prospectivo

La primera fase se llevará a cabo 15 días antes de que inicien las actividades de desmonte, para esta etapa se utilizará la metodología recomendada por Aranda (2000) y Reid (1997), la cual consiste en realizar recorridos diurnos (5:00-8:00 am) y nocturnos (6:00-8:00 pm) a lo largo de la trayectoria del proyecto, las horas de los recorridos podrán ser modificadas acorde a los niveles de fauna que se presenten en el primer recorrido.

Durante estos recorridos se registrarán e identificarán los organismos observados directamente, así como evidencias indirectas de su presencia, tales como huellas, excretas, madrigueras, echaderos y restos de alimentación. Asimismo, se identificarán y georreferenciarán nidos, madrigueras y otros sitios de refugio, con la finalidad de determinar las medidas de manejo aplicables en cada caso, privilegiando el ahuyentamiento y la protección in situ cuando las condiciones lo permitan, y recurriendo al rescate y reubicación cuando exista riesgo de afectación directa por las actividades del proyecto.

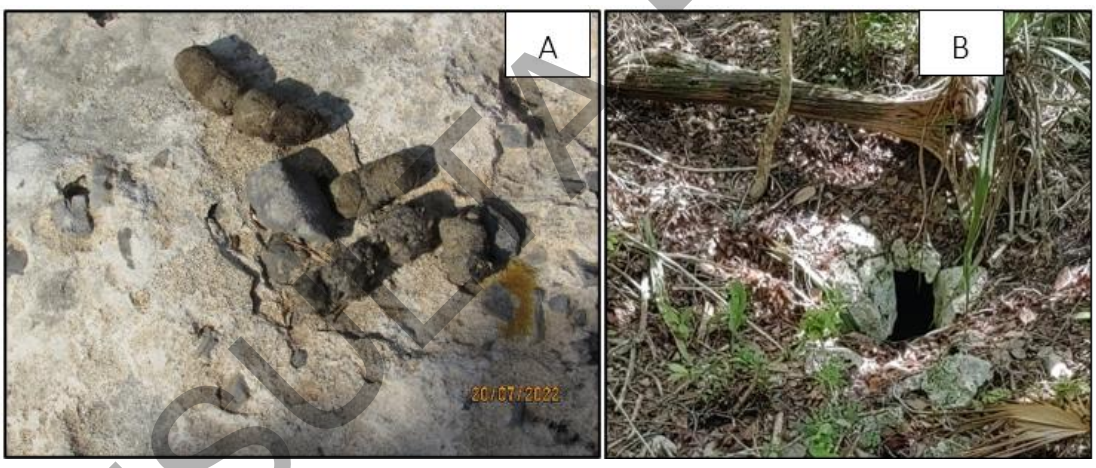


Figura 1. A) Excretas, B) Ubicación de madrigueras

Además, se colocarán cámaras trampa, así como trampas Sherman y Tomahawk, en sitios específicos con el fin de registrar individuos de fauna que no puedan ser avistados directamente.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 2. Ejemplo de colocación de cámaras trampa



Figura 3. Ejemplo de colocación de trampas Sherman y Tomahawk

COPIA CONTROLADA

I.1.4.1.2 Ahuyentamiento de aves

Las aves son muy sensibles a las perturbaciones por ruido además de ser capaces de desplazarse rápido y recorrer distancias relativamente largas, por lo que se estima que con las actividades de ahuyentamiento será suficiente para proteger a estas especies durante las actividades de preparación del sitio y construcción.

No se capturarán aves para su reubicación ya que en presencia de un factor agreste estas migran a un área circundante de características similares al de su hábitat preferencial. Sin embargo, se harán monitoreos para observar el comportamiento de estas en el área de estudio durante el proceso de la implementación del proyecto.

En caso de hacer uso de la técnica de ahuyentamiento controlando con sistemas electrónicos, los sonidos más utilizados son:

- Sonidos de depredadores (halcones, gavilanes, cernícalos).
- Llamados de alerta de aves.
- Llamados de estrés.

Los sonidos de depredadores son grabaciones de cantos de aves presa, las cuales habitan espacios rurales y urbanos. Teniendo en cuenta que no todas las aves abandonen el área a ser afectada, se deberán aplicar otros métodos que suelen usarse para ahuyentar a las aves y consisten en estímulos visuales como: cintas de colores (papel metálico), reflectores y siluetas.

<u>Cintas reflejantes</u>

Las cintas reflejantes se consideran un ahuyentador visual principalmente para aves; estas se colocarán en las ramas de los árboles o arbustos, dichas cintas emiten destellos al moverse por el viento, como colores y formas cambiantes al reflejar la luz, lo cual motiva a las aves a cambiar de dirección de vuelo. Dichas cintas se cambiarán diariamente con la finalidad de no generar un patrón de ubicación que sea identificado por las aves en un corto plazo.



Figura 4. Ejemplo de colocación de cintas reflejantes para ahuyentamiento de aves

CONSULTA PÚBLICA

Siluetas de depredadores

Consistirán en ubicar de manera estratégica siluetas de aves y animales depredadores hechos con diferentes materiales como pueden ser madera, globos de helio plástico y cartón, se recomienda utilizar siluetas de depredadores específicos dependiendo del grupo de individuos que se quieren ahuyentar. Por mencionar algunos ejemplos de siluetas que se pueden usar, están las de búhos y águilas, ya que estas aves generan fuertes estímulos en muchos individuos. La efectividad de estos métodos radica en que simula la presencia de un depredador potencial, razón por la cual los individuos necesitaran desplazarse a otra zona más segura, ver figura siguiente.



Figura 5. Ejemplo del uso de siluetas para ahuyentar aves

I.1.4.1.3 Ahuyentamiento de mamíferos de mediano a gran tamaño

El uso de matracas o megáfonos se utilizará principalmente con el fin de generar ruidos intensos los cuales alejan a la fauna silvestre, esta técnica será utilizada para el ahuyentamiento tanto de aves, mamíferos o reptiles que se encuentren en el área. Para el caso de las aves, se realizarán ruidos con las matracas o megáfonos en las horas de alimentación, que es por la mañana entre las 7:00 y las 10:00 horas y por la tarde entre las 17:00 y 19:00 horas.

Para el ahuyentamiento de mamíferos de mediano y gran tamaño, las brigadas realizarán recorridos previos al avance de los frentes de desmonte, utilizando estímulos sonoros mediante matracas o megáfonos para favorecer el desplazamiento de los ejemplares hacia zonas seguras y fuera del área de intervención. Esta técnica permitirá reducir la necesidad de captura y manipulación directa de individuos.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 6. Ahuyentamiento de fauna utilizando matracas

I.1.4.1.4 Técnicas de rescate por grupo faunístico

I.1.4.1.4.1 Rescate y reubicación de nidos de aves

En el caso de las aves, existe una alta probabilidad de que estas se desplacen durante las actividades de ahuyentamiento, así como con el ruido ocasionado por las actividades propias del proyecto.

Para las aves adultas y juveniles con capacidad de vuelo se privilegiará el ahuyentamiento, evitando su captura como medida ordinaria debido a su capacidad de desplazamiento hacia áreas circundantes. La captura únicamente se considerará de manera excepcional cuando algún ejemplar permanezca en una zona de riesgo y no responda a las técnicas de ahuyentamiento, aplicando en ese caso la técnica de manejo que corresponda y bajo la supervisión de personal capacitado.

Teniendo como objetivo establecer un protocolo técnico-operativo que permita llevar a cabo el rescate y la reubicación segura de nidos de aves silvestres que pudieran encontrarse en riesgo por actividades de desarrollo, construcción o modificación del hábitat dentro del área del proyecto, se buscará garantizar la integridad de las crías, huevos y estructuras de anidación, minimizando así el impacto sobre las poblaciones locales de avifauna.

La primera fase consiste en realizar inspecciones previas al inicio de las actividades del proyecto, para ello, se efectuarán recorridos en el área de influencia directa, preferentemente a pie y con apoyo de binoculares, con el fin de detectar la presencia de nidos:

- La búsqueda debe enfocarse en árboles, arbustos, postes, estructuras artificiales e incluso el suelo, dependiendo de la ecología de las especies presentes.
- Cada nido identificado deberá registrarse con coordenadas GPS, fotografía y una breve descripción del estado en el que se encuentra (en construcción, con huevos o con crías).
- Esta revisión debe llevarse a cabo al menos 15 días antes del inicio de actividades de preparación del sitio.

CONSULTA PÚBLICA

Una vez identificados los nidos, se evaluará cada caso individualmente para determinar si puede o no ser reubicado, en el caso de nidos con huevos o crías, se recomienda, siempre que sea posible, su protección in situ hasta que el ciclo de anidación concluya naturalmente. Sin embargo, si existe un riesgo inminente de destrucción por las actividades del proyecto, se procederá al rescate inmediato, bajo la supervisión de personal capacitado en manejo de fauna:

- Durante el rescate, es fundamental manipular los nidos con sumo cuidado, utilizando guantes para evitar la transferencia de olores.
- Los nidos deben trasladarse en cajas ventiladas, protegidas de movimientos bruscos, humedad y luz solar directa.
- Los huevos requieren un manejo térmico adecuado para evitar que pierdan viabilidad, mientras que las crías deben mantenerse en un contenedor acolchado, a temperatura estable entre 30 y 35 °C.

El sitio de reubicación deberá seleccionarse con base en las características ecológicas del nido original:

- Esto incluye vegetación similar, protección ante depredadores, orientación, cobertura y altitud.
- El nido deberá fijarse firmemente a una estructura natural o artificial que simule lo más posible el sitio original, utilizando materiales como rafia o cuerda biodegradable.
- Es importante evitar lugares expuestos a condiciones ambientales extremas, como sol directo o corrientes de aire.

Posteriormente, se realizará un monitoreo de al menos tres a cinco días consecutivos, con el fin de verificar la aceptación del nuevo sitio por parte de los adultos, el regreso al nido, la alimentación de crías (si las hubiera), y la estabilidad del mismo, se deberá documentar el proceso mediante registros fotográficos y fichas técnicas para cada nido intervenido, incluyendo observaciones relevantes.

Además del protocolo específico de rescate, se recomienda implementar medidas complementarias como la señalización de zonas con nidos activos no intervenidos, la suspensión temporal de actividades en caso de presencia de especies en categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, y el involucramiento de personal capacitado como biólogos o médicos veterinarios zootecnistas.

De igual manera, se realizará el registro de los nidos rescatados, anotando, en los casos posibles, la especie a la que pertenece ya sea mediante la identificación de los huevos, los polluelos o del nido mismo.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 7. Imagen ilustrativa de ubicación de nidos

I.1.4.1.4.2 Rescate y reubicación de anfibios

Los anfibios son un grupo faunístico que generalmente está asociado a cuerpos de agua o zonas de alta humedad, por tal motivo se realizará una búsqueda que abarque principalmente cuerpos de agua, naturales o artificiales (considerando que predominan las áreas de uso agrícola y pecuario), tales como ojos de agua, bebederos de ganado o recovecos en los árboles, ya que propician un lugar adecuado para el forrajeo y el refugio de los anfibios; se revisará distintos microhábitats presentes en la zona de obras y actividades del proyecto. Para garantizar el mayor éxito en la búsqueda de individuos, se harán las búsquedas removiendo vegetación, levantando piedras y troncos para la detección de ejemplares adultos.

De igual modo se debe considerar que los anfibios se pueden encontrar con relativa facilidad en los periodos de lluvia, además de que algunas especies tienen periodos de estivación, por lo que pueden permanecer enterrados en el suelo. Para obtener mayores resultados en la captura de larvas, se realizará una búsqueda activa, en cuerpos de agua, para la detección de anfibios en estadios larvales o de recientemente metamorfoseados. Cada transecto se recorrerá en zig-zag, con la finalidad de encontrar el mayor número de especies a rescatar, estos transectos se recorrerán con el propósito de tener un buen esfuerzo de muestreo.

Cuando se colecten renacuajos, estos deben transportarse en un frasco con agua tomada del mismo sitio donde se capturaron. De tal manera se recomienda evitar reutilizar material que fue usado en individuos enfermos (bolsas de manta, recipientes de almacenamiento). Por lo que se refiere a los anfibios adultos de vida terrestre, se tomará en cuenta la estacionalidad debido a que algunas especies son difíciles de encontrar durante periodos de secas.

Es necesario recalcar que los ejemplares de anfibios adultos serán capturados de forma manual, y se colocarán en bolsas de manta húmeda con un contenido de hojarasca y tierra para evitar en lo posible la deshidratación y el estrés de los organismos durante la manipulación, podrán ser transportados también en contenedores al área donde serán reubicados, dichos contenedores deberán contener una ligera capa de tierra húmeda y hojarasca, para evitar que se deshidraten.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 8. Captura y manejo de anfibios, hidratación durante su resguardo y traslado mediante saco humedecido y a la sombra

Solamente será colocado un individuo por cada bolsa durante el traslado al sitio de reubicación previamente designado. La captura de los adultos se podrá hacer directamente con la mano, siempre y cuando no se haya manipulado previamente sustancias (DDT, repelente, gasolina, aceite, etc.) que pueden ser absorbidas por la piel del anfibio.

Como resultado del rescate anfibios se hará una memoria-fotográfica de los sitios donde se ubicaron los transectos, con el fin de identificar rápidamente las zonas en las cuales se hizo el muestreo y la temporada del año en que se realizó el monitoreo.

Esfuerzo de captura: El esfuerzo de captura estará dado por las condiciones de hábitat presentes en cada área de obra. Por lo tanto, aun cuando se buscará anfibios en todas las áreas de rescate en el área del proyecto, el esfuerzo de captura se concentrará en los sectores cuyas condiciones de hábitat (alta humedad) son adecuadas para el desarrollo de estadios larvales de anfibios, de modo que pueden concentrar alta densidad de ejemplares durante la época reproductiva.

No obstante, se tendrá en cuenta que existen factores que hacen que el esfuerzo en la búsqueda de individuos no tenga el éxito esperado, es por eso por lo que se toma en cuenta la distribución temporal de los individuos, debido a que anfibios y reptiles tienen su propio ritmo de actividad y comportamiento (Rabinovich, 1982), lo que puede causar dificultades al realizar la búsqueda.

Manejo y Liberación: Los anfibios son individuos delicados que pueden padecer enfermedades durante las condiciones de cautiverio, razón por la cual se plantea la liberación de los individuos 24 horas como máximo después de la captura, sin embargo, el colector deberá ser cuidadoso para evitar transmitir patógenos de individuos infectados a individuos sanos.

Siguiendo las recomendaciones del Grupo Consultivo de Anfibios (ATAG, por sus siglas en inglés) de la Asociación de Zoológicos y Acuarios, cuando se manipulan ejemplares en campo hay que extremar estas precauciones usando guantes de látex y se deberá usar un par por individuo, si no hay la posibilidad de utilizar guantes lo más conveniente es lavarse las manos después de manipular un ejemplar.

CONSULTA PÚBLICA

Para la liberación, se usará la estrategia rápida denominada como "hard release" (Heyer et al, 1994) o liberación rápida, mediante la cual los animales se liberan inmediatamente desde la caja o bolsa de traslado a su nuevo ambiente, tratando que encuentren rápidamente su refugio.

La liberación de los individuos se realizará durante las últimas horas de luz. Las larvas e individuos recién metamorfoseados serán liberados en ojos de agua ubicados fuera del área del proyecto, que presenten condiciones de luminosidad, vegetación y temperatura similares a las de su lugar de origen. Previo a su liberación, las larvas serán introducidas al cuerpo de agua dentro de bolsas plásticas con agua por un período de al menos 15 minutos, con el fin de evitar cambios bruscos de temperatura que podrían ocasionar la muerte de los individuos.

Los ejemplares adultos serán liberados a orillas de los mismos ojos de agua donde se liberen las larvas, en refugios (piedras y oquedades). No se prevé que el hecho de liberar muchos ejemplares juntos implique problemas conductuales, tales como peleas por territorio; ya que de forma natural durante la estación reproductiva muchos anfibios se concentran en los cuerpos de agua, alcanzando altas densidades (lo que se denomina Lek7), para luego volver a los sitios que utilizan durante el resto del año.



Figura 9. Reubicación de anfibio en área con condiciones específicas para asegurar su sobrevivencia

I.1.4.1.4.3 Rescate y reubicación de pequeños mamíferos

Para el rescate de pequeños mamíferos se puede recurrir a la captura manual mediante la utilización de las manos o pueden ser indirectos con ayuda de palos con lazos, en el caso de especies nocturnas es posible usar linternas para causar el encandilamiento de los individuos, facilitando su captura.

La identificación de las madrigueras será una de las primeras actividades (15 días antes de iniciar la preparación del sitio) que se realizará dentro de las actividades de rescate y protección de este grupo, en caso de encontrar crías y sea imposible su translocación, se procederá a la colocación de banderines, esto con la finalidad de evitar que se realicen obras y puedan dañar a la fauna que pudiera estar ocupándola. Una vez capturados los animales, se procederá a sellar la madriguera para evitar que sea ocupada nuevamente.

CONSULTA PÚBLICA

Antes de colocar las trampas para la captura de pequeños mamíferos se evaluará el tipo de cebo a utilizar basado en la alimentación de los individuos a rescatar (omnívoros, herbívoros y carnívoros) algunos se enlistan a continuación para dar ejemplos:

- **Cebos para carnívoros:** Se suele usar cebos vivos, animales muertos o trozos de carne.
- **Cebos para herbívoros:** Pastas hechas con avena, harina de maíz y crema de cacahuate.
- **Cebos para omnívoros**: Suelen ser cebos en forma de pastas como; avena, harina de maíz, miel, pasas, crema de cacahuate y varias semillas. También se puede utilizar grasas y carne cruda.

Se colocarán trampas Sherman y/o Tomahawk, debido a que estas trampas proveen la ventaja de ser más livianas, se colocará el cebo; avena, vainilla y/o crema de cacahuate, en el doble piso que mantiene activa la puerta por donde entran los individuos estas trampas se colocarán antes del ocaso y distribuidas cada 5 metros de acuerdo con los criterios del especialista. Las trampas serán revisadas diariamente en las primeras horas del día posterior.



Figura 10. Preparación e instalación de trampa Sherman

En el caso de otros mamíferos pequeños que no sean del orden Rodentia, se utilizarán trampas Tomahawk, colocadas antes del ocaso y se distribuirán cada cinco metros de acuerdo con los criterios del especialista.



Figura 11. Preparación e instalación de trampa Tomahawk

Una vez que se hayan capturado los animales, se procederá a manipularlo con guantes de carnaza y serán colocados en un lugar seguro para su traslado. Asimismo, es necesario cubrir los contenedores con mantas, para evitar que los animales se estresen y se lastimen o enfermen. Todos los individuos capturados en trampas serán identificados a nivel de especie con la ayuda de guías especializadas, sexados y fotografiados.

CONSULTA PÚBLICA

En cuanto a los individuos que cayeron en las trampas, se mantendrán de manera individual en un lugar seco y fresco hasta su traslado a los sitios de reubicación dentro de las primeras 24 horas. Los lugares donde se realicen las capturas serán caracterizados mediante una ficha, indicando aspectos tales como; especies vegetales dominantes, cobertura vegetal y exposición.

En caso de no poder capturar a los animales con algún tipo de trampa (Sherman y/o Tomahawk) debido a que se encuentren refugiados en madrigueras, se procederá a su extracción directa, tomando todas las precauciones para no lastimar al animal (por este tipo de actividades es que el ejecutor del programa deberá contar con buena experiencia en el manejo de fauna silvestre).

Una vez capturado, se procederá a manipularlo con guantes de carnaza y será colocado en un lugar seguro para su traslado. Asimismo, es necesario cubrir los contenedores con mantas, para evitar que los animales se estresen y se lastimen o enfermen. Todos los individuos capturados en trampas serán identificados a nivel de especie con la ayuda de guías especializadas, sexados y fotografiados. Se mantendrán en las trampas de manera individual en un lugar seco y fresco hasta su traslado a los sitios de reubicación dentro de las primeras 24 horas.

Los lugares donde se realicen las capturas serán caracterizados mediante una ficha, indicando aspectos tales como especies vegetales dominantes, cobertura vegetal y exposición, se rescatarán todos los ejemplares de mamíferos de talla pequeña, capturados y no sólo las especies en categoría de conservación, debido a la poca vagilidad.

Manejo y liberación: Luego de ser capturados, los individuos serán trasladados al sitio de liberación en las mismas trampas tipo Sherman y/o Tomahawk, esto permitirá disminuir la manipulación de los animales con el objeto de reducir el estrés. Los roedores capturados serán liberados teniendo en cuenta las características de sustrato, cobertura vegetal, exposición y pendiente, presentes en sus respectivos lugares de captura.



Figura 12. Captura manual de individuos de roedores, para su posterior reubicación

Los individuos que no puedan ser liberados debido a que se encuentren en estado crítico de salud, se encuentren heridos o se encuentren en estado juvenil debido a que son individuos rescatados de madrigueras y sean incapaces de valerse por sí mismos, serán trasladados por las autoridades correspondientes hasta asegurar su supervivencia.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.1.4.4 Rescate y reubicación de reptiles

Los reptiles debido a su baja movilidad y a sus hábitos territoriales son uno de los grupos más afectados en la etapa de preparación del área del proyecto. Todas las especies de reptiles serán sometidas a acciones de rescate y reubicación, debido a que pueden encontrarse listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 o cumplen con los criterios de ser de hábito terrestre, baja movilidad, hábitos hipogeos y territoriales.

Captura: Para las técnicas de captura de los saurios, se usarán las recomendadas por Aguirre-León en 2009, para el rescate de reptiles el horario para la búsqueda será establecido según lo descrito por Casas-Andreu et al, 1991, pudiéndose modificar según los horarios de actividad de cada especie; sin embargo se propone un horario de 8:00 a 13:00 y nuevamente de 14:00 a 18:00 horas para especies con actividad diurna, esto con la finalidad de encontrar la mayor cantidad de individuos y la exploración de más de un sitio de muestreo, teniendo en cuenta que la actividad de los reptiles inicia después de las primeras horas de la mañana hasta las 18:00 horas.

Se realizarán transectos múltiples (según la accesibilidad de los predios), la distancia que deberá de existir entre observadores será de dos metros (MINAM, 2015). Con la ayuda de este método, las búsquedas de especies a rescatar son minuciosas logrando contabilizar individuos de anfibios y reptiles; estos transectos se recorrerán por un periodo de siete días desde la mañana hasta la noche con el propósito de tener un mayor esfuerzo de muestreo por zona y búsqueda activa, removiendo hojarasca y levantando piedras, troncos o árboles caídos en el área del proyecto, así como en la ampliación de caminos y en los trazos de nuevos caminos.

Teniendo en cuenta las condiciones del área del proyecto se recomienda, usar trampas de desvió con trampas de caída (MINAM, 2015), a condición de que la vegetación sea uniforme y no se encuentre con alto grado de perturbación. Por otra parte, estas trampas han sido muy utilizadas durante los inventarios de herpetofauna debido a que actúan interceptando a los individuos conduciéndolos a una trampa de foso, esto ha demostrado gran efectividad en la captura de anfibios y reptiles para inventarios herpetofaunísticos y rescate de individuos. El material para la realización de esta trampa es lona de plástico enterrado en el suelo 10 cm y 50 cm sobre el suelo y para la trampa de foso es necesario contar con cubetas de 5 a 20 litros.

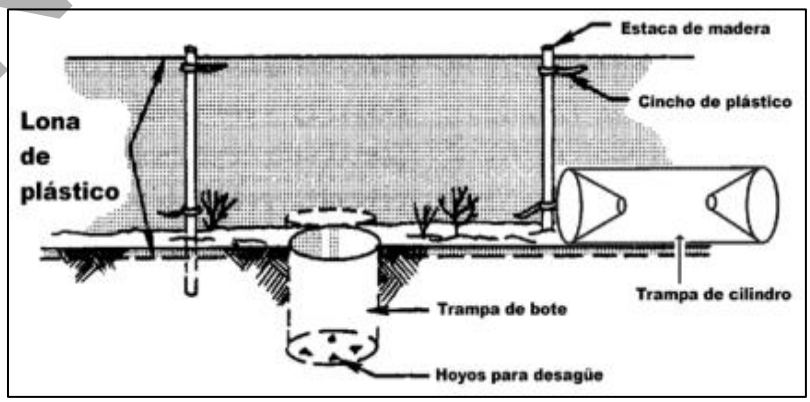


Figura 13. Trampa de foso (Modificado de Aguirre-Leon (2009)

CONSULTA PÚBLICA

La instalación de estas trampas se realizará previa a las actividades con uso de maquinaria (2 días antes) y se revisarán diariamente para verificar que se hayan atrapado ejemplares de reptiles.



Figura 14. Ejemplo de la colocación de una trampa de desvío con trampa de foso (Modificado de Aguirre-Leon (2009)

Para las técnicas de captura de los saurios, se usarán las recomendadas por Casas Andreu *et al* (1991), en donde se recomienda la utilización de lazos de nylon con nudos corredizos sujetos a una caña o cualquier instrumento de extensión, el cual permitirá acercarse a los ejemplares para ser lazados por el cuello, además de los lazos por las propias características del sitio, los ejemplares podrán ser capturado incluso a mano teniendo en cuenta las siguientes consideraciones para su correcta sujeción y manipulación:

- Los ejemplares no deberán ser tomados con las manos si estas han estado expuestas a algún tipo de contaminante (solvente, pintura, aceites etc.).
- Los ejemplares no deberán ser sujetados por la cola, debido a que un mecanismo de defensa de estas especies es la autotomía caudal "desprendimiento voluntario de la cola" para distraer a un posible depredador, esto compromete la salud del ejemplar ya que la cola en las lagartijas funciona como un reservorio de grasa para sobrevivir a temporadas de escases de alimento.
- Si los ejemplares corren hacia algún sitio distante del derecho de vía deberá valorarse si es necesaria la captura para su reubicación, ya que como se ha mencionado estas especies están bien adaptadas a los sitios urbanos, por lo que podría bastar con su ahuyentamiento.
- Tener especial cuidado en ejemplares hembras que se note que pudiesen encontrarse grávidas (Abdomen ovalado y más amplio que el resto del cuerpo).
- Los ejemplares una vez capturados deberán sujetarse de alguna extremidad para ser depositados en algún contenedor temporal para su reubicación.

CONSULTA PÚBLICA

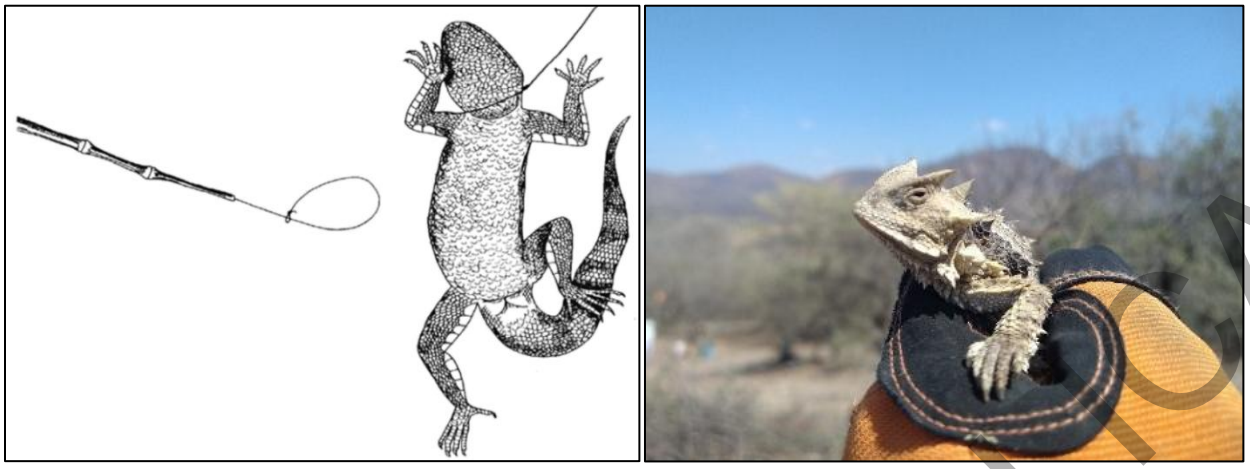


Figura 15. Ejemplo de captura de lagartijas mediante el uso de lazadas

El grado de dificultad de la captura dependerá del hábitat, la especie y su temperatura corporal. Sin embargo, la mayoría de los saurios después de esconderse volverán a percharse en el mismo sitio, y la temperatura corporal puede bajarse mediante pistolas de agua, este método es inocuo para el organismo y facilita el trabajo del colector, se ejemplifica la manipulación directa de lagartijas.



Figura 16. Ejemplo del método de manipulación de lagartijas

Una vez capturados los ejemplares, estos deberán colocarse en contenedores temporales, mediante los cuales serán llevados a los sitios de reubicación. Para evitar lastimar y/o estresar a los organismos, es preferible introducirlos en botes de plástico agujerados para su ventilación, o en su defecto en sacos de manta los cuales mantendrán a los organismos en un equilibrio térmico evitando su muerte por choques térmicos.

El traslado al área de liberación deberá efectuarse en medida de lo posible el mismo día, ya sea al término de la jornada o en turnos durante el transcurso de esta, dependiendo de la distancia, al trasladar los ejemplares en vehículo, se extremarán precauciones para que los mismos no mueran por choques de calor al elevarse considerablemente la temperatura en el vehículo.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 17. Ejemplo del embolsado de los ejemplares para la contención y traslado durante la ejecución del programa

Si por las condiciones de la jornada no pudiera realizarse la liberación de los ejemplares el mismo día, estos deberán permanecer en un sitio fresco y en bolsas de manta, hasta el día de su liberación, cuyo tiempo no deberá exceder de 24 horas; al momento de la liberación de los ejemplares estos deberán ser hidratados con agua potable y colocados en sitios con cobertura vegetal suficiente para que el o los ejemplares puedan encontrar refugio lo más pronto posible.

El manejo de serpientes siempre será ejecutado como si se tratara de un ejemplar venenoso, aunque este no lo sea, evitando sujetar de la cola al ejemplar, la sujeción de los ejemplares por la cabeza se llevará a cabo solo si es necesario, tal es el caso de: marcaje, curaciones del animal en caso de que tenga heridas graves, así como embolsado de ejemplares de tamaño adecuado, tal y como se muestra en las figuras siguientes, su manipulación se realizará en todo momento haciendo uso del gancho herpetológico para evitar el contacto manual con el individuo, por lo que se reduce el daño por mordeduras y envenenamiento, esto garantiza la salud del individuo y la del operador que realiza el trabajo:

- Los individuos serán colocados en bolsas de manta y de tamaño adecuado.
- Se georreferenciará cada captura y los ejemplares serán identificados a nivel de especie, con ayuda de guías especializadas, sexados, medidos y fotografiados.
- Los lugares donde se realicen las capturas serán caracterizados mediante una ficha, indicando aspectos tales como el sustrato, cobertura vegetal, pendiente y exposición.



Figura 18. Ejemplo del manejo adecuado de víboras venenosas con la ayuda de gancho

CONSULTA PÚBLICA



Figura 19. Manipulación de herpetofauna con la ayuda de gancho, pinzas de sujeción y material para su resguardo

Esfuerzo de captura: El esfuerzo de captura estará dado por las condiciones de hábitat presentes en cada frente de trabajo y por los resultados de las actividades de campo, aunado a lo anterior, el personal encargado en la ejecución de dichas actividades, estará en función de los frentes de trabajo en donde se realicen las actividades de preparación del sitio, para lo cual se deberá de considerar personal técnico y jornales, los cuales ejecutarán el programa en esta primer etapa del proyecto. Para la etapa de construcción, las actividades de rescate se realizarán de manera ocasional y/o fortuita, por lo cual el personal encargado de dichas actividades estará conformado solo por personal técnico.

Manejo y liberación: Los reptiles como serpientes deberán transportarse dentro de una bolsa de tela y/o en cajas de plástico selladas y debidamente rotuladas, con la especie que se encuentra dentro, especificando si es venenoso o no.



Figura 20. Resguardo y traslado de ejemplares de reptiles rescatados para su posterior reubicación

Para la liberación, se usará la estrategia de liberación directa, denominada como "hard release" (Heyer *et al*, 1994). En la liberación rápida los animales se liberan inmediatamente desde la caja o bolsa de traslado a su nuevo ambiente, tratando que encuentren refugio rápidamente, sea durante el día o la noche.

CONSULTA PÚBLICA

Los puntos importantes que se deben considerar para reubicar a los organismos en los sitios mencionados anteriormente son los siguientes:

- Liberar pocos individuos en cada lugar, evitando agresiones entre individuos de la misma especie.
- Liberar a los adultos separados de los juveniles.
- Liberar machos y hembras en la misma proporción.
- No liberar depredadores cerca de presas.

I.1.4.1.5 Acciones o actividades de ahuyentamiento de especies de lento desplazamiento o de baja o limitada movilidad

Si una vez implementadas las actividades de ahuyentamiento mencionadas con anterioridad, los individuos considerados de lento desplazamiento aún permanecen en el área de proyecto, se efectuarán las siguientes actividades:

- Durante el estudio prospectivo, se localizarán sitios potenciales de refugio de aves, anfibios, reptiles y mamíferos de lento desplazamiento.
- Una vez identificados, estos se señalizarán con cintas, se procederá con la toma de coordenadas del punto con un GPS para su localización y posterior seguimiento.
- Se informará a la contratista de los sitios marcados y su ubicación para evitar daños a los taxones.
- Se procederá con la eliminación de restos de alimentos y de refugio, mediante el corte de la hierba, remoción de pilas de leña, basura y desperdicios, pero sobre todo la acumulación de piedras y otros materiales, troncos y restos de madera.
- Se llevarán a cabo actividades de ahuyentamiento simultáneamente con las actividades de preparación del sitio.

Actividades específicas de captura por grupo faunístico, enfocado en especies consideradas de lento desplazamiento o baja movilidad.

- Para el caso de especies que permanezcan en el área del grupo de Ornitofauna, se implementará el trampeo mediante red de nieblas para su captura, una vez capturada se procederá con la eliminación del área de refugio, percha o hábitat.
- Para el grupo de Herpetofauna (reptiles) que permanezcan en el área por su grado de dificultad de la captura, la cual dependerá del hábitat, la especie y su temperatura corporal. Sin embargo, la mayoría de los saurios después de esconderse vuelven a percharse en el mismo sitio, la temperatura corporal se reducirá mediante pistolas de agua, este método es inocuo para el organismo y facilitara su captura.
- Para especies del grupo de Mastofauna en caso de no poder capturar a los animales con algún tipo de trampa (Sherman y/o Tomahawk) debido a que se encuentren refugiados en madrigueras, se procederá a su extracción directa, tomando todas las precauciones para no lastimar al animal, en estos casos, se atrapará con la ayuda de un agarra-perros y guantes de carnaza.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.1.6 Acciones específicas para especies de importancia ecológica, de protección especial

A continuación, se plasman las acciones específicas para especies de importancia ecológica y protección especial, mismas que serán implementadas para cada uno de los individuos que se encuentre en el área.

- Si los ejemplares se desplazan hacia algún sitio distante del proyecto deberá valorarse si es necesaria la captura para su reubicación.
- Para evitar lastimar o estresar a los organismos, se introducirán en botes de plástico y/o cajas agujeradas para su ventilación, o en su defecto en sacos de manta los cuales mantendrán a los organismos en un equilibrio térmico evitando su muerte por choques térmicos.
- Solamente será colocado un individuo por cada bolsa, bote o caja durante el traslado al sitio de reubicación previamente designado.
- Los ejemplares no deberán ser tomados con las manos si estas han estado expuestas a algún tipo de contaminante (solvente, pintura, aceites etc.).
- El traslado al área de liberación deberá efectuarse en medida de lo posible el mismo día, ya sea al término de la jornada o en turnos durante el transcurso de esta, dependiendo de la distancia.
- Al trasladar los ejemplares en vehículo, se extremarán precauciones para que los mismos no mueran por choques de calor al elevarse considerablemente la temperatura en el vehículo.
- Tener especial cuidado en ejemplares hembras que se note que pudiesen encontrarse grávidas (Abdomen ovalado y más amplio que el resto del cuerpo).

Si por las condiciones de la jornada no pudiera realizarse la liberación de los ejemplares el mismo día, estos deberán permanecer en un sitio fresco y en bolsas de manta, hasta el día de su liberación, cuyo tiempo no deberá exceder de 24 horas; al momento de la liberación de los ejemplares estos deberán ser hidratados con agua potable y colocados en sitios con cobertura vegetal suficiente para que los ejemplares puedan encontrar refugio lo más pronto posible.

Para su liberación se tomarán las siguientes precauciones asegurando su adaptación y sobrevivencia.

a) Liberar pocos individuos en cada lugar, evitando agresiones entre individuos de la misma especie.
b) Liberar a los adultos separados de los juveniles.
c) Liberar machos y hembras en la misma proporción.
d) No liberar depredadores cerca de presas.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.1.7 Lugares de aseguramiento de especies

Si durante la implementación de las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de especies de fauna silvestre, se captura algún ejemplar que requiera cuidados previos a su liberación, estos serán trasladados a centros veterinarios de fauna silvestre con pretendida ubicación en; Hermosillo, en el estado de Sonora, la elección del centro veterinario estará en función a la cercanía de donde se realicen las actividades de rescate y preparación del sitio, los cuales serán los encargados del monitoreo medico de los ejemplares, hasta que estos presenten las condiciones idóneas para su reubicación a su medio natural.

A continuación, se integran las coordenadas del sitio considerado para el aseguramiento de las especies que así lo requieran.

Tabla 6. Coordenadas centrales del lugar de resguardo; Hermosillo

COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N		
LUGAR	COORDENADAA (X)	COORDENADA (Y)
Hermosillo	502,739.23	3,218,998.19

CONSULTA PÚBLICA



Figura 21. Ubicación geográfica de los sitios de aseguramiento de especies

CONSULTA PÚBLICA

I.1.5 ÁREAS DE REUBICACIÓN

En primera instancia se consideraron las zonas aledañas al área del proyecto, que presenten condiciones naturales similares a las del sitio de extracción y que presenten un aceptable grado de conservación que permita la sobrevivencia de los ejemplares.

Posteriormente se presenta las coordenadas centrales de cada uno de los sitios.

Tabla 7. Coordenadas centrales de los sitios de reubicación de fauna

COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N		
PUNTO REUBICACIÓN	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
1	497,983.00	3,234,766.00
2	498,262.00	3,232,795.00
3	499,750.00	3,231,123.00
4	495,737.00	3,229,235.00
5	495,889.00	3,227,589.00
6	489,957.00	3,219,926.00
7	486,739.00	3,218,394.00
8	483,444.00	3,217,096.00

Los puntos centrales de los sitios propuestos se presentan en la siguiente figura.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 22. Sitios de reubicación de fauna silvestre

CONSULTA PÚBLICA

I.1.6 SEGUIMIENTO Y MONITOREO

El seguimiento y monitoreo a las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación se realizará antes, durante y después del desmonte, así como durante la construcción del proyecto, mediante la obtención de evidencias de la correcta aplicación de los métodos antes descritos, de manera que se procure que no ocurran muertes de ningún individuo de alguna especie faunística. Se llevará en una bitácora el registro de los individuos que sean rescatados y capturados, la cual contendrá, entre otros datos, los siguientes:

- Las especies de fauna que fueron rescatadas y las coordenadas de extracción.
- Ubicación (coordenadas) de las áreas destinadas para la reubicación, especificando los criterios técnicos y biológicos aplicados para su selección.
- Registro fotográfico de las actividades relativas al rescate, los individuos rescatados, así como de las tareas de reubicación dichas evidencias serán integradas a los informes de cumplimiento.
- Se establecerán indicadores para evaluar el éxito del rescate de fauna.

I.1.7 INDICADORES DE ÉXITO

La sobrevivencia y continuidad de aquellas especies y/o comunidades afectadas por el desarrollo de un proyecto constituye un indicador de éxito desde una perspectiva de conservación. Con relación a esto se propone la formulación de indicadores de realización y de desempeño que permitan estimar de manera cuantificable y simple la realización de las medidas previstas y sus resultados. Dicho lo anterior, para el seguimiento y evaluación del éxito del rescate, manejo y reubicación de fauna se emplearán dos indicadores:

I.1.8 INDICADOR DE REALIZACIÓN

Se cuantificará el número de rescates de fauna realizados con respecto a los grupos faunísticos y en la etapa del proyecto en que hayan sucedido. Además, se indicará cuantos de los rescates fueron de individuos de especies identificadas con algún estatus de riesgo conforme a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019).

I.1.9 INDICADOR DE DESEMPEÑO

La estrategia para evaluar la aplicación del Programa, de las especies listadas o no en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), se medirá al final de las diferentes etapas: [I] ahuyentamiento, [II] rescate y [III] reubicación, con base en la información registrada en las bitácoras de trabajo, las cuales serán generadas con el inicio de la ejecución del programa.

En el caso del ahuyentamiento, la evaluación de migración de los individuos ahuyentados permitirá medir el éxito de los métodos aplicados por el programa. Para tener evidencias y poder medir la migración se anotará la información en un formato que contenga como información mínima: sitio, coordenadas geográficas, etapa de la obra, fecha y hora del suceso, nombre científico, común de la especie, descripción de la técnica empleada para el ahuyentamiento, características del hábitat y registro fotográfico de la actividad.

CONSULTA PÚBLICA

Para evaluar el éxito de la medida de **rescate**, se debe tener en cuenta:

- El área cubierta (superficie) por el rescate en relación con el área total que será intervenida. El valor de aceptación de este parámetro deberá de corresponder al 100 %, dado que la superficie de aplicación del programa deberá de ser mayor o igual a la superficie autorizada por el resolutivo para la implementación del proyecto.
- El número de especies y ejemplares rescatados (total de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019) y de interés biológico).
- La proporción de individuos rescatados con relación al total de individuos observados o abundancias estimadas por especies.
- Describir la estructura poblacional de las especies rescatadas.

Para obtener el índice de éxito de reubicación de individuos de las especies incluidas y no, en la Norma. El valor de aceptación deberá de corresponder al 100 %, dado que el total de individuos rescatado deberá ser igual al total de individuos reubicados.

En el manejo de los individuos del programa, se considera la supervivencia de individuos reubicados en áreas destinadas a la protección o sitios de reubicación. Por lo que el valor de aceptación deberá de corresponder al 100 %, teniendo una relación del total de individuos sobrevivientes igual al total de individuos reubicados.

En la siguiente tabla, a manera de resumen se presentan los Indicadores para evaluar el éxito de la ejecución de las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre sujeta al programa establecido para el proyecto.

Tabla 8. Indicadores para evaluar el éxito de la ejecución de las actividades que contemplan el programa

ETAPA DEL PROGRAMA	PARÁMETRO	INDICADOR DE REFERENCIA PARA EVALUAR EL ÉXITO DE LA APLICACIÓN DE LAS ACCIONES DEL PROGRAMA	ACCIÓN CORRECTIVA
Ahuyentamiento	Número de individuos ahuyentados	100% de la superficie autorizada sometida a actividades de ahuyentamiento	Recorridos previos al inicio de la etapa de desmonte del Proyecto
Rescate	Número de individuos rescatados	≥ 100 % de la superficie autorizada sometida a actividades de rescate	Rescate de individuos faunísticos con actividades de rescate de flora
Reubicación	Número de individuos reubicados	100% de individuos rescatados = al 100% de individuos reubicados	Reubicación en sitios previamente seleccionados
Sobrevivencia	Sobrevivencia de individuos reubicados	Total, de individuos rescatados=Total de individuos reubicados	Manipulación de los individuos, lo mínimo posible.

Los siguientes indicadores se realizarán con la finalidad de conocer los avances y resultados que se obtengan de la aplicación del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, de tal manera que esta medida de mitigación sea ubicable, cuantificable y verificable. A continuación, se describirán los indicadores.

CONSULTA PÚBLICA

1. Indicador de avance con respecto a la superficie autorizada para la implementación del proyecto:

$$\frac{SR}{SA} \leq 1$$

Donde:

SR = Es la superficie total de avance.

SA = Es la superficie total autorizada para la implementación del proyecto.

Los avances se medirán cada vez que se implementen las actividades de rescate, ya que el desmonte se realizará de manera gradual y unidireccional, se medirá en una escala de 0-1, una vez realizada las actividades en su totalidad en la superficie autorizada el valor dará como resultado 1.

2. Indicador del total de organismos rescatados con respecto al total liberados:

$$E = (B/A) \times 100$$

Donde:

E =Efectividad del rescate, manejo y reubicación de fauna.

A = Número de individuos rescatados.

B = Número de individuos sobrevivientes durante el manejo y hasta su liberación.

El resultado de efectividad del programa se ubicará en una escala porcentual (de 0 a 100 %) y se le asignará una categoría de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 9. Indicadores de efectividad de rescate

EFECTIVIDAD	
GRADO (%)	ÍNDICE
0 a 33	Baja
34 a 67	Media
68 a 100	Alta

I.1.10 PUNTOS DE COMPROBACIÓN

El punto de comprobación (lugar y sobre que componente ambiental) tendrá la función de verificar que las diferentes actividades correspondientes al programa de rescate y reubicación de fauna sean desarrolladas en tiempo y forma, por lo tanto debido a que la fauna se encuentra en constante movimiento, la ejecución de las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación, podrán ser comprobadas mediante visitas al área del proyecto durante la ejecución de estas actividades, a manera de verificar la ausencia de fauna en el área del proyecto y la nula afectación de esta; además de que, se deberá contar con la evidencia fotográfica y bitácoras correspondientes.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.11 MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN

En caso de que no se alcancen los objetivos establecidos, se deberán llevar a cabo medidas emergentes o de urgente aplicación, para lo cual, es necesario tomar en consideración indicadores de éxito, a continuación, se presentan las medidas a aplicar.

Tabla 10. Medidas de urgente aplicación

INDICADORES	MEDIDA EMERGENTE
Ausencia de fauna en el área del proyecto durante el desarrollo de las actividades de desmonte.	Realizar el ahuyentamiento de la fauna antes del inicio de las actividades diarias correspondientes a la remoción de vegetación, con la finalidad de que se desplacen a zonas aledañas y evitar algún tipo de afectación. En caso de encontrar individuos faunísticos, rescatar y proveer atención y cuidados veterinarios con la finalidad de asegurar su estabilidad, y posteriormente reubicarlos en sitios distantes.
Nula afectación de los individuos durante el proceso de rescate.	Proveer atención y cuidados veterinarios con la finalidad de asegurar su estabilidad, y posteriormente reubicarlos en sitios distantes.
Registro de las actividades de rescate y reubicación de individuos de fauna.	Realizar informes de cumplimiento de las actividades, integrando información de los individuos rescatados y reubicados.

Así mismo, en caso de tener que rescatar ejemplares de la fauna que presenten rasgos de alguna enfermedad contagiosa o lesiones físicas, deberán ser puestas en revisión para evitar el contagio de enfermedades a más individuos de la población.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.12 INFORMES DE SEGUIMIENTO

Una vez obtenido el resolutivo de Cambio y Uso de Suelo en Terrenos Forestales del presente proyecto, se llevará a cabo la entrega de informe de actividades en los tiempos que establezca en el oficio resolutivo.

Tabla 11. Formato de registro de rescate de individuos de fauna

FORMATO DE SEGUIMIENTO PARA EL RESCATE DE FAUNA			
Familia:	Especie:		Fecha:
Localización general:			Hora:
Latitud:	Longitud:	Altitud:	
Condiciones de captura:			Foto:
Método de captura:			
Descripción del hábitat:			
Descripción del animal:			

Tabla 12. Formato de registro de reubicación de individuos de fauna

N°	ESPECIE		ÁREA DE REUBICACIÓN		CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE REUBICACIÓN
	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	COORDENADAS		
			X	Y	

CONSULTA PÚBLICA

I.1.13 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El calendario de trabajo del Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre se presenta 15 días previo y paralelo al desmonte del terreno y la etapa de construcción del proyecto.

Tabla 13. Cronograma de rescate y reubicación de fauna

ETAPAS DEL PROYECTO		ANTES DE PREPARACIÓN DEL SITIO	Tiempo	PREPARACIÓN DEL SITIO (MESES)	CONSTRUCCIÓN (MESES)																							
ACTIVIDADES		15 DÍAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Fase 1: Estudio Prospectivo	Ubicación de nidos y/o madrigueras		4 meses																								
	Colocación de cintas reflejantes		Continuo																								
	Uso de matracas y megáfonos		Continuo																								
Fase 2: Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación	Ubicación de nido y desalojo de madrigueras		Continuo																								
	Colocación de trampas Tomahawk y Sherman		Continuo																								
	Colocación de trampas con barreras de desvío		Continuo																								
	Captura de serpientes		Continuo																								
	Reubicación de especies		Continuo																								
Fase 3: Seguimiento	Informes de seguimiento*		2 mese por año																								

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 29

PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I . PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT 1

I.1 PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE LA FLORA AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT 2
I.1.1 OBJETIVOS 2
I.1.1.1 GENERAL 2
I.1.1.2 PARTICULARES 2
I.1.2 METAS 2
I.1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES PARA RESCATE 3
I.1.3.1 ESPECIES SUJETAS A RESCATE 5
I.1.3.1.1 ESPECIES ENLISTADAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 6
I.1.3.1.2 ESPECIES DE LENTO CRECIMIENTO Y DIFÍCIL REGENERACIÓN 7
I.1.3.1.3 ESPECIES SIN REGISTROS EN LA CH 7
I.1.3.1.4 ESPECIES REPRESENTATIVAS DEL ECOSISTEMA POR DIFERENCIA DE IVIE 7
I.1.3.1.5 ESPECIES REPRESENTATIVAS DEL ECOSISTEMA POR DIFERENCIA DE INDIVIDUOS POR HECTÁREA 9
I.1.3.1.6 NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE A EXTRAER MEDIANTE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE RESCATE 9
I.1.4 METODOLOGÍA 11
I.1.4.1 MARCAJE Y TOMA DE COORDENADAS DE LAS ESPECIES A RESCATAR 11
I.1.4.2 RESCATE 12
I.1.4.2.1 GERMOPLASMA 12
I.1.4.2.2 EXTRACCIÓN DE EJEMPLARES 15
I.1.4.2.3 EXTRACCIÓN MEDIANTE PARTES VEGETATIVAS 17
I.1.4.3 ACCIONES ESPECÍFICAS PARA ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y PROTECCIÓN ESPECIAL, SI SE LLEGARAN A IDENTIFICAR 19
I.1.4.4 SITIO DE RESGUARDO TEMPORAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS ESPECIES 19
I.1.4.5 TRASLADO DE PLANTA 21
I.1.4.6 ACTIVIDADES DE REUBICACIÓN 22
I.1.4.6.1 DENSIDAD DE PLANTACIÓN 22
I.1.4.6.2 TERRAZAS INDIVIDUALES 24
I.1.4.6.3 ELABORACIÓN DE CEPAS 24
I.1.4.6.4 PLANTACIÓN 25
I.1.4.7 ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN 26
I.1.4.7.1 CERCO PERIMETRAL 26
I.1.4.7.2 BRECHA CORTAFUEGO 29
I.1.4.8 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE REUBICACIÓN 30
I.1.4.9 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 32
I.1.4.9.1 DESHIERBE Y RECONFORMACIÓN DE TERRAZAS INDIVIDUALES 32
I.1.4.9.2 LIMPIEZA Y RECONFORMACIÓN DE TERRAZAS 33
I.1.4.9.3 INSTALACIÓN DE TUTORES 34
I.1.4.9.4 CONTROL FITOSANITARIO 35
I.1.4.9.5 FERTILIZACIÓN 37
I.1.4.9.6 RIEGOS DE AUXILIO 39
I.1.4.9.7 PODAS DE FORMACIÓN 40
I.1.4.9.8 MANTENIMIENTO DE BRECHAS CORTAFUEGO 41
I.1.4.9.9 MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA PERIMETRAL 42
I.1.4.9.10 MONITOREO 43
I.1.5 INDICADORES DE ÉXITO 45
I.1.5.1 TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO 45
I.1.5.2 CANTIDAD DE PLANTA 45

CONSULTA PÚBLICA

I.1.5.3 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA 46
I.1.6 MEDIDAS DE RESPUESTA 47
I.1.7 INFORME DE AVANCES Y RESULTADOS 48
I.1.8 INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DEL RESCATE Y REUBICACIÓN 50
I.1.8.1 TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO 50
I.1.8.2 SUPERFICIE DE RESCATE Y REUBICACIÓN 50
I.1.8.3 CANTIDAD DE PLANTA 50
I.1.9 BENEFICIOS DE LA REUBICACIÓN DE ESPECIES 51
I.1.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LISTADO DE ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 6
TABLA 2. LISTADO DE ESPECIES A RESCATAR DE LENTO CRECIMIENTO Y DIFÍCIL REGENERACIÓN 7
TABLA 3. LISTADO DE ESPECIES A RESCATAR POR DIFERENCIA DE IVIE 8
TABLA 4. LISTADO DE ESPECIES A RESCATAR MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE PLANTA COMPLETA 9
TABLA 5. LISTADO DE ESPECIES A RESCATAR MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE PLANTA COMPLETA 9
TABLA 6. LISTADO DE ESPECIES A RESCATAR MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE RENUEVOS 10
TABLA 7. LISTADO DE ESPECIES A EXTRAER MEDIANTE PROPAGACIÓN VEGETATIVA O EXTRACCIÓN DE EJEMPLARES 11
TABLA 8. DENSIDADES REGISTRADAS POR HECTÁREA EN LA CH Y EL AP 22
TABLA 10. COORDENADAS DEL SITIO PROPUESTO PARA LA REUBICACIÓN DE FLORA 30
TABLA 12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE REUBICACIÓN 45
TABLA 13. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE A RESCATAR Y REUBICAR PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO 45
TABLA 14. CLAVES PARA DESCRIBIR LA CONDICIÓN DE LA PLANTA 46
TABLA 15. INDICADORES PARA LA DESCRIPCIÓN DE DAÑO DE LA REUBICACIÓN ESTABLECIDA 46
TABLA 16. CLAVES PARA DESCRIBIR EL VIGOR DE LAS PLANTAS 46
TABLA 17. FORMATO TIPO PARA EL REGISTRO DE INDICADORES DE ÉXITO DE LA REUBICACIÓN ESTABLECIDA 47
TABLA 18. EJEMPLO DE LA BITÁCORA DE REGISTRO DE LAS ESPECIES DE FLORA A RESCATAR Y REUBICAR 48
TABLA 19. EJEMPLO DE LA BITÁCORA DEL INFORME DE ACTIVIDADES 49
TABLA 20. SUPERFICIE REFORESTADA COMO INDICADOR DE EVALUACIÓN 50
TABLA 21. ESPECIES CONSIDERADAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010 50
TABLA 22. ESPECIES CONSIDERADAS DE LENTO CRECIMIENTO Y DIFÍCIL REGENERACIÓN 50
TABLA 23. ESPECIES POR DIFERENCIA DE ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA IVIE 50
TABLA 24. CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO 52
TABLA 25. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS ESPECIES REUBICADAS PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO 52

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DE LOS CRITERIOS DE LAS ESPECIES A RESCATAR 5
FIGURA 2. ESPECIE ENLISTADAS EN LA NOM-059-SEMARAT-2010, 1) *OLNEYA TESOTA*, 2) *COCHEMIEA MAINIAE*, 3) *COCHEMIEA SHELDONII* Y 4) *LOPHOCEREUS SCHOTTII* 6
FIGURA 3. ESPECIE ENCONTRADA EN EL AP, CONSIDERADA DE LENTO CRECIMIENTO Y DIFÍCIL REGENERACIÓN, 1) *PENIOCEREUS STRIATUS* Y 2) *STENOCEREUS THURBERI* 7
FIGURA 4. ESPECIES A RESCATAR POR DIFERENCIA DE IVIE; 1) *BURSERA MICROPHYLLA*, 2) *NELTUMA VELUTINA*, 3) *CALLIANDRA ERIOPHYLLA*, 4) *COLUBRINA VIRIDIS*, 5) *CONDALIA GLOBOSA*, 6) *DIANTHERA CANDICANS*, 7) *FORESTIERA*

CONSULTA PÚBLICA

ANGUSTIFOLIA, 8) *LYCIUM ANDERSONII*, 9) *RANDIA THURBERI*, 10) *SENEGALIA GREGGII*, 11) *CYLINDROPUNTIA FULGIDA*, 12) *ECHINOPTERYS EGLANDULOSA* Y 13) *IBERVILLEA SONORAE* 8
FIGURA 5. MARCAJE Y TOMA DE COORDENADAS DE LAS ESPECIES A RESCATAR 11
FIGURA 9. IMAGEN ILUSTRATIVA DEL RESCATE DE ESPECIES 15
FIGURA 10. MARCAJE DE LA CARA NORTE PARA SU POSTERIOR REUBICACIÓN (CACTÁCEAS) 16
FIGURA 11. REMOCIÓN DEL SUELO, PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS INDIVIDUOS 16
FIGURA 12. IMAGEN ILUSTRATIVA DEL CORTE DE ESQUEJES 18
FIGURA 13. IMAGEN ILUSTRATIVA DEL VIVERO PROVISIONAL PARA EL RESGUARDO DE LOS EJEMPLARES 19
FIGURA 14. CORTE DE RAÍZ A INDIVIDUOS RESCATADOS, PARA SU POSTERIOR APLICACIÓN DE AZUFRE AGRÍCOLA 20
FIGURA 15. TRASLADO DE INDIVIDUOS DE PORTE CHICO MEDIANTE CARRETILLAS O COLOTES 21
FIGURA 16. IMAGEN ILUSTRATIVA DEL ACOMODO DE INDIVIDUOS RESCATADOS 21
FIGURA 17. ELABORACIÓN DE TERRAZAS INDIVIDUALES 24
FIGURA 18. ELABORACIÓN DE CEPAS 24
FIGURA 19. PROCESO DE PLANTACIÓN 25
FIGURA 23. VISTA GENERAL DE LA APERTURA DE UNA BRECHA CORTAFUEGO 29
FIGURA 24. CONDICIONES ACTUALES DEL PREDIO 30
FIGURA 25. ÁREA DE REUBICACIÓN DE FLORA PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX 31

CONSULTA PÚBLICA

I. PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT

La ejecución del proyecto denominado **"Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga"**, ubicado en el municipio de Hermosillo, Sonora, implica la ocupación de terrenos que sustentan vegetación forestal, por lo que las actividades asociadas al Área del Proyecto deberán realizarse de manera responsable y en apego a la normatividad ambiental y forestal aplicable, mediante la implementación de medidas orientadas a prevenir y reducir las afectaciones sobre la biodiversidad, los hábitats y la continuidad de los servicios ambientales.

Con el objetivo de conservar la biodiversidad presente en el área del proyecto en relación con individuos de flora y fauna de especies que estén o no catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019) que pudieran encontrarse, y con fundamento en lo que dispone el artículo 93 Sección Séptima de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cual dice: "el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se autorizará cuando se demuestre que la biodiversidad de los ecosistemas se mantenga", se realiza la presente propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna. De igual forma, el artículo 141 del reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable establece la elaboración de un: "Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo".

En el desarrollo del documento se presenta un apartado del componente flora y uno para el componente fauna, donde se desglosan las diferentes actividades que se deberán llevar a cabo como parte del rescate, reubicación y en el caso de la fauna (además) ahuyentamiento.

Estas actividades comenzarán de manera paulatina previas al inicio de obra y funcionamiento del Proyecto, siguiendo el cronograma de trabajo establecido y considerando el ciclo de vida de las diferentes especies, de modo que se maximice su porcentaje de supervivencia.

El programa contempla el establecimiento de indicadores de éxito que permitirán cuantificar resultados y tomar medidas necesarias para ayudar a la conservación de la biodiversidad y ecosistemas presentes en el sitio de proyecto. Los resultados obtenidos serán reportados demostrando la sobrevivencia de las especies.

CONSULTA PÚBLICA

I.1 PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE LA FLORA AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT

I.1.1 OBJETIVOS

I.1.1.1 General

Mitigar los impactos negativos que se ocasionarán a la flora silvestre durante la ejecución de la remoción de la vegetación, mediante acciones de rescate de flora.

I.1.1.2 Particulares

- Identificar especies de flora susceptibles a ser rescatadas incluyendo aquellas que se encuentren en algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), especies de lento crecimiento o de importancia ecológica y algún otro criterio que demuestre a necesidad de ser rescatada.
- Establecer una metodología adecuada para realizar el rescate, reubicación y establecimiento de las especies.

I.1.2 METAS

- Se rescatarán y reubicarán las especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con un total de 867 individuos para el tipo de vegetación de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.
- Se rescatarán y reubicarán especies consideradas de lento crecimiento y difícil regeneración, con un total de 128 individuos para el tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.
- Se rescatarán y reubicarán 769 individuos cuya diferencia de IVIE es mayor en el AP con respecto a la RE, para el tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES PARA RESCATE

Los principales criterios considerados para la selección de las especies susceptibles para el rescate y reubicación de flora silvestre fueron los siguientes:

Criterio 1) Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010:

Las especies que estén enlistadas en alguna de las categorías de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), se rescatara la totalidad de los individuos si se registra alguna especie.

Criterio 2) Especies de lento crecimiento y difícil regeneración:

Son aquellas especies vulnerables por su especialidad de requerimientos de hábitat y de sus propias condiciones para su propagación, se rescatará la totalidad de los individuos de las especies catalogadas como de lento crecimiento y difícil regeneración, si se registra alguna especie.

Criterio 3) Especies sin registros en la CH:

Son las especies las cuales durante los muestreos realizados no se presentaron registros dentro de la CH.

Criterio 4) Especies cuya diferencia en el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) sea mayor en el AP respecto de la CH.:

El índice de valor de importancia ecológico (IVIE) es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad. Este valor es resultado de la suma de la Dominancia Relativa (DR), la Densidad relativa (Dr) y la Frecuencia Relativa (FR), siendo el valor máximo del 300 % (considerando que cada parámetro suma un 100 %); mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes (House P. *et al.*, 2006). Este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio por una especie determinada, con respecto a las demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985). Las especies que obtienen más altos valores son las especies más importantes en el ecosistema (área de estudio) es decir, que tienen más abundancia, cobertura y frecuencia. En este sentido en el ***capítulo V*** del ETJ se presentó el comparativo de los valores de IVIE y densidad por hectárea para el tipo de vegetación y por estrato, de las especies presentes en el área del proyecto (AP) y en la Cuenca hidrográfica (CH).

El procedimiento de este cálculo se basa en restar el porcentaje del IVIE del área del proyecto (AP) al de la CH, se consideran los valores positivos, siendo estos los que presentan mayor índice de valor de importancia en el área del proyecto (AP) con respecto a la CH, la diferencia se multiplica por la densidad total de cada especie del área del proyecto (AP) y se divide entre 300, siendo este el rango en el cual se mide el Índice de Valor de Importancia Ecológica. Para este criterio se deberá rescatar como mínimo dos individuos para cada especie.

CONSULTA PÚBLICA

Diferencia de IVIE = (IVIE área del proyecto (AP) - IVIE CH) se consideran los valores positivos

No. De individuos a rescatar = (Diferencia de IVIE * Densidad total por especie / 300)

Criterio 5) Especies por diferencia de densidad por hectárea:

El procedimiento de este cálculo se basa en restar la densidad por hectárea del área del proyecto (AP) al de la CH, se consideran los valores positivos, siendo estos los que presentan mayor número de individuos por hectárea en el área del proyecto (AP) con respecto a la CH.

El porcentaje de diferencia; se obtiene mediante la ***diferencia de densidad ind^{-1}*** de cada especie, multiplicado por 100, dividido entre la densidad total de área del proyecto (AP), representando el porcentaje de individuos que no se registró en la CH con respecto al área del proyecto (AP).

El número de individuos a rescatar; se obtiene al multiplicar el porcentaje de diferencia, por la densidad total de cada especie del área del proyecto (AP) y se divide entre 100. Para este criterio se deberá rescatar como mínimo dos individuos para cada especie.

Diferencia de densidad ind^{-1} = (Densidad ind^{-1} área del proyecto (AP)) - (Densidad ind^{-1} CH), se consideran los valores positivos

% de diferencia = (Diferencia de densidad ind^{-1} * 100 / Densidad ind^{-1} área del proyecto (AP))

No. De individuos a rescatar = (% de diferencia * Densidad total por especie / 100)

CONSULTA PÚBLICA

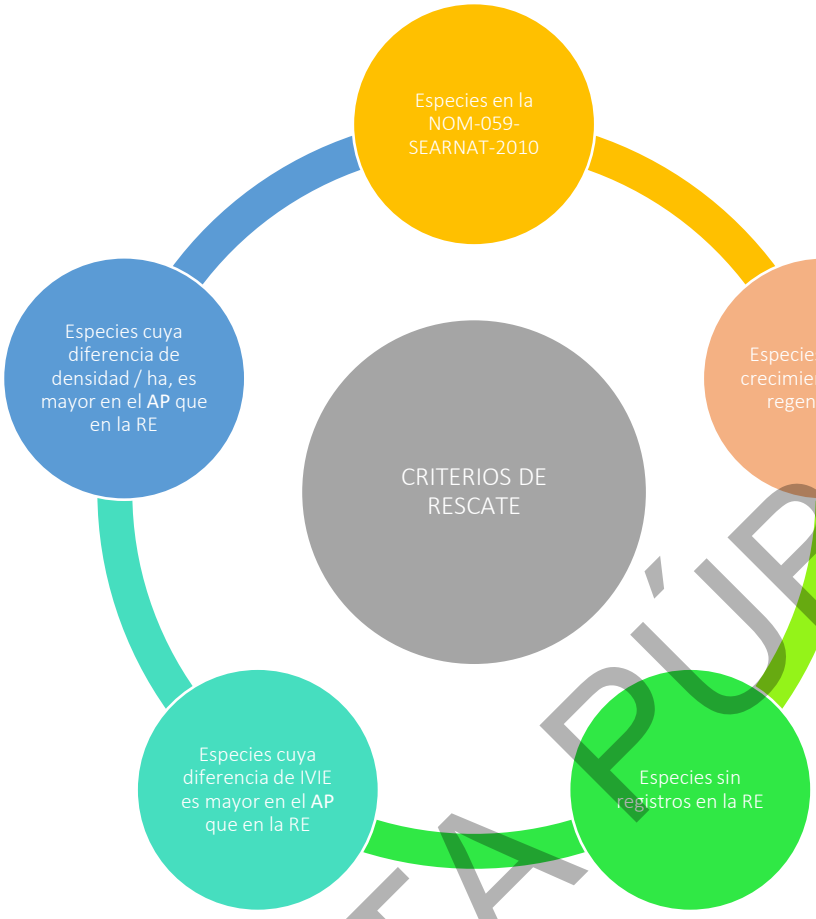


Figura 1. Esquema de los criterios de las especies a rescatar

I.1.3.1 Especies sujetas a rescate

Se rescatará un total de 1,764 individuos de portes arbóreo-juveniles, arbustivo, cactáceas y bejucos.

Las **especies herbáceas** no fueron consideradas para su rescate, debido a que, una vez concluida la construcción del proyecto, su proceso de regeneración natural es rápido al considerarse como especies pioneras, siendo especies de vida corta y crecimiento rápido, se dispersan en grandes distancias por mecanismos como el viento y vertebrados voladores, poseen semillas pequeñas con cotiledones mayormente fotosintéticos, las cuales reaccionan a los cambios de temperatura y luz para germinar (Bazzaz, 1979[1]; Finegan, 1984[2]). Siendo estas especies las primeras en establecerse en los modelos de sucesión ecológica, ocupando la etapa "Colonización inicial (1 – 5 años"), las cuales comienzan a crear condiciones adecuadas para el establecimiento de otras especies (Finegan 1984; Guariguata y Ostertag, 2001[3]).

CONSULTA PÚBLICA

[1] Bazzaz, F.A. (1979) The Physiological Ecology of Plant Succession. Annual Review of Plant Ecology and Systematic, 10, 351-371.
[2] Finegan, B. (1984) Forest Succession. Nature, 312, 109-114.
[3] Ostertag, R. Guariguata, M. R. (2001) Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics, 148, 185-206.

I.1.3.1.1 Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el área del proyecto (AP) se registraron cuatro especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Olneya tesota*, *Cochemiea mainiae*, *Cochemiea sheldonii* y *Lophocereus schottii*, todas bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). Por lo anterior, se propone el rescate y reubicación de la totalidad de los individuos registrados de estas especies dentro del área del proyecto (AP), de acuerdo con los resultados del muestreo, lo que corresponde a un total de 867 individuos.

Tabla 1. Listado de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
NOM-059-2010-SEMARNAT	*Olneya tesota*	771
	Cochemiea mainiae	32
	Cochemiea sheldonii	32
	Lophocereus schottii	32
TOTAL		867

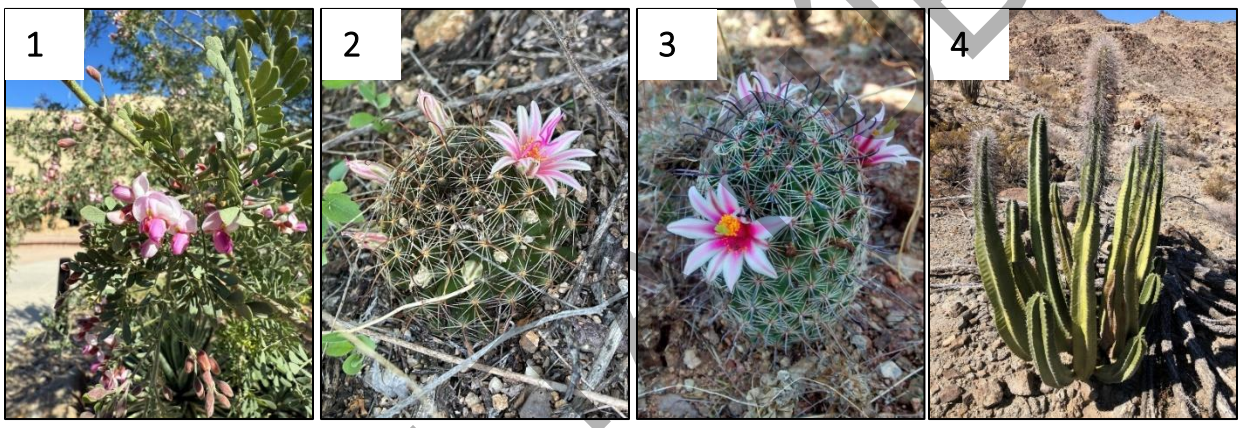


Figura 2. Especie enlistadas en la NOM-059-SEMARAT-2010, 1) *Olneya tesota*, 2) *Cochemiea mainiae*, 3) *Cochemiea sheldonii* y 4) *Lophocereus schottii*

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3.1.2 Especies de lento crecimiento y difícil regeneración

Las especies consideradas de lento crecimiento y difícil regeneración corresponden a aquellas que presentan características biológicas y ecológicas que pueden limitar su recuperación natural después de una perturbación. Dentro del área del proyecto (AP) se registraron dos especies bajo este criterio: *Peniocereus striatus* y *Stenocereus thurberi*. En conjunto, se propone el rescate y reubicación de 128 individuos, correspondientes a 96 ejemplares de *Peniocereus striatus* y 32 ejemplares de *Stenocereus thurberi*.

Tabla 2. Listado de especies a rescatar de lento crecimiento y difícil regeneración

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Lento crecimiento y difícil regeneración	*Peniocereus striatus*	96
	Stenocereus thurberi	32
TOTAL		128

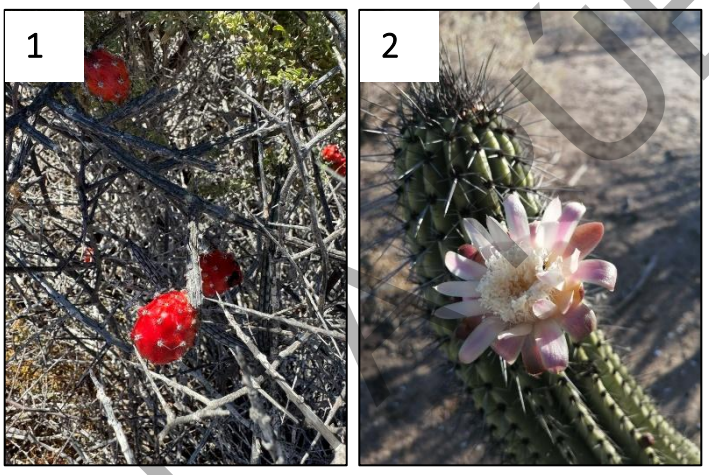


Figura 3. Especie encontrada en el AP, considerada de lento crecimiento y difícil regeneración, 1) *Peniocereus striatus* y 2) *Stenocereus thurberi*

I.1.3.1.3 Especies sin registros en la CH

Son las especies (presentes en el AP) que durante el muestreo efectuado no presentaron registros en la CH, para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo **no se registraron especies sin presencia en la CH**, ya que todas las especies presentes en el AP se registraron en la Cuenca Hidrográfica.

I.1.3.1.4 Especies representativas del ecosistema por diferencia de IVIE

El procedimiento de selección se basa en identificar aquellas especies cuyo Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) presenta un valor mayor en el área de AP respecto de la Cuenca Hidrográfica (CH). Con base en este criterio, se propone el rescate y reubicación de 769 individuos pertenecientes a 13 especies, con la finalidad de reducir la pérdida relativa de representatividad ecológica de estas especies derivada de la remoción de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 3. Listado de especies a rescatar por diferencia de IVIE

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Diferencia de IVIE	*Bursera microphylla*	52
	Neltuma velutina	78
	Calliandra eriophylla	3
	Colubrina viridis	4
	Condalia globosa	6
	Dianthera candicans	2
	Forestiera angustifolia	11
	Lycium andersonii	4
	Randia thurberi	2
	Senegalia greggii	29
	Cylindropuntia fulgida	509
	Echinopterys eglandulosa	65
	Ibervillea sonorae	4
TOTAL		769

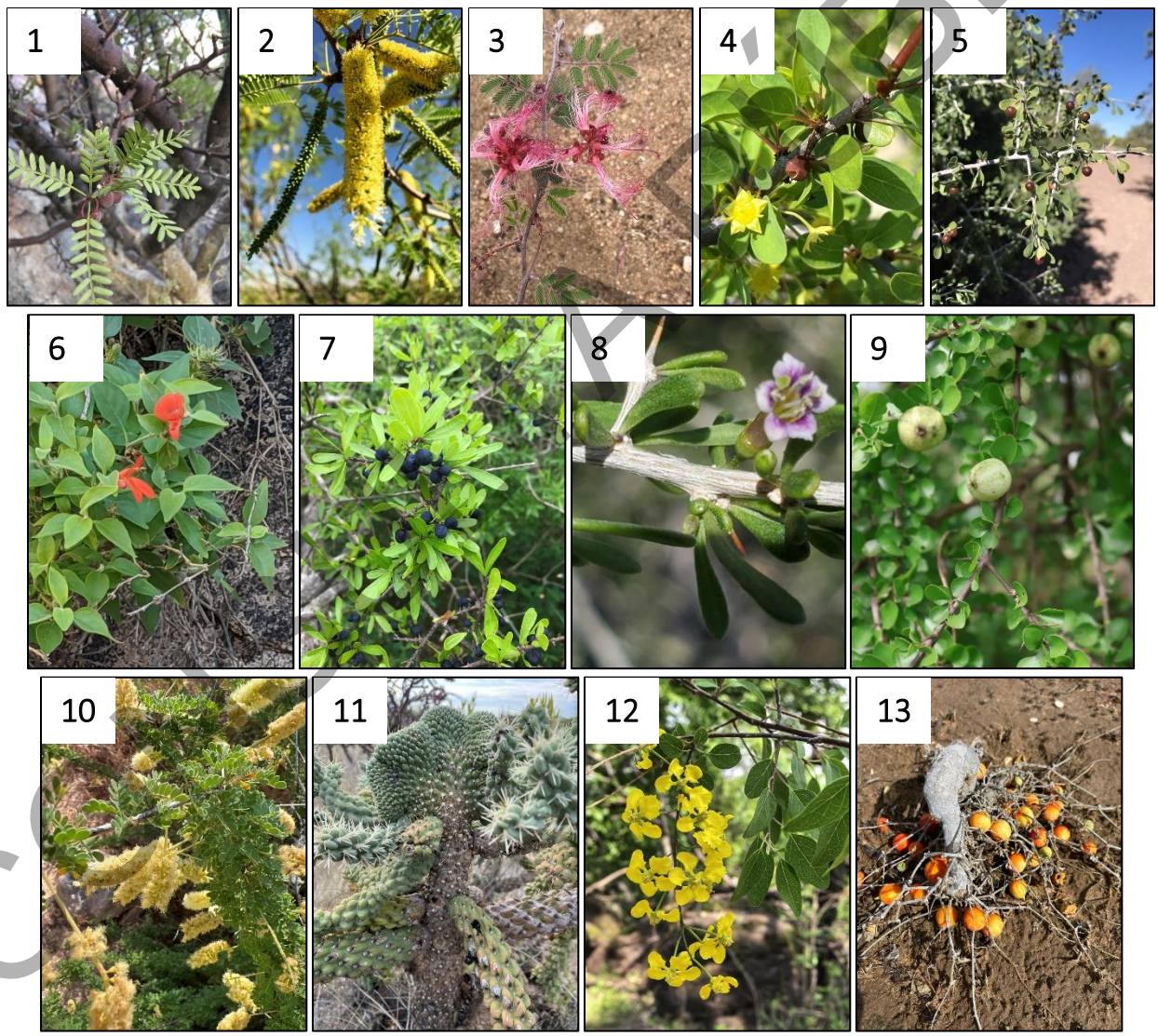


Figura 4. Especies a rescatar por diferencia de IVIE; 1) *Bursera microphylla*, 2) *Neltuma velutina*, 3) *Calliandra eriophylla*, 4) *Colubrina viridis*, 5) *Condalia globosa*, 6) *Dianthera candicans*, 7) *Forestiera angustifolia*, 8) *Lycium andersonii*, 9) *Randia thurberi*, 10) *Senegalia greggii*, 11) *Cylindropuntia fulgida*, 12) *Echinopterys eglandulosa* y 13) *Ibervillea sonorae*

COPIA PÚBLICA

I.1.3.1.5 Especies representativas del ecosistema por diferencia de individuos por hectárea

El procedimiento de este cálculo se basa en restar el porcentaje de individuos por hectárea del AP con respecto al de la CH para cada especie, para este criterio no se registró el rescate de ninguna especie.

I.1.3.1.6 Número de individuos por especie a extraer mediante las diferentes técnicas de rescate

* Listado de especies a rescatar mediante colecta de germoplasma o extracción de renuevos

Para *Olneya tesota* se establece una meta de 771 individuos, la cual podrá alcanzarse mediante la extracción de renuevos y/o mediante la colecta de germoplasma y posterior propagación en vivero. En caso de emplearse germoplasma, se recolectará una cantidad suficiente de semillas viables que permita producir, como mínimo, el número de plantas requerido para cumplir con la meta establecida, considerando las posibles pérdidas asociadas a germinación y desarrollo en vivero.

Tabla 4. Listado de especies a rescatar mediante la extracción de planta completa

MÉTODO DE RESCATE	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Colecta de germoplasma o Extracción de renuevos	*Olneya tesota*	771
TOTAL		771

* Extracción de planta completa

De acuerdo con las diferentes metodologías de rescate consideradas, se extraerán un total de 96 individuos mediante la extracción de planta completa, bajo el criterio de ser plantas con dimensiones pequeñas, Sin embargo, se extraerán aquellas las cuales presenten las mejores condiciones de desarrollo, libres de plagas y enfermedades.

Tabla 5. Listado de especies a rescatar mediante la extracción de planta completa

MÉTODO DE RESCATE	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Extracción de planta completa	*Cochemiea mainiae*	32
	Cochemiea sheldonii	32
	Lophocereus schottii	32
TOTAL		96

* Extracción de renuevos

Se contempla el rescate de 260 individuos mediante la extracción de renuevos, seleccionando preferentemente aquellos que presenten condiciones adecuadas de desarrollo y sanidad, libres de plagas, enfermedades o daños físicos que pudieran comprometer su establecimiento posterior.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 6. Listado de especies a rescatar mediante la extracción de renuevos

MÉTODO DE RESCATE	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Extracción de renuevos	*Bursera microphylla*	52
	Neltuma velutina	78
	Calliandra eriophylla	3
	Colubrina viridis	4
	Condalia globosa	6
	Dianthera candicans	2
	Forestiera angustifolia	11
	Lycium andersonii	4
	Randia thurberi	2
	Senegalia greggii	29
	Echinopterys eglandulosa	65
	Ibervillea sonorae	4
TOTAL		260

CONSULTA PÚBLICA

* Propagación vegetativa o Extracción de ejemplares

Se contempla el rescate de 637 individuos mediante propagación vegetativa o, cuando las características del ejemplar lo permitan, mediante la extracción de la planta completa. La técnica específica se seleccionará en función de la especie, dimensiones, condición fitosanitaria y factibilidad de extracción, procurando minimizar el daño al ejemplar y favorecer su posterior establecimiento.

Tabla 7. Listado de especies a extraer mediante propagación vegetativa o extracción de ejemplares

MÉTODO DE RESCATE	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Propagación vegetativa o Extracción de ejemplares	*Cylindropuntia fulgida*	509
	Peniocereus striatus	96
	Stenocereus thurberi	32
TOTAL		637

I.1.4 METODOLOGÍA

En este apartado, se describe el procedimiento de las actividades de rescate y reubicación de las especies de flora consideradas en el presente programa.

I.1.4.1 Marcaje y toma de coordenadas de las especies a rescatar

Durante esta fase se realizará la identificación de los ejemplares que serán extraídos, en este proceso se marcarán los individuos a rescatar, seleccionando aquellos en buenas condiciones fisiológicas y libres de plagas y enfermedades. Además, se llevará a cabo el levantamiento de la información mediante el registro en formatos que contendrán la siguiente información:

- Localidad.
- Coordenadas UTM.
- Nombre común.
- Nombre científico.
- Características del hábitat.
- Observaciones.

Esta actividad comenzará 15 días previos al inicio de las actividades de desmonte.



Figura 5. Marcaje y toma de coordenadas de las especies a rescatar

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.2 Rescate

Cinco días posteriores al inicio del marcaje, una brigada comenzará con el rescate de las especies a partir del inicio de la trayectoria del proyecto, avanzando en el mismo sentido del kilometraje. El rescate se realizará de manera gradual, antes de que se lleven a cabo las actividades de remoción de vegetación, y georreferenciando la nueva ubicación de los individuos para poder darles el seguimiento correspondiente.

I.1.4.2.1 Germoplasma

1) Colecta de germoplasma

La semilla es la forma más práctica y eficiente para colectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por tener un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta. Es considerado como el método tradicional o convencional de propagación, para esto los frutos se deben de recolectar de plantas sanas, a los que llamaremos plantas madre, estos deben de contar con las mejores características fenotípicas de su especie, deben ser plantas sin plagas, gran porte y de apariencia saludable. Una vez colectados los frutos de las especies a reproducir, estas serán colocadas en camas expuestas al sol, con la finalidad de secar el fruto y así poder realizar la extracción de la semilla.

Previo a una recolección se debe de tomar en cuenta la etapa de floración y fructificación de las especies a reproducir, para posteriormente comenzar con la recolección de germoplasma.

2) Extracción, selección y limpieza de semillas

Al colectar los frutos maduros para extraer semillas, es conveniente extraer las semillas lo más pronto posible dado que con el paso del tiempo el mucílago (tejido interno) se seca y se endurece (Alberto, A.G., 2000). Es fácil desmenuzar los frutos manualmente en un recipiente con agua, dejar reposar por 12 horas y posteriormente separar las semillas que flotan de las que se precipitan en el fondo del envase siendo estas últimas las que se sembrarán, debido a la inviabilidad de las semillas que flotan ya que son semillas vanas. Una vez limpias, secar las semillas al aire libre.

Se pueden guardar en sobres encerados, de papel estraza o bien en frascos de vidrio, asegurándose que estén secos. Es conveniente adicionar una pequeña cantidad de fungicida en polvo (5 mg de Captan, Natifren o Cupravit) por cada 100 gr de semillas. Las semillas pueden durar bastante tiempo almacenadas. Para cuando se inicie la siembra de semillas, se les dará un tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico al 20 %, de 10 a 60 minutos o bien se pondrán en ácido sulfúrico concentrado por 20 minutos, dependiendo de la especie.

3) Llenado de charolas

El llenado de las charolas se realiza de forma manual, de acuerdo con la cantidad de plantas a reproducir se requieren 3 charolas de 77 cavidades o 2 de 112 cavidades, para un total de 171 individuos. Las charolas se llenan por bloques completos, se deposita el sustrato por cubetadas o palada en el centro de la caja y después manualmente se distribuye en todas las cavidades de la charola; una vez llenas todas las cavidades

CONSULTA PÚBLICA

de la charola, la base de misma se golpea en una base sólida hasta que se eliminen las bolsas de aire dentro de la cavidad.



Figura 6. Imágenes ilustrativas del llenado de charolas

4) Siembra de semillas

Después de la limpieza de las semillas, la actividad siguiente será la siembra en charolas de geminación en vivero. Se utiliza sustrato que contenga 50% peat moss y 50% arena (con la finalidad de facilitar el drenaje), el sustrato estará debidamente hidratado, a los orificios de las charolas se les deja un espacio de medio centímetro aproximadamente, para poder sobreponer las semillas, para que tengan aireación y evitar pudriciones. Inmediatamente de la siembra en charolas se recomienda dar un riego abundante (ver figura siguiente).



Figura 7. Ejemplo de la siembra en charolas de germinación y su riego posterior

Durante el proceso de germinación y una vez que la plántula inicia su desarrollo, se realiza un riego dos veces por día a todas las charolas. Las plántulas se dejan en el vivero hasta que su tamaño sea el adecuado para su trasplante en bolsas de polietileno para continuar con un óptimo desarrollo.

CONSULTA PÚBLICA

5) Trasplante y mantenimiento de plántulas

Todas las plántulas que presenten un buen tamaño serán trasplantadas en bolsas, para su mantenimiento, desarrollo y adaptación al medio (figura siguiente). Las bolsas deben de ser rellenadas con suelo vegetal, de sitios con características similares, con el fin de que la planta se adapte al tipo de suelo en el que sería trasplantada. Las plántulas se retirarán cuidadosamente con todo y sustrato de las charolas de crecimiento, con el fin de no lastimarlas y sacarlas con la raíz desarrollada completa.

Estas plántulas tendrán que ser trasplantadas en bolsas de polietileno especiales para vivero forestal. Una vez colocadas en las bolsas, se almacenarán ordenadamente bajo la malla sombra del CAT o vivero, el mantenimiento de las plantas se presenta detalladamente en el "programa de monitoreo de individuos reubicados y de individuos obtenidos por propagación".



Figura 8. Riego de plántulas trasplantadas en bolsas de vivero forestal

Una vez que se cumpla el ciclo de desarrollo (el tiempo es variado dependiendo la especie) de las plántulas, es decir, se muestren sanas, vigorosas, con un buen sistema radicular y una altura mínima de unos 15 cm, estas serán sometidas a un proceso de endurecimiento de tejidos una semana antes del ser trasplantadas en el área de reubicación, este proceso consiste en reducir el riego con el fin de que la planta sufra una pérdida de humedad y entonces endurezca sus tejidos, para que sea más resistentes a las condiciones que tendrá en el área de reubicación.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.2.2 Extracción de ejemplares

Se realizará la extracción de individuos con alturas menores a 1 m, aplicando la siguiente metodología:

Se debe tener especial cuidado en conservar la orientación solar original del ejemplar previo a la extracción, ya que, los diferentes lados de la planta se exponen de manera distinta a los rayos del sol y si esta posición no se mantiene, se pueden exhibir directamente al sol partes de la planta que no estaban acostumbrados a recibir mucha luz, lo que puede causar quemaduras solares o incluso la muerte de la planta. Se rescatarán aquellos que presenten condiciones de sanidad adecuadas, con el fin de obtener ejemplares de mejor calidad que sobrevivan al trasplante; por lo cual se descartan individuos con plaga y daño físico (quemado, desramado, con daños en la corteza, entre otras).

* Extracción de especies de porte arbustivo y arborescentes

- Estimar el grado de desarrollo radicular del individuo asociándolo al desarrollo folicular del mismo, a través del diámetro de copa.
- Se les marcará la cara Norte antes de ser rescatados, como referencia de su crecimiento y orientación hacia el sol.
- Se realizará una zanja alrededor de la planta, con una profundidad suficiente para obtener un cepellón que contenga la mayor parte de las raíces del individuo (la totalidad de las raíces principales).
- Se extraerá el individuo junto con su cepellón con el cuidado necesario para no dañarlo, e inmediatamente se cubrirá con plástico para proteger su estructura
- Cuando los individuos se encuentren cercanos entre sí, se realizarán los pasos anteriores, almacenándolos en un recipiente o costal que servirá para transportarlos.



Figura 9. Imagen ilustrativa del rescate de especies

CONSULTA PÚBLICA

* Las recomendaciones para la extracción de plantas de cactáceas

- Estimar el grado de desarrollo radicular del individuo asociándolo al desarrollo folicular del mismo, a través del diámetro de copa.
- A todos los individuos de la familia Cactácea, se les marcará la cara norte antes de ser rescatados, como referencia de su crecimiento y orientación hacia el sol (ver figura siguiente).



Figura 10. Marcaje de la cara Norte para su posterior reubicación (cactáceas)

- El método más adecuado para la extracción de individuos de flora silvestre es la remoción superficial del suelo (cepa), que se encuentra alrededor de las plantas, esto con el objetivo de provocar el menor daño posible a las raíces y así evitar la propagación de enfermedades a través de heridas superficiales (ver figuras siguientes).



Figura 11. Remoción del suelo, para la extracción de los individuos

CONSULTA PÚBLICA

A todos los individuos rescatados, se les colocará una etiqueta de identificación que contendrá; especie, número único de registro, número de lote y fecha de extracción, la cual servirá de referencia una vez se reubiquen de manera definitiva.

- Se tomarán datos (ancho, alto, condición) de todos los individuos rescatados.
- Tamaño considerable para su manejo y manipulación, se procederá a seleccionar únicamente aquellos ejemplares que midan menos de 1 m de altura.
- Para las cactáceas con alturas considerables (pero menores a 1 m) se realizará la remoción superficial del material que se encuentre alrededor de la planta, dado que el tipo de raíz de estas plantas es superficial (radial-fibrosa), no se requiere de mucha profundidad, siendo más fácil su extracción.

Los individuos extraídos mediante las plantas completas, serán reubicados lo más antes posibles a su área de destino.

I.1.4.2.3 Extracción mediante partes vegetativas

Para los esquejes se seleccionarán las plantas más fuertes y lustrosas de las que se tomará las partes vegetativas y dependiendo del tamaño de ésta, los esquejes serán más o menos largos e irán siempre en proporción al tamaño de la planta madre. En general, se recomienda que el esqueje no supere los 15 cm de largo, se seleccionan plantas sanas y que no representen daños físicos o alguna enfermedad. Los cortes de los esquejes deben ser con una navaja o cuchillo limpio para no contaminar. Posteriormente colocar al esqueje un poco de enraizador para desarrollar raíces más rápidamente y trasplantar en bolsas de polietileno con un sustrato similar al que se desarrollan.

1) Selección de la planta madre

Las plantas seleccionadas como plantas madres, serán utilizadas para la obtención de los esquejes, deberá presentar características de planta adulta, robusta y zana.

2) Obtención de los esquejes

Una vez se hayan identificados las plantas madres, se procederá con la selección de partes vegetativas idóneas para la obtención de los esquejes, los tallos a cortar deben ser flexibles y tener buen aspecto, el tamaño ideal es de a 7-10 centímetros, el corte debe realizarse en diagonal con unas tijeras de podar, navajas o cuchillos filosos, se aconseja protegerse las manos con guantes de jardinería, con la finalidad de no contaminar o propiciar alguna plaga o enfermedad a los esquejes.

CONSULTA PÚBLICA

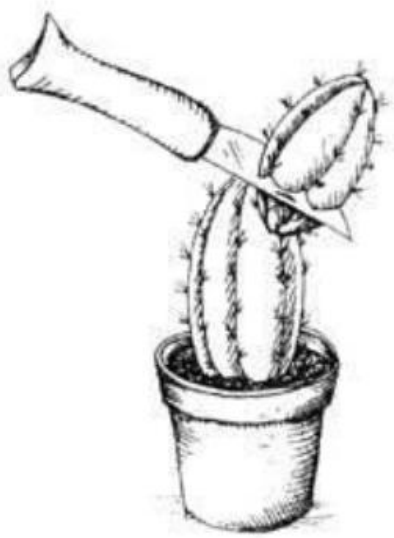


Figura 12. Imagen ilustrativa del corte de esquejes

3) Preparación de los esquejes para su futura propagación

Después de obtener los esquejes, hay que retirar las hojas inferiores dejando solamente dos o un tercio de la parte superior esto dependerá de la especie. Se recomienda que según se vayan limpiando los esquejes se guarden en un recipiente con agua para que el tallo no se reseque.

4) Propagación vegetativa

Los esquejes serán replantados en bolsas de polietileno, para su mantenimiento. Las bolsas deben de ser rellenadas con suelo vegetal, de sitios con características similares, con el fin de que la planta se adapte al tipo de suelo en el que sería trasplantada. Utilizar enraizante con la finalidad de estimular el crecimiento radicular, para tener mayor éxito en la reproducción.

5) Llenado de bolsas de polietileno para esquejes

Se tomará la bolsa y se llena hasta la mitad, se oprime el medio con los dedos y con la base de la bolsa se da un pequeño golpe en una base sólida, Hasta que no queden espacios de aire en el suelo utilizado, nuevamente se llena la bolsa y se repite la misma acción hasta que la bolsa queda apta para colocar el esqueje, finalmente se recubre con suelo una vez que el esqueje sea colocado y se compacta en su contorno para dale firmeza.

Los individuos serán sometidos a un proceso de endurecimiento de tejidos una semana antes de ser trasplantadas en el área de reubicación, este proceso consiste en reducir el riego con el fin de que la planta sufra una pérdida de humedad y entonces endurezca sus tejidos para que sea más resistentes a las condiciones que tendrá en el área de reubicación.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.3 Acciones específicas para especies de importancia ecológica y protección especial, si se llegaran a identificar

Las acciones propuestas mediante el presente Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, del Proyecto, para asegurar la permanencia de los ejemplares de las especies de importancia ecológica y de protección especial son:

- Los individuos que presenten algún daño al momento de la extracción, se les dará mantenimiento, hasta que estos presenten las condiciones adecuadas para su reubicación.
- Una vez rescatados los individuos en listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019), los que presenten algún déficit nutrimental se les dará mantenimiento.
- Las especies que presenten presencias de plagas y/o enfermedades seles brindara mantenimiento aisladamente de las zanas, para evitar la propagación de las mismas.
- Se aplicarán monitoreos anuales, con la finalidad de comprobar las condiciones de las plantas reubicadas y poder tomar acciones de mantenimiento; control de plagas y enfermedades, riegos, reconformación de terrazas, etc.

I.1.4.4 Sitio de resguardo temporal para el mantenimiento de las especies

Tomando en consideración que los ejemplares de la mayoría de las especies se rescatarán por medio de extracción, ya sea de individuos, o renuevos, siendo su reubicación casi inmediata; únicamente los ejemplares que lo requieran serán resguardados temporalmente en un vivero a ubicarse en el área de restauración dónde serán reubicados. Brindándoles los cuidados necesarios (soporte, nutricionales, y fitosanitarios), hasta su reubicación. De igual manera se llevará a cabo en el mismo lugar la propagación de las plantas por esquejes para las especies que así lo requieran.

Se deberá procurar que el sitio seleccionado se encuentre sombreado. La sombra podrá ser la que es propia del dosel de una zona arbolada, o en su defecto, se deberá colocar una sombra artificial propias para los viveros (malla sombra), la cual tiene la función de bloquear las condiciones de una intensa radiación solar. La sombra deberá de ser de 70%, la temperatura mínima de 15°C y la máxima de 35°C, además del agua indispensable para el riego necesario para las plantas. También debe contar con todos los materiales para dar el mantenimiento necesario a todos los individuos de las especies rescatadas.



Figura 13. Imagen ilustrativa del vivero provisional para el resguardo de los ejemplares

CONSULTA PÚBLICA

El vivero temporal se ubicará en las áreas de reubicación y reforestación.

Se deberá llevar el registro de todas las plantas que se encuentren en el Vivero, con la información que se obtuvo del sitio donde originalmente se encontraba cada ejemplar.

Las actividades de mantenimiento consistirán básicamente en las siguientes:

- Se realizará una inspección cada semana por parte del personal especializado con el fin de verificar que los ejemplares se encuentren en buenas condiciones fitosanitarias.
- Corte de raíces dañadas durante la etapa de rescate. Es de suma importancia evitar cortar la raíz principal, ya que de esta raíz depende la principal fuente de abastecimiento de agua y nutrientes de la planta y, por lo tanto, su sobrevivencia (ver figura siguiente).



Figura 14. Corte de raíz a individuos rescatados, para su posterior aplicación de azufre agrícola

- En caso, de que se dañen las raíces de algún individuo al momento de ser extraído, será necesario dejarlo un período de dos a tres semanas en un lugar seco y sombreado para dar tiempo a la planta de cicatrizar y posteriormente trasplantarla.
- Posterior a la poda de raíces se realizará la aplicación de azufre agrícola, como medida sanitaria preventiva ante la aparición y propagación de bacterias e infecciones. El personal que se encargue de realizar la aplicación del azufre agrícola contará con el equipo de seguridad necesario: guantes, mascarilla, lentes y overol.
- Las actividades de mantenimiento se adecuarán a las características particulares de especies que se rescaten, extendiéndose a acciones de poda de ramas para el caso de los individuos de la familia Asparagácea (ver figura siguiente), aplicación de riegos, aplicación de enraizador, etc.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.5 Traslado de planta

La carga de los ejemplares rescatados se realizará por medio de carretillas, para ser llevados al medio de transporte que será utilizado para su traslado, en este caso, se hará uso de camionetas.

Los individuos de porte pequeño y mediano extraídos, serán transportados en colotes o carretilla.



Figura 15. Traslado de individuos de porte chico mediante carretillas o colotes

Los ejemplares se acomodarán de manera que exista un espacio suficiente, que permita su mejor acomodo; procurando que con el movimiento del vehículo las plantas no se muevan, cuidando que el tallo y las hojas no sufran dobleces o quebraduras.



Figura 16. Imagen ilustrativa del acomodo de individuos rescatados

La descarga de los ejemplares se realizará de forma manual, procurando no ocasionar algún daño a las plantas; para posteriormente ser distribuidas en el sitio de reubicación haciendo uso nuevamente de carretillas.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.6 Actividades de reubicación

I.1.4.6.1 Densidad de plantación

Para poder determinar la superficie necesaria requerida para establecer los individuos como ocurren de manera natural se retomó las densidades por hectárea que ostenta la CH y el AP para los estratos; arbóreo-juveniles, arbustivo, cactáceas y de bejucos los cuales en conjunto mantienen una densidad por hectárea tipo de 1,113 individuos.

Tabla 8. Densidades registradas por hectárea en la CH y el AP

DENSIDAD/HA	CH	AP
Estrato Arbóreo-juveniles	201	155
Estrato Arbustivo	877	537
Estrato de Cactáceas	268	188
Estrato de Bejucos	45	13
TOTAL	1,346	880
PROMEDIO	1,113	

La consideración de las densidades, se basa en que el mayor número de especies a rescatar será mediante la extracción de plantas completas, renuevos, propagación vegetativa y germoplasma. De acuerdo al tipo de vegetación por afectar Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, se implementará una densidad de plantación de 1,111 plantas por hectárea, debido a que las especies a reubicar son de porte; arbórea-juveniles, arbustivas, cactáceas y de bejucos dado las dificultades de diseño de plantación en marco real en campo, se opta por un distanciamiento de 3 metros entre plantas dando una densidad de 1,111 plantas por hectárea. La densidad de plantación se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\frac{\mathbf{Np}}{\mathbf{ha}} = \frac{10{,}000\ m^2}{d^2}$$

Donde:

D^2 = distancia entre plantas.

La distancia entre plantas se estableció considerando la practicidad del establecimiento de los individuos a reubicar, sustituyendo en la fórmula se obtiene la densidad de plantación como se muestra en seguida:

$$\frac{\mathbf{Np}}{\mathbf{ha}} = \frac{10{,}000\ m^2}{(3\ m\ x\ 3\ m)}$$

$$\frac{\mathbf{Np}}{\mathbf{ha}} = 1{,}111$$

Con la finalidad de establecer una referencia para la densidad de reubicación, se consideraron las densidades registradas en la Cuenca Hidrográfica (CH) y en el AP para los estratos arbóreo-juvenil, arbustivo, cactáceas y bejucos. La densidad conjunta registrada fue de 1,346 individuos/ha en la CH y 880 individuos/ha en el AP, obteniéndose una densidad promedio de referencia de 1,113 individuos/ha.

Para fines operativos de la reubicación se adoptará un diseño de plantación en marco real con un distanciamiento aproximado de 3 m entre individuos, equivalente a una densidad teórica de 1,111

CONSULTA PÚBLICA

plantas/ha. Esta densidad es prácticamente equivalente al valor promedio obtenido a partir de las condiciones registradas en la CH y el AP, por lo que se considera adecuada para el establecimiento de los ejemplares rescatados.

Considerando una meta de 1,764 individuos y una densidad teórica de 1,111 plantas/ha, se requiere una superficie mínima aproximada de 1.588 ha para su establecimiento. No obstante, se propone disponer de una superficie total de 1.80 ha para las actividades de reubicación, proporcionando un margen adicional que permitirá adecuar la distribución de los ejemplares a las condiciones particulares del terreno, presencia de vegetación existente, microtopografía, accesos y demás elementos que pudieran limitar el establecimiento en un marco estrictamente regular.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.6.2 Terrazas individuales

Una vez realizado el trazo y señalamiento de la ubicación de cada punto donde se colocarán las plantas, se procederá a la elaboración de 1,764 terrazas individuales con un diámetro de un metro y una profundidad de 10 cm. Esta actividad consiste en la excavación en la parte superior del terreno, depositando y conformando terrazas de forma circular con el suelo excavado para un mayor almacenamiento del agua precipitada, proporcionando mayor retención de humedad, lo que favorece a las especies forestales plantadas.



Figura 17. Elaboración de terrazas individuales

I.1.4.6.3 Elaboración de cepas

Para la elaboración de 1,764 cepas se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Con ayuda de herramientas manuales como talacho y pala se realizará la apertura de la cepa de al menos el doble del diámetro del cepellón de la planta y con una profundidad de al menos 50 % más de la altura del cepellón de la planta, considerando las medidas de la planta que será plantada.
- Las cepas se ubicarán dentro de las terrazas individuales realizadas.
- La tierra que se extraiga en la apertura de la cepa se deberá colocar a un lado de esta para permitir su oxigenación.



Figura 18. Elaboración de cepas

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.6.4 Plantación

La plantación consistirá en la introducción de la planta en el suelo manualmente, cuidando los siguientes detalles.

- Se tendrá especial cuidado con las raíces al extraer el cepellón del envase y al colocarla en la cepa.
- Se colocará la planta en la cepa de forma vertical en la mayor medida posible, cuidando la orientación solar original del mismo.
- Se colocará el cuello de la planta a ras del suelo, sin enterrarlo.
- Después de la colocación de la planta, se apisonará suavemente la tierra alrededor de ésta para evitar la presencia de bolsas de aire en las cuales no se desarrolla la raíz.
- Una vez establecidas las plantas, se aplicará un riego de establecimiento con la finalidad de aportar humedad para su adecuada adaptación.
- La plantación se llevará a cabo preferentemente en los meses con mayor precipitación; con el fin de aprovechar al máximo la humedad y de esta manera asegurar que la planta no tenga escases del recurso hídrico.



Figura 19. Proceso de plantación

Es importante señalar que, como parte del procedimiento de rescate y reubicación, y en caso de que alguno de los ejemplares presente alguna afectación radicular, se contemplarán acciones de cicatrización, ya sea utilizando azufre o canela en polvo, y dejándolas en reposo durante tres días para posteriormente ser reubicados, favoreciendo su establecimiento.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.7 Actividades de protección

Para garantizar el éxito de la reforestación, además de la selección de las especies, así como, llevar a cabo el transporte y plantación de la manera más adecuada; se requiere contemplar acciones de protección del área que será reforestada para evitar la destrucción de las obras, el pisoteo y ramoneo que puede ocasionar la introducción de ganado en el área restaurada; como son el cerco perimetral y protección contra fuego.

I.1.4.7.1 Cerco perimetral

El cercado será de 4 hilos y postes de fierro, concreto o madera, colocados a una distancia máxima de 4 m y con al menos cuatro hilos de alambre de púas (separado máximo 30 cm entre hilos), con retenidas a cada 50 metros, la longitud de cercado corresponderá al perímetro del área propuesta para realizar la reforestación. La importancia de un cerco perimetral radica en evitar daños en las áreas y plantas reforestadas, principalmente por actividades antropogénicas.

En la siguiente tabla se describen las características de los diferentes tipos de postes que se pueden utilizar.

Tabla 9. Tipos de poste para cercado y sus características, especificados por el manual de restauración forestal, 2023

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Concreto	8 cm x 8 cm x 2.50 m
Concreto	12 cm x 12 cm x 2.50 m
Metálico en "Y"	Altura: 1.98 m, peso; 3.1 kg
Acero	Altura: 1.98 m, peso; 2.59 kg
Madera	Altura: 1.98 m, diámetro de 10, 13 y 20 cm
Vigas y polines	Altura: 1.98 m, diámetro 5 x 5 pulgadas
Tubo Metálico	Altura: 1.98 m, diámetro de 5 pulgadas
Ángulo metálico	Opcional

Fuente: *https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2024/Manual_de_restauracion_forestal_version_digital.pdf*

Posteriormente se integran los tipos de postes más utilizados, de acuerdo con el manual de la CONAFOR.

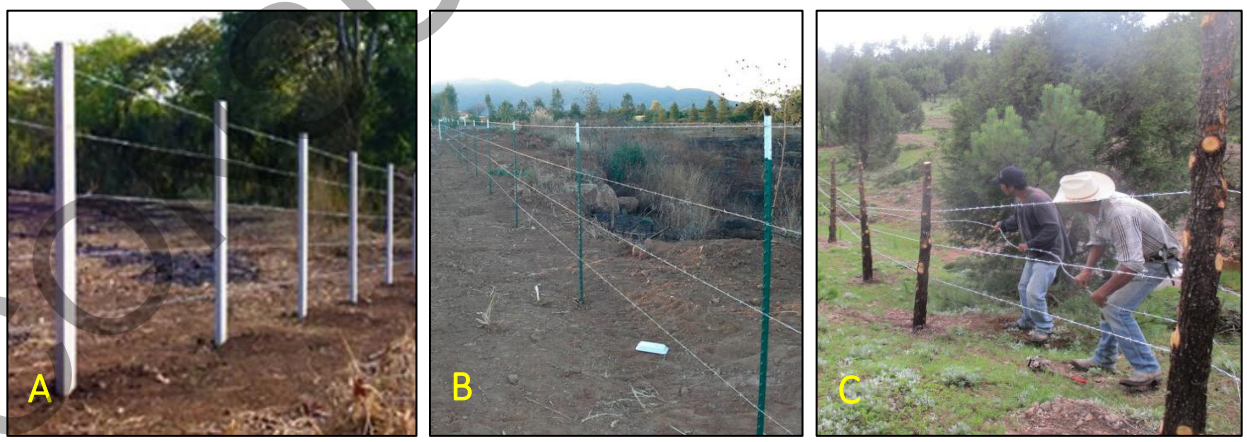


Figura 20. Tipos de postes para el cercado: A) de concreto, B) metálico, C) polín de madera

CONSULTA PÚBLICA

La fijación del alambre de púas al poste es uno de los factores determinantes para su adecuado funcionamiento del cercado, la elección del tipo de material de fijación dependerá del tipo de poste; grapas metálicas de una pulgada de longitud, calibre 9 para postes de madera y alambre recocido/galvanizado calibre 14.5 para postes metálicos y de concreto.



Figura 21. Imágenes ilustrativas de la correcta fijación del alambre de púas al poste

Para la correcta instalación del cercado perimetral se deberán considerar los siguientes pasos:

Primer paso: Limpieza, trazo y marcaje del perímetro

Se deberá limpiar, trazar y marcar (mediante cal o hilo plástico) el perímetro donde se instalarán los postes, con el objetivo de proteger el polígono propuesto para las actividades de reforestación. El área seleccionada podrá presentar alguno de los siguientes supuestos:

- Predio sin cercado existente o no definido: Cuando el área a restaurar no cuente con cercado de alambre de púas o únicamente presente barreras vivas, se deberá instalar la totalidad del cercado conforme a las especificaciones establecidas.

- Cercado existente en mal estado: En caso de existir un cerco de alambre de púas, se deberá evaluar su estado físico. Si se encuentra en condiciones de cumplir con la función de protección del predio, se podrá dar mantenimiento mediante el tensado del alambre o la sustitución de postes, grapas o tramos dañados. De lo contrario, deberá instalarse un nuevo cercado conforme a las características indicadas.

- Cercado colindante propiedad de terceros: Cuando el cercado existente pertenezca a un tercero colindante, se deberá instalar un nuevo cerco "ya sea en sustitución del existente o de forma paralela", contando previamente con la autorización del propietario para la realización de los trabajos.

- Presencia de barreras naturales en alguno de los linderos: En casos donde existan elementos naturales como acantilados, barrancos, paredes rocosas u otras formaciones similares, se deberá evaluar si estas barreras cumplen con la función de protección requerida. Si no garantizan la

CONSULTA PÚBLICA

exclusión de fauna doméstica o actividades externas, se deberá instalar el cercado conforme a las especificaciones señaladas.

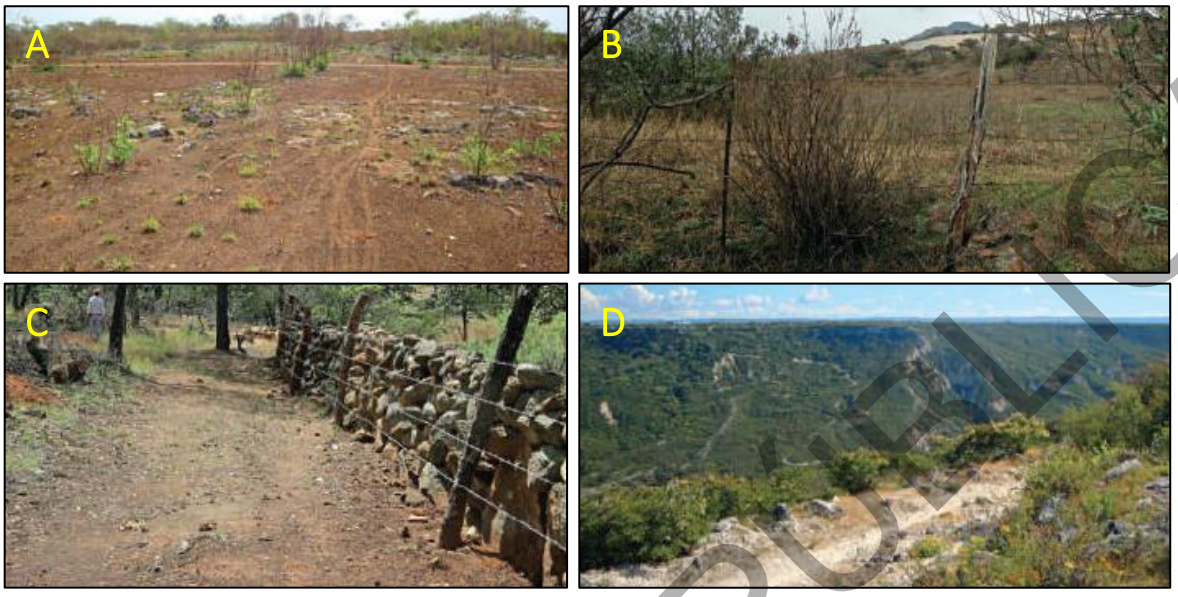


Figura 22. A) Predio sin cercado existente o no definido, B) Cercado existente en mal estado, C) Cercado colindante propiedad de terceros y D) Presencia de barreras naturales en alguno de los linderos

Segundo paso: Apertura de cepas

Se deberán abrir las cepas donde se colocarán los postes, con dimensiones aproximadas de 30 × 30 × 40 cm, las cuales podrán ajustarse según las condiciones del suelo. Los postes deberán colocarse a una distancia máxima de 4 m entre sí, medida desde el centro de cada cepa.

Tercer paso: Colocación y fijación de postes

Los postes deberán colocarse de manera vertical y posteriormente se rellenarán las cepas utilizando la misma tierra extraída, piedra, gravilla u hormigón (mezcla de cemento y grava). Con excepción del hormigón, el resto de los materiales deberá compactarse mediante el uso de pisón metálico u otra herramienta adecuada, a fin de garantizar la estabilidad y firmeza del poste.

Cuarto paso: Instalación y tensado del alambre de púas

Una vez que los postes se encuentren firmes, se procederá a la colocación del alambre de púas. Para su tensado se utilizará una horquilla de metal o madera en forma de "H", asegurando que el cercado quede correctamente ajustado.

Observaciones generales:

- Para permitir el acceso al predio sin comprometer la protección del área, se deberá habilitar una puerta o "falso" con un ancho mínimo de dos metros, o mayor en caso de ingreso de vehículos.
- Los postes de madera utilizados en el cercado no deberán provenir de la corta de árboles vivos dentro del área de intervención, ya que ello contraviene los objetivos de restauración ecológica. Se deberán emplear postes de material muerto que presenten características de dureza y resistencia que favorezcan la durabilidad del cercado.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.7.2 Brecha cortafuego

Se llevará a cabo la elaboración de brechas cortafuegos, siguiendo los límites del perímetro del cerco del área de reforestación, con lo cual se pretende disminuir la incidencia de incendios y evitar la afectación de la reforestación. La brecha cortafuego consiste en la remoción y limpieza de material combustible en franjas para evitar el avance del fuego.

Esta actividad se realizará durante la temporada de estiaje, que es cuando hay mayor probabilidad de incendios, para su apertura se debe considerar los siguientes pasos:

Primer paso: Realizar el trazo de la brecha, evitando que se dirija a favor de la pendiente.

Segundo paso: Hacer la brecha de al menos 2 m de ancho, eliminando todo elemento natural que favorezca la combustión. Esta actividad puede realizarse de manera manual (machete, azadón, etc.) mecanizada (chapeadora mecánica o desbrozadora) o mediante control químico (uso de herbicidas), en este último caso, es importante el uso de herbicidas preferentemente biológicos o en su defecto, que, mediante la ficha técnica del producto, se compruebe el bajo o nulo impacto ambiental por su uso.

Tercer paso: Retirar el material vegetal resultante hasta descubrir el suelo mineral, para prevenir que posteriormente funcione como combustible. Esta actividad se puede realizar con el uso del rastrillo, machete, palas, etc., y complementarlo con el uso de control químico tomando en cuenta lo mencionado en el paso anterior.

Observaciones:

- Las obras y prácticas de restauración de suelos podrán extenderse hasta los márgenes del cercado en caso de que inevitablemente la brecha se haya trazado a favor de la pendiente (a excepción del acomodo de material vegetal muerto), de la misma forma la reforestación podrá establecerse al margen del área de la brecha cuando el diseño así lo requiera.
- La época más recomendable para realizar la brecha corta fuego es al término del periodo regular de lluvias, para que, una vez llegada la temporada de sequía, no se tenga material combustible en el perímetro del predio que pudiese dar origen a un incendio.

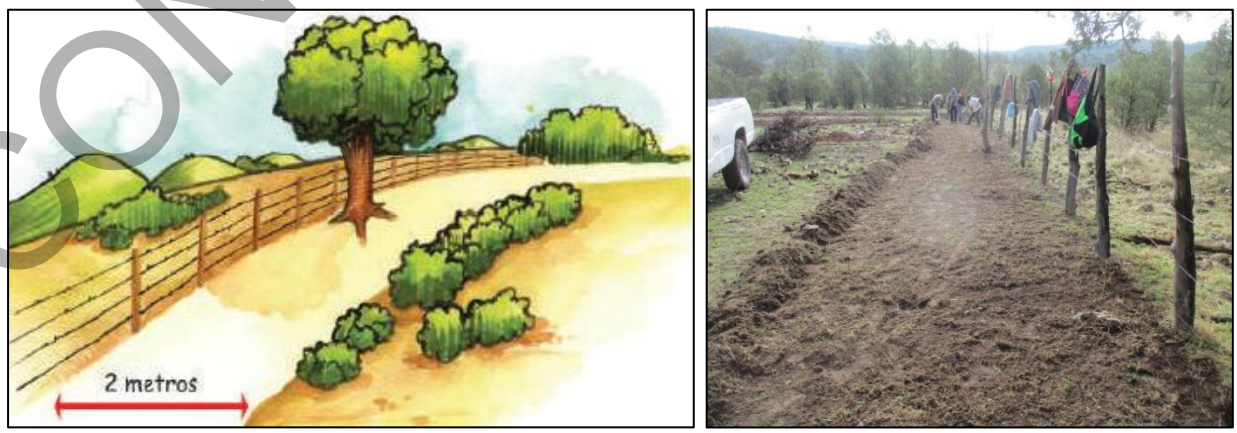


Figura 23. Vista general de la apertura de una brecha cortafuego

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.8 Localización del área de reubicación

La selección de la zona(s) destinada para la reubicación de las especies de flora rescatadas. Se considerarán las características biológicas, el tipo de vegetación a la que se encuentran asociadas, así como el tipo de suelo y topografía en la que se desarrollan. Para la selección de la zona se consideran los siguientes criterios:

- Cercanía al sitio de extracción.
- Características ecológicas en condiciones de alteración para no generar una sobrecarga de individuos en el sitio.
- Que fueran propiedad de la promovente o con convenio de arrendamiento del predio, autorizados para dicha actividad.
- Que fueran predios que no se vayan a intervenir posteriormente.

A continuación, se integran las coordenadas de las diferentes áreas de reubicación y su distribución espacial mediante un mapa de ubicación.

Tabla 10. Coordenadas del sitio propuesto para la reubicación de flora

ID	COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N	
	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
1	491,850.61	3,221,846.22
2	491,890.54	3,221,881.47
3	492,124.50	3,221,671.52
4	492,086.50	3,221,624.75
1	491,850.61	3,221,846.22

El área destinada para la reubicación de flora rescatada comprende una superficie total de 1.5 hectáreas, misma que lo integra un polígono.

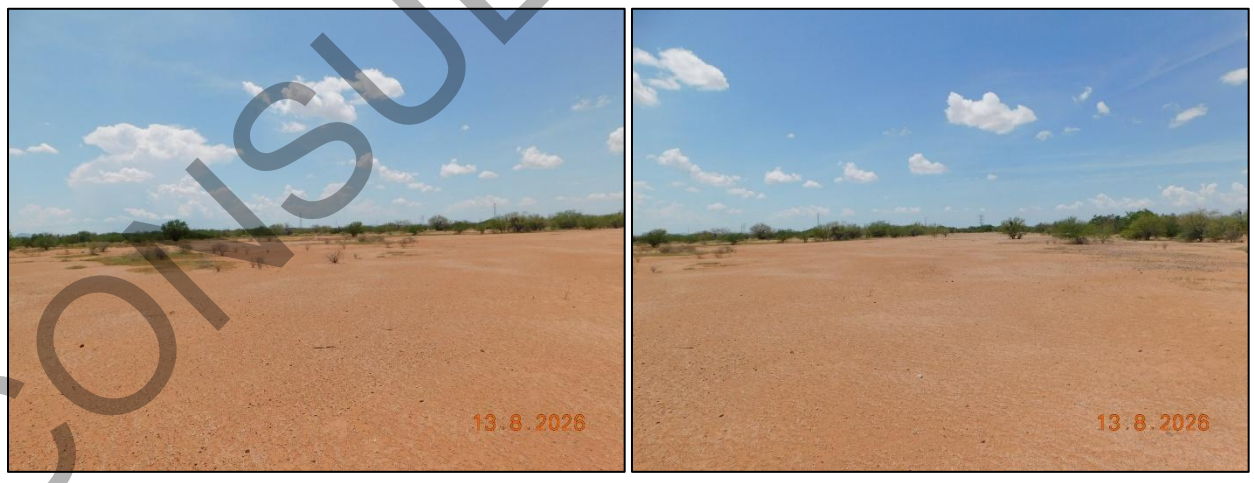


Figura 24. Condiciones actuales del predio

CONSULTA PÚBLICA

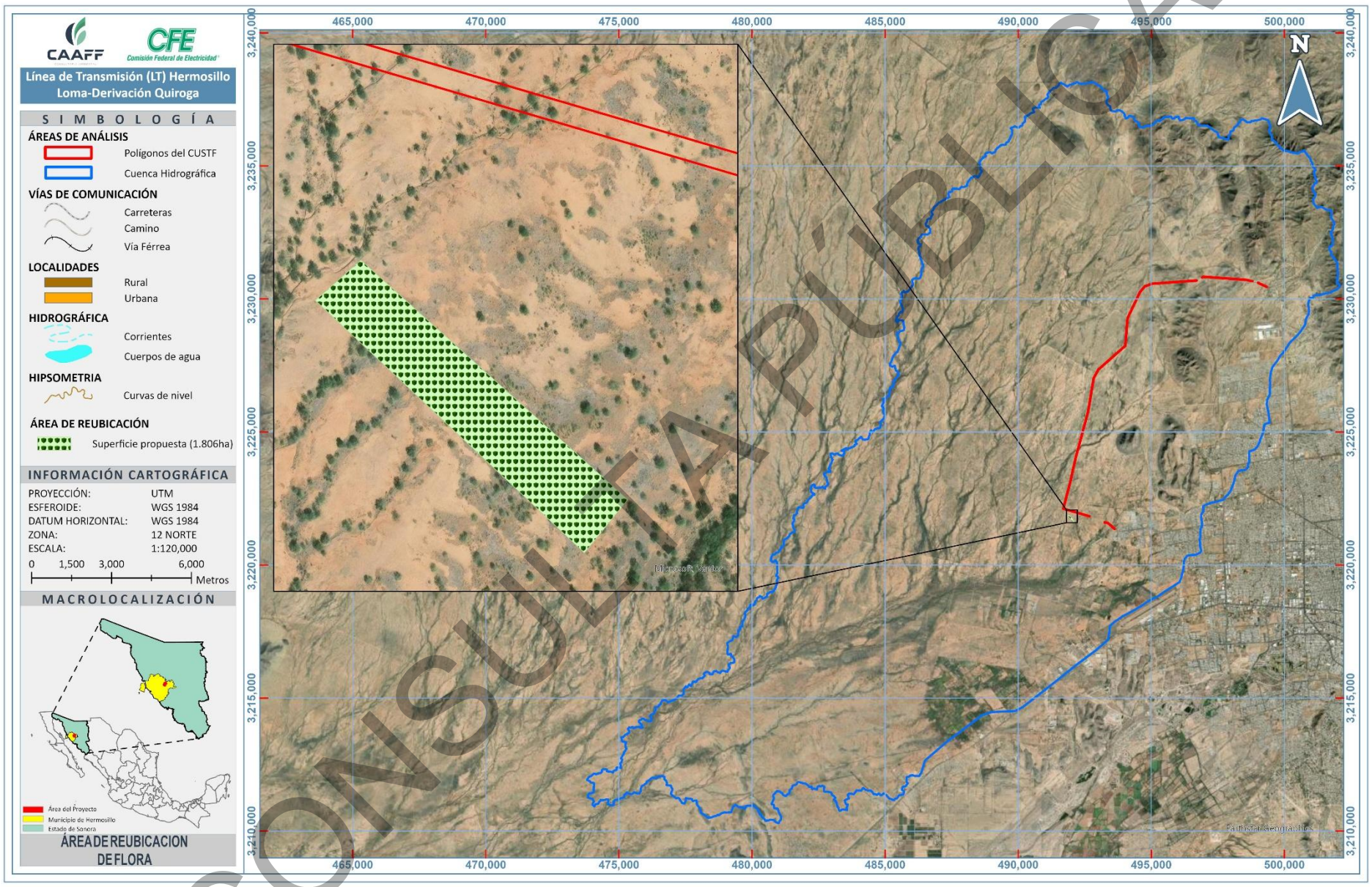


Figura 25. Área de reubicación de flora para la vegetación de Vsa/MKX

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9 Actividades de mantenimiento

I.1.4.9.1 Deshierbe y reconformación de terrazas individuales

Con la finalidad de asegurar la sobrevivencia de las plantas y reducir la competencia entre el ejemplar reubicado y las malezas, se llevarán a cabo actividades de deshierbe, permitiendo de esta manera un mayor aprovechamiento de nutrientes; además de la reconformación de cajetes, con los cuales se podrá almacenar agua y mayor humedad en el sitio.

El material vegetal derivado de esta acción será reutilizado como acolchado en el sitio para favorecer la retención de humedad y reducir la erosión. Lo residuos secos abundantes en el perímetro se retirarán para mitigar riesgos de incendio.

Esta actividad se realizará durante los cinco años posteriores a la reubicación, con ello se pretende aumentar la supervivencia, el crecimiento y desarrollo de cada planta reubicada.



Figura 26. Imagen ilustrativa del deshierbe y reconformación de cajetes

COPIA PÚBLICA

I.1.4.9.2 Limpieza y reconformación de terrazas

Se implementará el mantenimiento y reconstrucción de terrazas individuales para optimizar la captación de escorrentía y la infiltración de agua. Las intervenciones incluirán:

- Reconformación total de las terrazas del polígono.
- Eliminación de maleza para reducir competencia por nutrientes.
- Rehabilitación de terrazas mediante microcuencas tipo ala.
- Relleno y compactación de socavones generados por fauna subterránea.

Estas acciones incrementarán en un 15% la eficiencia hídrica del área, reduciendo pérdida de humedad y mejorando la estabilidad del suelo.



Figura 27. Imágenes ilustrativas de la reconformación y limpieza de terrazas

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.3 Instalación de tutores

Se instalarán y reinstalarán tutores en múltiples ejemplares jóvenes para mejorar su estabilidad estructural y garantizar su crecimiento vertical, se empleará la técnica de orientación vertical de ramas muy próximas al suelo mediante la atadura con rafia de sus extremidades, formando una copa orientada al crecimiento vertical.

Los tutores se elaborarán con material vegetal seco, producto de podas anteriores y de condiciones aceptables. Estas acciones favorecerán:

- El crecimiento vertical controlado.
- La prevención de inclinaciones y deformaciones.
- La protección ante daños por viento o maniobras de riego.
- Favorecer su desarrollo dirigido y coadyubando al proceso de lignificación del tallo principal.



Figura 28. Imágenes ilustrativas de instalación de tutores

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.4 Control fitosanitario

Diversos agentes patógenos pueden afectar una o más partes de los árboles, dando como resultado la reducción del crecimiento o, en casos severos, la muerte del arbolado. Por este motivo es importante implementar acciones de prevención, y en su caso de control, para reducir sus efectos.

Una de las formas para prevenir la ocurrencia de plagas es usar más de una especie en la reforestación, es decir tratar de evitar los monocultivos. La detección de plagas y enfermedades se realiza mediante monitoreo continuo, que implica la realización de recorridos en campo o sitios donde se establecerá la reforestación. Algunas medidas preventivas para el control de plagas pueden ser las siguientes:

a) **Aislamiento:** Consiste en delimitar con barreras físicas una o varias partes de la plantación con el fin de evitar la dispersión de la plaga o enfermedad, restringiendo el tráfico de personal y vehículos en esa área.
b) **Eliminación de hospederos alternos:** Se trata de la eliminación de plantas dentro del sembradío y sus alrededores que pueden ser hospederas alternas de plagas o enfermedades.
c) **Canales de drenaje:** La construcción de canales de drenaje evita la anegación de las zonas bajas de la plantación, dificultando así el desarrollo de plagas o enfermedades.

Si con las medidas preventivas la plaga no cesa se llevarán a cabo las siguientes medidas de control:

a) **Remoción y destrucción manual:** Cuando se encuentre la presencia de insectos que pupen en ramas, corteza o suelo, se llevará a cabo la remoción manual de las pupas y destruirlas en el sitio para cortar el ciclo del insecto.
b) **Tala de salvamente:** En caso de que no se pueda radicar el agente causal de la planta se llevará a cabo la eliminación total del arbolado en una o más áreas de la plantación con el fin de erradicar la plaga o enfermedad en un área determinada, éstas se denominan focos de infección debido a su condición. Los árboles derribados y el material secundario (ramas y ramillas) se deben de tratar en el sitio.

En caso de ser necesario el uso del control biológico, será necesario hacer una evaluación sobre los riesgos que puede presentar su uso. Asimismo, en caso de ser necesario el empleo de insecticidas o fungicidas, se deberán seguir las recomendaciones sobre su empleo en cuanto a la concentración adecuada, el método de aplicación y en general el manejo de las sustancias. Es importante señalar que se deberá hacer una correcta disposición de los envases y los materiales asociados al uso de los pesticidas para evitar contaminar el suelo y el agua. Cabe mencionar que si se detecta una o más plagas o enfermedades será necesario avisar a la SEMARNAT en apego a lo dispuesto en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 29. Imágenes ilustrativas del control fitosanitario

COPIA NO PÚBLICA

I.1.4.9.5 Fertilización

Se conocen principalmente dos métodos para determinar la necesidad de fertilizante para las plantas: el análisis de suelo y el análisis foliar. El análisis de suelos proporciona información acerca de la disponibilidad de minerales, el Ph y la capacidad de intercambio catiónico, entre las más importantes. Estos datos permiten conocer las condiciones en que se encuentran estos minerales y la facilidad con que son absorbidos por las raíces. Las muestras de las hojas permiten analizar ciertas deficiencias minerales. Lo ideal es combinar los dos métodos para conocer con más precisión el tipo de fertilizante que se requiere (Rivas, 2013).

Tabla 11. Lista de síntomas de deficiencia de nutrientes en las plantas

NUTRIENTE	DEFICIENCIA
Nitrógeno (N)	Clorosis, crecimiento retardado, enrojecimiento, caídas de las hojas. Los problemas foliares principalmente a las hojas más viejas.
Potasio (K)	Clorosis moteada, debilidad en los tallos, necrosis. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Calcio (Ca)	Crecimiento retardado, necrosis de las raíces y del extremo de los vástagos.
Magnesio (Mg)	Clorosis moteada, ápices de las hojas se vuelven hacia arriba, especialmente en las hojas más viejas.
Fósforo (P)	Las hojas se vuelven de color verdeazulado oscuro, crecimiento retardado, falta de maduración y enrojecimiento. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Azufre (S)	Clorosis de espacio situado entre las venas de las hojas más jóvenes.
Cloro (Cl)	Necrosis, clorosis, crecimiento retardado, engrosamiento y detección del crecimiento de las raíces jóvenes y marchitamiento de las hojas.
Hierro (Fe)	Clorosis del espacio entre las venas de las hojas más jóvenes. Los tallos se vuelven más delgados y cortos.
Boro (B)	Las hojas se retuercen, los tallos o las puntas de las raíces ennegrecen y mueren. Las raíces se hinchan.
Manganeso (Mn)	Necrosis entre venas, clorosis. Las hojas jóvenes resultan especialmente afectadas.
Zinc (Zn)	El margen de las hojas aparece distorsionado, clorosis, retardado en el crecimiento de las hojas y los entrenudos. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Cobre (Cu)	Distorsión, marchitamiento o escurrimiento de las hojas jóvenes.
Molibdeno (Mo)	Distorsión, necrosis o clorosis de las hojas jóvenes.

Se aplicarán eventos de fertilización, bajo el método de fertiirrigación, usándose insumos orgánica para no generar residuos en el subsuelo, tales como el Rootage un bioestimulante promotor del desarrollo radicular y aumento de pelos absorbentes y Promotor U235 + urea soluble, con el propósito de favorecer la resistencia de los ejemplares a condiciones adversas se aplicará tres fertilizaciones, previo a la entrada de la temporada invernal.

Las aplicaciones se realizarán mediante:

- Preparación en contenedores de 1,000 L.
- Distribución con botes de 19 L, o por sistema de bombeo a gasolina (motobomba), para ser dirigidas con manguera.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 30. Imágenes ilustrativas de la aplicación de fertilización

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.6 Riegos de auxilio

Durante la temporada de estiaje (secas), se aplicarán riegos de auxilio con la finalidad de que los individuos mantengan su desarrollo, principalmente en su sistema de raíces, para permitir que se establezcan y con ello recuperen el vigor y ritmo de crecimiento.

- Los riegos se aplicarán en la época de estiaje, durante los cinco años posteriores al establecimiento, considerando para ello tres evento por año.
- Los cuales podrán modificarse de acuerdo con las necesidades de las plantas, a fin de que esta sobreviva y se establezcan la mayor proporción de los individuos.



Figura 31. Imágenes ilustrativas de la aplicación de riegos de auxilio

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.7 Podas de formación

Como actividad complementaria, se realizará manejo de tejido vegetal, mismo que consiste en la poda selectiva de ramas secas, atrofiadas o que afectan la adecuada aireación y estructura de los ejemplares.

El objetivo de esta intervención es promover el desarrollo estructural adecuado de las plantas mediante la estimulación de hormonas naturales como citoquininas y auxinas, responsables de la regulación del crecimiento. Estas acciones contribuyen directamente al fortalecimiento de la supervivencia, adaptación y distribución uniforme de la biomasa foliar en la vegetación establecida; además del veneficio de prevenir enfermedades fúngicas mediante aeración de las plantas derivado de las podas de rama.



Figura 32. Imágenes ilustrativas de podas de formación

COPIA PÚBLICA

I.1.4.9.8 Mantenimiento de brechas cortafuego

Se realizará el monitoreo y mantenimiento constante de la brecha cortafuego perimetrales, retirando material vegetal combustible en franjas de tres metros de ancho, con el propósito de prevenir posibles incidencias de incendios forestales que pudiesen comprometer al predio de reforestación, procurando realizar limpiezas adicionales tanto dentro como fuera del cerco perimetral en los extremos colindantes con terrenos del mismo propietario arrendador del predio de reforestación.

Estas acciones preventivas reducirán significativamente el riesgo de ingreso de fuego al polígono y constituirán una actividad crucial para el mantenimiento de la reforestación.



Figura 33. Imágenes ilustrativas del mantenimiento de brechas corta fuego

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.9 Mantenimiento de infraestructura perimetral

Se efectuará una inspección periódica y reparación del cerco y de la puerta de acceso. En las correcciones se atenderán:

- Abolladuras, puntos débiles
- Cercos caídos.
- Si los daños son grandes por la fauna silvestre se aplicará malla electrosoldada en el cerco perimetral.



Figura 34. Imágenes ilustrativas del cerco perimetral

CONSULTA PÚBLICA

I.1.4.9.10 Monitoreo

El monitoreo del área de reubicación consiste en dar seguimiento al programa a través de indicadores (indicadores de éxito), que permitan evaluar los resultados del programa. Sin duda es esencial la retroalimentación que se pueda obtener del monitoreo para detectar problemas o fallas, y aplicar oportunamente las medidas correctivas.

Para realizar el monitoreo de las especies reubicadas, es necesario realizar evaluaciones periódicas. El monitoreo en reubicaciones es recomendable realizarlo hasta que se considere que las especies se hayan establecido; es decir las evaluaciones anuales planteadas al inicio se realizarán por un periodo de cinco años.

En este caso se realizarán evaluaciones anuales (mediante censos, dada las bajas densidades de individuos a reforestar) al final del periodo de sequía, una vez que hayan pasado los factores más críticos para su establecimiento que se presenta durante la primavera.



Figura 35. Imágenes ilustrativas del monitoreo del área de reubicación

El siguiente formato es en el que se registrarán los datos obtenidos en las actividades de monitoreo.

CONSULTA PÚBLICA

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE PLANTAS POR CADA SITIO DE MUESTREO

Fecha (dd/mm/aa) _____

Entidad_____ Municipio_____ Loc _____

No. De polígono _____ Nombre del evaluador _____

No. De Unidad de muestreo	Estado físico de las plantas (No. De plantas por sitio)					
	Coordenadas (lat. – long.)	Número de plantas				
		vivas	muertas	sanas	vigorosas	reposición
TOTAL						
%						

CAUSAS DE MUERTE DE LAS PLANTAS

Sequía ( ) Pastoreo ( ) Incendio ( ) Vandalismo ( ) Helada ( ) Fauna nociva ( ) Plagas y/o enfermedades ( ) Competencia con vegetación ( ) Técnica inadecuada de plantación ( )
Otra (especificar) :

ACCIONES DE MANEJO RECOMENDADAS

Reposición de planta ( ) Cercado ( ) Apertura de brecha cortafuego ( ) Vigilancia ( ) Control de plagas y enfermedades ( ) Recajeteo ( ) Otras (especificar) :

OBSERVACIONES GENERALES

_____

_____

_____Fotografías

No._____

CONSULTA PÚBLICA

I.1.5 INDICADORES DE ÉXITO

I.1.5.1 Tiempo de ejecución del proyecto

La reubicación de la flora silvestre se llevará a cabo antes de las actividades de remoción de la vegetación, con el fin de aprovechar al máximo la humedad. Será importante llevar a cabo las actividades del proceso de rescate y reubicación en los plazos establecidos en el cronograma de actividades.

Tabla 12. Tiempo de ejecución de las actividades de reubicación

CONCEPTO	TIEMPO
Actividades de reubicación	12 meses
Actividades de protección	3 meses
Actividades de mantenimiento	5 años

I.1.5.2 Cantidad de planta

Un indicador de éxito que se evaluarán es la cantidad de planta propuesta con relación al total de ejemplares rescatados y reubicados correspondientes a cada especie:

Tabla 13. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar para el tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

ESTRATO	ESPECIE	CRITERIO DE RESCATE	INDIVIDUOS A RESCATAR	AVANCE EN %
Arbóreo-juveniles	*Bursera microphylla*	Diferencia de IVIE	52	----
	Neltuma velutina	Diferencia de IVIE	78	----
	Olneya tesota	NOM-059-2010-SEMARNAT	771	----
Sub total			**901**	----
Arbustivo	*Calliandra eriophylla*	Diferencia de IVIE	3	----
	Colubrina viridis	Diferencia de IVIE	4	----
	Condalia globosa	Diferencia de IVIE	6	----
	Dianthera candicans	Diferencia de IVIE	2	----
	Forestiera angustifolia	Diferencia de IVIE	11	----
	Lycium andersonii	Diferencia de IVIE	4	----
	Randia thurberi	Diferencia de IVIE	2	----
	Senegalia greggii	Diferencia de IVIE	29	----
Sub total			**61**	----
Cactáceas	*Cochemiea mainiae*	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	----
	Cochemiea sheldonii	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	----
	Cylindropuntia fulgida	Diferencia de IVIE	509	----
	Lophocereus schottii	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	----
	Peniocereus striatus	Lento crecimiento y difícil regeneración	96	----
	Stenocereus thurberi	Lento crecimiento y difícil regeneración	32	----
Sub total			**733**	----
Bejucos	*Echinopterys eglandulosa*	Diferencia de IVIE	65	----
	Ibervillea sonorae	Diferencia de IVIE	4	----
Sub total			**69**	----
Total			**1,764**	----

CONSULTA PÚBLICA

I.1.5.3 Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia será determinado mediante censos directos de los individuos reubicados. La primera evaluación se realizará aproximadamente un año después del establecimiento y posteriormente se efectuarán evaluaciones anuales durante un periodo de cinco años, conforme al programa de monitoreo. En cada evaluación se registrará el número de individuos vivos y muertos, así como su condición, vigor y presencia de daños, con la finalidad de determinar la efectividad de las acciones de rescate y reubicación y establecer, en su caso, las medidas correctivas correspondientes. Como indicador de éxito se establece una meta de al menos 80 % de sobrevivencia.

Tabla 14. Claves para describir la condición de la planta

CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Individuo vivo
2	Individuo muerto en pie

El porcentaje se determina mediante una relación de las plantas muertas y vivas, conociendo así, el éxito de sobrevivencia, se determina el número total de individuos vivos reubicados con respecto al número total de individuos reubicados, la diferencia porcentual corresponde al número de individuos muertos.

$$p = \frac{\sum_i^n ai}{\sum_i^n mi} \; x \; 100$$

Donde:

p: Proporción estimada de individuos vivos.
ai: Número de individuos vivos en el sitio i.
mi: Número de individuos plantados en el sitio i.

Como parte de este indicador, se deberán contemplar los daños presentes en las plantas reubicadas, así como, el vigor de estas.

Tabla 15. Indicadores para la descripción de daño de la reubicación establecida

CLAVE	AGENTE CAUSANTE	DESCRIPCIÓN
1	Ausencia de daño	La planta no presenta evidencia de daño físico o causado por plagas y enfermedades
2	Incendios	Presencia de carbonización en troncos y ramas, desecación o pérdida del follaje
3	Insectos	Daño causado por insectos barrenadores, descortezadores o defoliadores
4	Viento	Plantas descopadas o ramas y ramillas desgajadas, a consecuencia del embate del viento.
5	Enfermedades	Daños causados o indicados principalmente por hongos. (deformaciones o protuberancias de los tallos, ramas y frutos, así como manchas foliares o clorosis)
6	Roedores	Daños en el tallo, ramas, flores, semillas y otras partes, causados por ardillas y ratones.
7	Pastoreo	Pisoteo y ramoneo principalmente de las plantas.
8	Otros	Cuando exista daño, pero no sea posible identificar el agente causante del daño.

Tabla 16. Claves para describir el vigor de las plantas

CLAVE	VIGOR
A	Optimo
B	Bueno
C	Pobre
D	Muy pobre

CONSULTA PÚBLICA

Una vez determinada la condición en las que se encuentren las plantas vivas, será posible conocer las necesidades de estas, buscando soluciones que permitan la sobrevivencia de las mismas. Los daños presentes en la reubicación establecida serán registrados para tener un mejor control de la situación y cumplir con al menos el 80 % de sobrevivencia.

Tabla 17. Formato tipo para el registro de indicadores de éxito de la reubicación establecida

NO. PROGRESIVO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONDICIÓN Y/VIGOR	ALTURA (M)	EVIDENCIA DE ALGÚN DAÑO
1					
2					
3					
3					
4					
n					

I.1.6 MEDIDAS DE RESPUESTA

Cuando los resultados del monitoreo indiquen que el porcentaje de sobrevivencia es inferior a la meta establecida del 80 %, se identificarán las causas de mortalidad y se implementarán las medidas correctivas correspondientes. Entre estas podrán considerarse la reposición de individuos, riegos de auxilio, reconformación de terrazas, instalación o sustitución de tutores, control de plagas y enfermedades, mantenimiento del cercado y demás acciones necesarias para favorecer el establecimiento de la vegetación reubicada.

Si al momento de realizar el censo de sobrevivencia se llegase a detectar la presencia de afectaciones por agentes biológicos, se procederá a ejecutar las siguientes medidas:

- Se pondrá en cuarentena las plantas reubicadas por parásitos, hongos o enfermedades, para evitar su propagación al resto de las plantas.
- Se eliminarán las plantas dentro de la plantación y sus alrededores que puedan ser hospederas alternas de plagas o enfermedades.
- Una vez que se identifican las plagas o enfermedades que afectan a la plantación, se puede emplear diversos métodos para su control y combate.

Control mecánico y físico: Incluye una serie de prácticas que pueden eliminar directamente a las plagas o cambiar las condiciones favorables del medio acondiciones adversas para el desarrollo de estas.
Control etológico: Consiste en aprovechar el comportamiento de la plaga ante ciertos estímulos, aprovechándolos para su control, incluye el uso de feromonas sexuales, de agregación o antiagregación, atrayentes en trampas y cebos, repelentes e inhibidores de alimentación, entre otros.
Control biológico: Es la regulación de la población de un organismo por medio de otro. Parte del principio de que en la naturaleza todo organismo tiene uno más antagonistas que lo eliminan o compiten con él.
Control de conservación: Consiste en aprovechar y promover la sobrevivencia y reproducción de los enemigos naturales nativos presentes en la plantación, con el fin de ampliar su impacto sobre las plagas.

CONSULTA PÚBLICA

Control biológico clásico: Consiste en la introducción y establecimiento de nuevas especies de enemigos naturales altamente específicas para el control de las plagas en la plantación.
Control químico: Plagas y enfermedades se controlan por medio de sustancias químicas o biológicas. Para la utilización de sustancias químicas para el control de plagas es importante:

- Seguir las normas de seguridad indicadas en la etiqueta para la aplicación, almacenamiento y eliminación de residuos.
- Usar los plaguicidas con oportunidad de aplicación, es decir, en el tiempo en que la plaga es más sensible y el producto trabaja con mayor eficacia.
- Usar productos selectivos.

I.1.7 INFORME DE AVANCES Y RESULTADOS

Como parte del seguimiento del presente programa, se llevará a cabo un informe de actividades mediante el registro en bitácoras la cual contendrá, entre otros datos, los siguientes:

- Nombre común.
- Nombre científico.
- Fecha de replante.
- Punto de extracción (Coordenadas UTM).
- Punto de reubicación (Coordenadas UTM).
- Registro fotográfico de las actividades.
- Registro fotográfico de las actividades, individuos rescatados, así como de las tareas de reubicación.

Es importante mencionar que, una vez obtenido el resolutivo del presente proyecto, se llevará a cabo la entrega de informe de actividades conforme a los tiempos que establezca en el oficio resolutivo.

Tabla 18. Ejemplo de la bitácora de registro de las especies de flora a rescatar y reubicar

NOMBRE DEL PROYECTO		----------		RESPONSABLE TÉCNICO				----------		
PERIODO		----------		EMPRESA				----------		
NO. DE INDIVIDUO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ESTATUS EN LA NOM-059-2010	NO. FOTOGRAFÍA	FECHA DE REUBICACIÓN	PUNTO DE EXTRACCIÓN (COORDENADAS UTM)		PUNTO DE REUBICACIÓN (COORDENADAS UTM)		OBSERVACIONES
						X	Y	X	Y	

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 19. Ejemplo de la bitácora del informe de actividades

OBRA-ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	META	AVANCE	ESTATUS
DESIGNACIÓN DE PERSONAL RESPONSABLE E INFORMES				

CONSULTA PÚBLICA

I.1.8 INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DEL RESCATE Y REUBICACIÓN

I.1.8.1 Tiempo de ejecución del proyecto

El rescate y reubicación de flora silvestre se llevará a cabo antes de las actividades de remoción de vegetación, con el fin de aprovechar al máximo la humedad. Será importante llevar a cabo las actividades del proceso de rescate y reubicación en los plazos establecidos en el cronograma de actividades.

I.1.8.2 Superficie de rescate y reubicación

El rescate se llevará a cabo en una superficie de 26.999 hectáreas y la reubicación de los individuos rescatados en una superficie de 1.80 hectáreas, mismas que servirá como indicador de cumplimiento; ya que se podrá evaluar si se cumplió o no con el objetivo planteado.

Tabla 20. Superficie reforestada como indicador de evaluación

CONCEPTO	SUPERFICIE	AVANCE EN %
Área de rescate	26.999	----
Área de reubicación	1.80	----

I.1.8.3 Cantidad de planta

Siendo otro indicador de evaluación el número de individuos rescatables por criterios de importancia.

Tabla 21. Especies consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS	% RESCATADO	% REUBICADO
NOM-059-2010-SEMARNAT	*Olneya tesota*	771	---	---
	Cochemiea mainiae	32	---	---
	Cochemiea sheldonii	32	---	---
	Lophocereus schottii	32	---	---
TOTAL		**867**	**---**	**---**

Tabla 22. Especies consideradas de lento crecimiento y difícil regeneración

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS	% RESCATADO	% REUBICADO
Lento crecimiento y difícil regeneración	*Peniocereus striatus*	96	---	---
	Stenocereus thurberi	32	---	---
TOTAL		**128**	**---**	**---**

Tabla 23. Especies por diferencia de Índice de Valor de Importancia Ecológica IVIE

CRITERIO	ESPECIE	NO. INDIVIDUOS	% RESCATADO	% REUBICADO
Diferencia de IVIE	*Bursera microphylla*	52	---	---
	Neltuma velutina	78	---	---
	Calliandra eriophylla	3	---	---
	Colubrina viridis	4	---	---
	Condalia globosa	6	---	---
	Dianthera candicans	2	---	---
	Forestiera angustifolia	11	---	---
	Lycium andersonii	4	---	---
	Randia thurberi	2	---	---
	Senegalia greggii	29	---	---
	Cylindropuntia fulgida	509	---	---
	Echinopterys eglandulosa	65	---	---
	Ibervillea sonorae	4	---	---
TOTAL		**769**	**---**	**---**

CONSULTA PÚBLICA

I.1.9 BENEFICIOS DE LA REUBICACIÓN DE ESPECIES

La reforestación propuesta es técnica y ambientalmente viable, dado que contempla el uso de especies nativas adaptadas al sitio, una densidad adecuada de plantación, medidas de protección y un calendario alineado con la temporada de lluvias, lo que permite asegurar su establecimiento y contribuir a la restauración de la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos, los beneficios se describen a continuación:

1. Restauración de la cobertura vegetal

    - La implementación del programa permitirá restablecer la cobertura forestal en áreas previamente intervenidas o designadas como superficie de compensación, contribuyendo a la recuperación de la estructura y funcionalidad del ecosistema.

2. Compensación por pérdida de biomasa

    - La plantación de individuos favorecerá la recuperación gradual de biomasa vegetal, reduciendo la pérdida de carbono almacenado y contribuyendo a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

3. Conservación y mejora del suelo

    - El establecimiento de cobertura vegetal reduce la escorrentía superficial y favorece la recarga de acuíferos.
    - Disminución de los procesos erosivos.
    - Mejora la estructura y contenido de materia orgánica del suelo.

4. Recuperación de hábitat y biodiversidad

    - La reforestación con especies preferentemente nativas promueve la recuperación de hábitats para fauna silvestre, favoreciendo procesos de recolonización y conectividad ecológica.

5. Fortalecimiento de servicios ecosistémicos

    - Regulación del ciclo hidrológico.
    - Captura de carbono.
    - Estabilización microclimática.
    - Protección del paisaje.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El calendario de trabajo del programa iniciará 15 días antes del comienzo de las actividades de desmonte. Por su parte, la reubicación definitiva de los ejemplares se realizará preferentemente durante la temporada de lluvias más próxima, con la finalidad de favorecer su establecimiento y reducir el estrés hídrico posterior al trasplante.

Tabla 24. Cronograma general de actividades para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

Ejecución del programa de rescate y reubicación de flora		Tiempo	ESTABLECIMIENTO MESES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rescate	Capacitación del personal	12 meses												
	Marcaje y toma de coordenadas de las especies a rescatar	3 meses												
	Extracción de ejemplares (renuevos o regeneración natural)	5 meses												
	Resguardo en vivero temporal	5 meses												
	recolección de germoplasma	3 meses												
Reubicación	Diseño y trazo de reubicación	1 mes												
	Elaboración de terrazas individuales	2 meses												
	Elaboración de cepas	2 meses												
	Reubicación	3 meses												
	Riego de establecimiento	3 meses												
	Establecimiento de cerco perimetral	2 meses												
	Apertura de brechas cortafuego	2 meses												
	Reproducción y manteniendo de individuos rescatados en vivero como medida emergente	6 meses												
	Informe de establecimiento	1 mes												

Posteriormente se integra las actividades de mantenimiento.

Tabla 25. Cronograma de mantenimiento de las especies reubicadas para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

ACTIVIDADES	Tiempo	AÑO 1 MANTENIMIENTO												AÑO 2 MANTENIMIENTO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Monitoreo	Continuo																								
Riegos de auxilio	10 meses																								
Mantenimiento de brechas cortafuego	3 meses																								
Mantenimiento de infraestructura perimetral	2 meses																								
Instalación de tutores	1 mes																								
Podas de formación	1 mes																								
Deshierbe y limpieza del área	1 mes																								
Limpieza y reconformación de terrazas	1mes																								
Control fitosanitario	2 meses																								
Fertilización	2 meses																								

CONSULTA PÚBLICA

ACTIVIDADES	Tiempo	AÑO 1 MANTENIMIENTO												AÑO 2 MANTENIMIENTO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Presentación de informes de cumplimiento	1 mes																								

ACTIVIDADES	Tiempo	AÑO 3 MANTENIMIENTO												AÑO 4 MANTENIMIENTO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Deshierbe y limpieza del área	Continuo																								
Limpieza y reconformación de terrazas	10 meses																								
Instalación de tutores	3 meses																								
Control fitosanitario	2 meses																								
Fertilización	1 mes																								
Riegos de auxilio	1 mes																								
Podas de formación	1 mes																								
Mantenimiento de brechas cortafuego	1mes																								
Mantenimiento de infraestructura perimetral	2 meses																								
Monitoreo	2 meses																								
Presentación de informes de cumplimiento	1 mes																								

ACTIVIDADES	Tiempo	AÑO 5 MANTENIMIENTO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Deshierbe y limpieza del área	Continuo												
Limpieza y reconformación de terrazas	10 meses												
Instalación de tutores	3 meses												
Control fitosanitario	2 meses												
Fertilización	1 mes												
Riegos de auxilio	1 mes												
Podas de formación	1 mes												
Mantenimiento de brechas cortafuego	1mes												
Mantenimiento de infraestructura perimetral	2 meses												
Monitoreo	2 meses												
Presentación de informes de cumplimiento	1 mes												

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 28

PROGRAMA DE REFORESTACIÓN

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 2
II.1. GENERAL 2
II.1.1. PARTICULARES 2
III. METAS PARTICULARES 2
IV. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA PROPUESTA A REFORESTAR 3
V. CAPTURA DE CARBONO 6
V.1. ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA DETERMINAR LA BIOMASA 6
V.1.1. CONTENIDO DE BIOMASA Y CARBONO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX 8
VI. DESARROLLO TÉCNICO DE LA REFORESTACIÓN 14
VI.1. ESPECIES POR UTILIZAR PARA REFORESTACIÓN 15
VI.2. ADQUISICIÓN DE LA PLANTA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES A UTILIZAR 16
VI.3. TRANSPORTE DE LA PLANTA 16
VI.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO 17
VI.4.1. DISEÑO Y TRAZO DE LA PLANTACIÓN 18
VI.4.1.1. TRAZO DE LA PLANTACIÓN 19
VI.4.1.2. TERRAZAS INDIVIDUALES 19
VI.4.1.3. ELABORACIÓN DE CEPAS 20
VI.5. ACTIVIDADES DE PLANTACIÓN 20
VI.6. ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN 21
VI.6.1. CERCO PERIMETRAL 21
VI.6.2. BRECHA CORTAFUEGO 24
VII. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 25
VII.1. DESHIERBE Y LIMPIEZA DEL ÁREA 25
VII.2. LIMPIEZA Y RECONFORMACIÓN DE TERRAZAS 26
VII.3. REPOSICIÓN DE PLANTA MUERTA 27
VII.4. INSTALACIÓN DE TUTORES 28
VII.5. CONTROL FITOSANITARIO 29
VII.6. FERTILIZACIÓN 31
VII.7. RIEGOS DE AUXILIO 33
VII.8. PODAS DE FORMACIÓN 34
VII.9. MANTENIMIENTO DE BRECHAS CORTAFUEGO 35
VII.10. MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA PERIMETRAL 36
VII.11. MONITOREO 37
VIII. INDICADORES DE CUMPLIMIENTO Y/O ÉXITO 39
VIII.1. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO 39
VIII.2. CANTIDAD DE PLANTA 39
VIII.3. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA 39
IX. MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN 41
X. PUNTO DE COMPROBACIÓN 41
XI. RESPOSABLE TÉCNICO 42
XI.1. FUNCIONES 42
XII. BENEFICIOS DE LA VIABILIDAD DE LA PLANTACIÓN 43
XIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 44
XIV. BIBLIOGRAFÍA 46

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS DEL POLÍGONO PROPUESTO PARA REALIZAR LA REFORESTACIÓN 3
TABLA 2. ECUACIONES ALOMÉTRICAS USADAS PARA DETERMINAR LA BIOMASA DE LA VEGETACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 7
TABLA 3. CONTENIDO DE BIOMASA AÉREA 8
TABLA 4. CONTENIDO DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA 9
TABLA 5. CONTENIDO DE CARBONO EN LA BIOMASA SUBTERRÁNEA DE LA VEGETACIÓN A REMOVER 10
TABLA 6. CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN LA VEGETACIÓN A REMOVER 11
TABLA 7. ESPECIES Y CANTIDAD DE INDIVIDUOS A RESCATAR, REUBICAR Y A REFORESTAR 11
TABLA 8. ACUMULACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y CARBONO 12
TABLA 9. LISTADOS DE ESPECIES VEGETALES SUSCEPTIBLES A UTILIZAR 15
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y DE CALIDAD DE PLANTAS PARA LA REFORESTACIÓN 16
TABLA 11. DENSIDADES PROMEDIO RECOMENDADAS POR TIPO DE ECOSISTEMA POR LA CONAFOR, 2023 18
TABLA 12. FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO DE PLANTAS 18
TABLA 13. TIPOS DE POSTE PARA CERCADO Y SUS CARACTERÍSTICAS, ESPECIFICADOS POR EL MANUAL DE RESTAURACIÓN FORESTAL, 2023 21
TABLA 14. LISTA DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE NUTRIENTES EN LAS PLANTAS 31
TABLA 15. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA REFORESTACIÓN 39
TABLA 16. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE A REFORESTAR 39
TABLA 17. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA 39
TABLA 18. CLAVES PARA DESCRIBIR LA CONDICIÓN DE LA PLANTA 40
TABLA 19. INDICADORES PARA DESCRIPCIÓN DE DAÑO DE LA REFORESTACIÓN ESTABLECIDA 40
TABLA 20. CLAVES PARA DESCRIBIR EL VIGOR DE LAS PLANTAS 40
TABLA 21. FORMATO TIPO PARA EL REGISTRO DE INDICADORES DE ÉXITO 40
TABLA 22. MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN 41
TABLA 23. CARACTERÍSTICAS DEL RESPONSABLE TÉCNICO 42
TABLA 24. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE REFORESTACIÓN (ESTABLECIMIENTO) 44
TABLA 25. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE REFORESTACIÓN (MANTENIMIENTO) 45

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONDICIONES ACTUALES DEL PREDIO 3
FIGURA 2. CONDICIONES ACTUALES DEL PREDIO 4
FIGURA 3. UBICACIÓN DEL ÁREA PARA LAS ACTIVIDADES DE REFORESTACIÓN 5
FIGURA 4. A) *BURSERA LAXIFLORA,* B) *PARKINSONIA MICROPHYLLA,* C) *BURSERA MICROPHYLLA*, D) *NELTUMA VELUTINA* Y E) *OLNEYA TESOTA* 15
FIGURA 5. IMAGEN ILUSTRATIVA DEL TRANSPORTE DE LA PLANTA 17
FIGURA 6. TRAZO DE LA PLANTACIÓN 19
FIGURA 7. ELABORACIÓN DE TERRAZAS INDIVIDUALES 19
FIGURA 8. PROCESO DE PLANTACIÓN 20
FIGURA 9. TIPOS DE POSTES PARA EL CERCADO: A) DE CONCRETO, B) METÁLICO, C) POLÍN DE MADERA 21
FIGURA 10. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA CORRECTA FIJACIÓN DEL ALAMBRE DE PÚAS AL POSTE 22
FIGURA 11. A) PREDIO SIN CERCADO EXISTENTE O NO DEFINIDO, B) CERCADO EXISTENTE EN MAL ESTADO, C) CERCADO COLINDANTE PROPIEDAD DE TERCEROS Y D) PRESENCIA DE BARRERAS NATURALES EN ALGUNO DE LOS LINDEROS 23
FIGURA 12. VISTA GENERAL DE LA APERTURA DE UNA BRECHA CORTAFUEGO 24
FIGURA 13. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DEL DESHIERBE Y LIMPIEZA DEL ÁREA 25
FIGURA 14. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA RECONFORMACIÓN Y LIMPIEZA DE TERRAZAS 26
FIGURA 15. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA REPOSICIÓN DE PLANTAS MUERTAS 27
FIGURA 16. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE INSTALACIÓN DE TUTORES 28
FIGURA 17. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DEL CONTROL FITOSANITARIO 30
FIGURA 18. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN 32
FIGURA 19. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA APLICACIÓN DE RIEGOS DE AUXILIO 33
FIGURA 20. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE PODAS DE FORMACIÓN 34
FIGURA 21. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DEL MANTENIMIENTO DE BRECHAS CORTA FUEGO 35
FIGURA 22. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DEL CERCO PERIMETRAL 36
FIGURA 23. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DEL MONITOREO DEL ÁREA DE REFORESTACIÓN 37

CONSULTA PÚBLICA

I. INTRODUCCIÓN

Las principales problemáticas que enfrentan los ecosistemas terrestres mexicanos son la deforestación y degradación. Ambos fenómenos implican una reducción de la cubierta vegetal, lo que ocasiona problemas con modificaciones en los ciclos hídricos y cambios regionales de los regímenes de temperatura y precipitación, favoreciendo con ello el calentamiento global, la disminución en la captura de bióxido de carbono, y la pérdida de hábitats o la fragmentación de ecosistemas.

El proyecto **"Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga"**, a ubicarse en el municipio de Hermosillo, en el estado de Sonora, para la realización de las actividades del proyecto, se verían afectadas una superficie de 26.999 hectáreas, de las cuales en su totalidad corresponden a la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), por lo que se propone implementar una reforestación para compensar dicha afectación.

Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2019) los programas de reforestación y compensación ambiental tienen como prioridad llevar a cabo acciones que permitan recuperar aquellas áreas que fueron dañadas por cualquier actividad, como el mejor desarrollo de las actividades que permitan tener una conservación directa a través del manejo y protección de los ecosistemas, de acuerdo con esto, se elaboró un programa de reforestación en el cual se indican los tiempos y formas de ejecución, así como los indicadores de éxito del proceso de reforestación, los cuales permitirán evaluar la metodología y realizar las correcciones pertinentes si es necesario, dicha reforestación se realizará para fines prácticos en una superficie de 8.800 hectáreas, con especies nativas de la región, con lo que se pretende obtener diferentes beneficios ecológicos.

El presente documento describe los criterios técnicos para la selección de especies, preparación del terreno, densidad de plantación, calendarización, mantenimiento, monitoreo y metas de supervivencia, con el propósito de asegurar la eficacia de la compensación ambiental y el cumplimiento de los compromisos establecidos por la autoridad competente.

CONSULTA PÚBLICA

II. OBJETIVOS

II.1. GENERAL

Implementar un Programa de Reforestación técnicamente sustentado que permita compensar los daños causados por la remoción de la vegetación forestal del proyecto; **"Línea de Transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga"**, mediante la restauración de la cobertura vegetal, la estabilización del suelo y la recuperación progresiva de las funciones ecológicas, utilizando especies nativas y un esquema de mantenimiento y monitoreo que asegure su establecimiento y supervivencia a mediano plazo.

II.1.1. PARTICULARES

- Establecer una cobertura vegetal para la provisión de servicios ambientales como una medida para contrarrestar los impactos negativos por la afectación del desmonte.
- Identificar las especies a utilizar en la reforestación, principalmente aquellas que sean representativas en el área del proyecto.
- Describir las características técnicas para llevar a cabo la reforestación.
- Señalar los indicadores de éxito a utilizar, que permitan medir el resultado favorable de las acciones de reforestación.

III. METAS PARTICULARES

- Reforestar una superficie de 9.00 hectáreas, con 5,500 individuos de especies representativas (*Bursera laxiflora, Parkinsonia microphylla, Bursera microphylla, Neltuma velutina* y *Olneya tesota*
- Lograr una sobrevivencia superior o igual al 80% de la reforestación.

CONSULTA PÚBLICA

IV. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA PROPUESTA A REFORESTAR

El área propuesta para reforestar se encuentra localizada cercana al área del proyecto, y se determinó para compensar la superficie que se verá afectada por la remoción de la vegetación. Las áreas seleccionadas para llevar a cabo la reforestación presentan condiciones de degradación, en campo se observó que el terreno no sostiene vegetación de tipo primaria, por el contrario, corresponde a áreas desmontadas en abandono; en este contexto con las actividades de reforestación se pretende mejorar las condiciones del sitio, al incrementar la cobertura vegetal con especies nativas de la región. El área propuesta para las actividades de reforestación equivale a una superficie de 9.000 ha.

A continuación, se presentan las coordenadas UTM que delimitan el área propuesta, así como el mapa de ubicación.

Tabla 1. Coordenadas del polígono propuesto para realizar la reforestación

ID	COORDENADAS UTM DATUM WGS 1984 ZONA 12 N	
	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
1	491,815.11	3,221,801.04
2	491,850.61	3,221,846.22
3	492,086.50	3,221,624.75
4	492,013.40	3,221,555.27
5	491,952.96	3,221,459.74
6	491,887.13	3,221,420.60
7	491,764.61	3,221,467.44
8	491,738.69	3,221,523.84
9	491,742.45	3,221,710.85
1	491,815.11	3,221,801.04

A continuación, se integra las condiciones actuales del predio a reforestar.



Figura 1. Condiciones actuales del predio

CONSULTA PÚBLICA



Figura 2. Condiciones actuales del predio

CONSULTA PÚBLICA

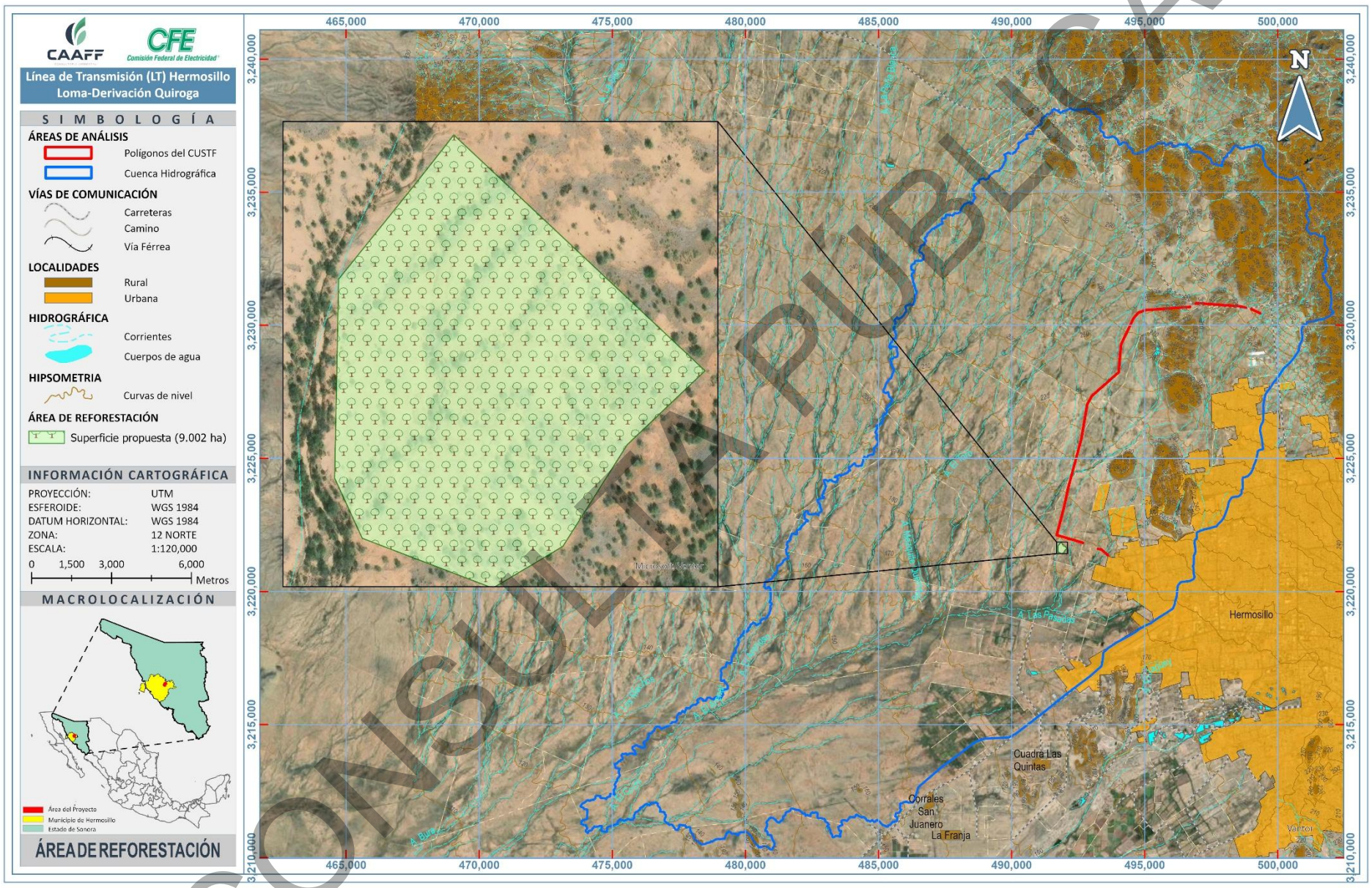


Figura 3. Ubicación del área para las actividades de reforestación

CONSULTA PÚBLICA

V. CAPTURA DE CARBONO

La captura de carbono se basa en dos cuestiones principales: la absorción activa de la nueva vegetación y las emisiones evitadas de la vegetación existente. La primera perspectiva incluye a las actividades que implican la plantación de nuevos árboles (forestación, reforestación, o agrosilvicultura) o el aumentar las tasas de crecimiento de la cubierta forestal existente (como mejores prácticas de silvicultura). La segunda perspectiva considera la prevención o reducción de la deforestación y del cambio de uso del suelo o la reducción a los bosques existentes.

La biomasa es la suma total de la materia orgánica viva de las plantas fotosintéticamente activas en una unidad de área, tanto arriba como abajo del nivel del suelo; está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen (Pardé 1980 en Riofrío, 2007, p.9).

La biomasa varía de una especie forestal a otra y el almacenamiento de carbono depende de la productividad primaria neta de cada sistema, 1 gramo de biomasa es equivalente a 0.5 gramos de carbono o bien un CC de 50%, esta equivalencia ha sido aplicada en diversos trabajos para determinar los almacenes de carbono a distintas escalas (Masera, De Jong, Ricalde, 2000, p.28, Pacheco *et al*, 2007, p.251).

La estimación de los escenarios focaliza la capacidad de las coberturas forestales para capturar carbono atmosférico y la conversión de estas áreas en fuentes de emisión de dióxido de carbono (CO2), los cálculos se realizaron a través del método general de almacenes de carbono (Brown, Lugo y Chapman, 1986, p.390).

$$CO2 = B * F$$
$$F= CC*44/12= CO2$$

En este procedimiento los datos de biomasa por hectárea (B) son multiplicados por un factor (F), que involucra el contenido de C (CC en proporción) en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO2 (44) y el peso del átomo del C (12).

V.1. ECUACIONES ALOMÉTRICAS PARA DETERMINAR LA BIOMASA

Para estimar el contenido de carbono (CO2) presente en la vegetación a remover en el Área del Proyecto (AP), se usaron ecuaciones alométricas tomadas de la publicación denominada *Compilation of allometric equation database and metadata; writing of methodology and parts of the results and discusión (F Rojas-Gracia, 2015).* Dicho documento concentra 478 ecuaciones alométricas para estimar biomasa de árboles y bosques mexicanos.

De acuerdo a las especies a remover, se eligieron las ecuaciones alométricas aptas para las especies características de la vegetación de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 2. Ecuaciones alométricas usadas para determinar la biomasa de la vegetación del Área del Proyecto (AP)

ESPECIE	ECUACIÓN A UTILIZAR	CRITERIO	UNIDAD	PAÍS
Jatropha cardiophylla	340.308*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.115/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Peniocereus striatus	340.308*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.115/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Bursera microphylla	340.308*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.115/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Parkinsonia microphylla	340.308*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.115/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Calliandra eriophylla	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Colubrina viridis	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Condalia globosa	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Antecedente de aplicación en Sonora	kg	México
Dianthera candicans	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Encelia farinosa	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida en Búrquez	kg	México
Fouquieria splendens	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional; *Fouquieria* representado	kg	México
Krameria erecta	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Larrea tridentata	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Lycium andersonii	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Género incluido y antecedente en Sonora	kg	México
Lycium berlandieri	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Género *Lycium* incluido	kg	México
Mimosa distachya	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Mimosa dysocarpa	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional; género representado	kg	México
Randia thurberi	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Antecedente de aplicación en Sonora	kg	México
Senegalia greggii	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Antecedente regional como *Acacia greggii*	kg	México
Echinopterys eglandulosa	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Ibervillea sonorae	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Janusia gracilis	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Género *Janusia* representado	kg	México
Cochemiea mainiae	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Incluida bajo *Mammillaria mainiae*	kg	México
Cochemiea sheldonii	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional; mismo grupo morfológico	kg	México
Cylindropuntia fulgida	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Incluida como *Opuntia fulgida*	kg	México
Lophocereus schottii	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Stenocereus thurberi	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Modelo regional multiespecífico	kg	México
Bursera laxiflora	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Olneya tesota	356.983*(PI()*(B2/2)*(C2/2)*D2)^1.416/1000	Especie incluida directamente	kg	México
Forestiera angustifolia	(-0.062164+0.011566*(B2^2*C2)+0.05652*LN(B2^2*C2))+(-0.088+0.115089*(B2^2*C2))+(-0.08742+0.014452*(B2^2*C2))	Ecuación específica de especie	kg	México
Neltuma velutina	EXP(-0.67+1.55*LN(PI()*(B2/2)*(C2/2)))*1.06	Ecuación específica para *Prosopis velutina*	kg	México
Raíces	Exp(-1.0587 + 0.8836 (ln(Cba)))		kg	México

Una vez seleccionadas las ecuaciones, se estimó la cantidad de biomasa aérea de la vegetación presente en el Área del Proyecto (AP).

CONFIDENCIAL PÚBLICA

V.1.1. CONTENIDO DE BIOMASA Y CARBONO PARA LA VEGETACIÓN DE VSa/MKX

Escenario 1. Contenido de carbono en la vegetación presente en el área de Área del Proyecto (AP)

Tabla 3. Contenido de biomasa aérea

ESTRATO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	INDV/AP TOTAL	BIOMASA AÉREA (TON)
Arbóreo	*Bursera laxiflora*	Torote copal	289	6.285
	Bursera microphylla	Torote rojo	354	3.088
	Neltuma velutina	Mezquite terciopelo	2,282	29.278
	Olneya tesota	Palo fierro	771	75.014
	Parkinsonia microphylla	Palo verde matorralero	1,286	20.844
Subtotal			**4,982**	**134.508**
Arbustivo	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	96	0.003
	Colubrina viridis	Palo colorado	32	0.071
	Condalia globosa	Coronilla	193	1.050
	Dianthera candicans	Chuparrosa	354	0.002
	Encelia farinosa	Incienso	10,928	3.487
	Forestiera angustifolia	Panalero	129	0.250
	Fouquieria splendens	Ocotillo	32	0.063
	Jatropha cardiophylla	Sangre de grado	546	0.264
	Krameria erecta	Mezquitillo	932	0.008
	Larrea tridentata	Gobernadora	64	0.092
	Lycium andersonii	Frutilla	193	0.543
	Lycium berlandieri	Bachata	1,993	1.619
	Mimosa distachya	Garcabato	868	4.343
	Mimosa dysocarpa	Uña de gato terciopelo	32	0.002
	Randia thurberi	Pápachi	225	0.711
	Senegalia greggii	Uña de gato	643	1.252
Subtotal			**17,260**	**13.761**
Bejucos	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	225	0.004
	Ibervillea sonorae	Guarequi	64	0.002
	Janusia gracilis	Bejuco rojo	129	0.000
Subtotal			**418**	**0.006**
Cactáceas	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	32	0.000
	Cochemiea sheldonii	Biznaguita de Sheldon	32	0.000
	Cylindropuntia fulgida	Choya brincona	5,818	2.728
	Lophocereus schottii	Garambullo	32	0.050
	Peniocereus striatus	Saguaro de la virgen	96	0.018
	Stenocereus thurberi	Pitahaya dulce	32	0.041
Subtotal			**6,043**	**2.837**
Total			**28,703**	**151.112**

Con la información obtenida de la biomasa aérea, se estimó el contenido de carbono con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ carbono = biomasa\ aérea * 0.5}$$

*Recordando que, el contenido de carbono se considera como el 50% del total de la biomasa de un árbol.

Los resultados del contenido de carbono en la biomasa aérea de la vegetación se presentan a continuación:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 4. Contenido de carbono en la biomasa aérea

ESTRATO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	INDV/AP TOTAL	BIOMASA AÉREA (TON)	CARBONO AÉREO (TON)
Arbóreo	*Bursera laxiflora*	Torote copal	289	6.285	3.142
	Bursera microphylla	Torote rojo	354	3.088	1.544
	Neltuma velutina	Mezquite terciopelo	2,282	29.278	14.639
	Olneya tesota	Palo fierro	771	75.014	37.507
	Parkinsonia microphylla	Palo verde matorralero	1,286	20.844	10.422
Subtotal			**4,982**	**134.508**	**67.254**
Arbustivo	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	96	0.003	0.001
	Colubrina viridis	Palo colorado	32	0.071	0.036
	Condalia globosa	Coronilla	193	1.050	0.525
	Dianthera candicans	Chuparrosa	354	0.002	0.001
	Encelia farinosa	Incienso	10,928	3.487	1.743
	Forestiera angustifolia	Panalero	129	0.250	0.125
	Fouquieria splendens	Ocotillo	32	0.063	0.032
	Jatropha cardiophylla	Sangre de grado	546	0.264	0.132
	Krameria erecta	Mezquitillo	932	0.008	0.004
	Larrea tridentata	Gobernadora	64	0.092	0.046
	Lycium andersonii	Frutilla	193	0.543	0.272
	Lycium berlandieri	Bachata	1,993	1.619	0.810
	Mimosa distachya	Garcabato	868	4.343	2.171
	Mimosa dysocarpa	Uña de gato terciopelo	32	0.002	0.001
	Randia thurberi	Pápachi	225	0.711	0.356
	Senegalia greggii	Uña de gato	643	1.252	0.626
Subtotal			**17,260**	**13.761**	**6.880**
Bejucos	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	225	0.004	0.002
	Ibervillea sonorae	Guarequi	64	0.002	0.001
	Janusia gracilis	Bejuco rojo	129	0.000	0.000
Subtotal			**418**	**0.006**	**0.003**
Cactáceas	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	32	0.000	0.000
	Cochemiea sheldonii	Biznaguita de Sheldon	32	0.000	0.000
	Cylindropuntia fulgida	Choya brincona	5,818	2.728	1.364
	Lophocereus schottii	Garambullo	32	0.050	0.025
	Peniocereus striatus	Saguaro de la virgen	96	0.018	0.009
	Stenocereus thurberi	Pitahaya dulce	32	0.041	0.021
Subtotal			**6,043**	**2.837**	**1.419**
Total			**28,703**	**151.112**	**75.556**

Con la información anterior, conocemos que el contenido de carbono en la biomasa aérea de la vegetación a remover con el Área del Proyecto (AP) es de 75.556 ton, hasta ahora.

CARBONO EN LA BIOMASA DE LAS RAÍCES DE LA VEGETACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP)

Asimismo, para determinar el contenido de carbono almacenado en la parte subterránea, se estimó el contenido de carbono de la biomasa de las raíces en función del contenido de carbono de la biomasa aérea y por tipo de ecosistema, a partir de la metodología propuesta por Cairns et al (1997) citada en el Protocolo de estimación de las reservas de carbono en la biomasa forestal en México (Donación del Ministerio de Asuntos Internacionales del Gobierno de Noruega, publicado por la CONAFOR en Zapopan, Jalisco, México. Dicho documento señala 2 ecuaciones, la primera aplicable a bosques templados y la segunda ecuación para bosques tropicales:

CONSULTA PÚBLICA

$$(Y) = \exp(-1.0587 + 0.8836(\ln(C_{BA})) + 0.2840 \text{ (Bosques templados)}$$

$$(Y) = \exp(-1.0587 + 0.8836(\ln(C_{BA}))) \text{ (Bosques Tropicales)}$$

Donde:

C_{BA}: Carbono en la biomasa aérea

Y = Carbono en la biomasa subterránea

Debido a que no se dispone en ese protocolo de una ecuación específica para vegetación de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, y considerando que la vegetación del área de estudio corresponde a comunidades áridas, se adoptó la ecuación correspondiente a bosques tropicales como una aproximación metodológica conservadora. Esta decisión se fundamenta en que dicha ecuación no incorpora el término adicional aplicado a bosques templados, por lo que genera estimaciones menores de carbono subterráneo para un mismo contenido de carbono aéreo, disminuyendo el riesgo de sobreestimación. En consecuencia, su uso se considera aceptable como criterio precautorio ante la ausencia de modelos alométricos específicos para la vegetación de matorral xerófilo.

Tabla 5. Contenido de carbono en la biomasa subterránea de la vegetación a remover

ESTRATO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	INDV/AP TOTAL	BIOMASA AÉREA (TON)	CARBONO AÉREO (TON)	CARBONO RAÍCES (TON)
Arbóreo	*Bursera laxiflora*	Torote copal	289	6.285	3.142	1.162
	Bursera microphylla	Torote rojo	354	3.088	1.544	0.634
	Neltuma velutina	Mezquite terciopelo	2,282	29.278	14.639	4.996
	Olneya tesota	Palo fierro	771	75.014	37.507	11.444
	Parkinsonia microphylla	Palo verde matorralero	1,286	20.844	10.422	3.505
Subtotal			**4,982**	**134.508**	**67.254**	**21.742**
Arbustivo	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	96	0.003	0.001	0.001
	Colubrina viridis	Palo colorado	32	0.071	0.036	0.018
	Condalia globosa	Coronilla	193	1.050	0.525	0.219
	Dianthera candicans	Chuparrosa	354	0.002	0.001	0.001
	Encelia farinosa	Incienso	10,928	3.487	1.743	0.666
	Forestiera angustifolia	Panalero	129	0.250	0.125	0.055
	Fouquieria splendens	Ocotillo	32	0.063	0.032	0.016
	Jatropha cardiophylla	Sangre de grado	546	0.264	0.132	0.071
	Krameria erecta	Mezquitillo	932	0.008	0.004	0.003
	Larrea tridentata	Gobernadora	64	0.092	0.046	0.024
	Lycium andersonii	Frutilla	193	0.543	0.272	0.124
	Lycium berlandieri	Bachata	1,993	1.619	0.810	0.337
	Mimosa distachya	Garcabato	868	4.343	2.171	0.778
	Mimosa dysocarpa	Uña de gato terciopelo	32	0.002	0.001	0.001
	Randia thurberi	Pápachi	225	0.711	0.356	0.149
	Senegalia greggii	Uña de gato	643	1.252	0.626	0.248
Subtotal			**17,260**	**13.761**	**6.880**	**2.711**
Bejucos	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	225	0.004	0.002	0.001
	Ibervillea sonorae	Guarequi	64	0.002	0.001	0.001
	Janusia gracilis	Bejuco rojo	129	0.000	0.000	0.000
Subtotal			**418**	**0.006**	**0.003**	**0.002**
Cactáceas	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	32	0.000	0.000	0.000
	Cochemiea sheldonii	Biznaguita de Sheldon	32	0.000	0.000	0.000
	Cylindropuntia fulgida	Choya brincona	5,818	2.728	1.364	0.473
	Lophocereus schottii	Garambullo	32	0.050	0.025	0.013
	Peniocereus striatus	Saguaro de la virgen	96	0.018	0.009	0.005
	Stenocereus thurberi	Pitahaya dulce	32	0.041	0.021	0.011
Subtotal			**6,043**	**2.837**	**1.419**	**0.504**
Total			**28,703**	**151.112**	**75.556**	**24.959**

CONSULTA PÚBLICA

Con la información anterior, conocemos que el contenido de carbono en la biomasa de las raíces de la vegetación a remover con el Área del Proyecto (AP) es de 24.959 ton.

Por lo tanto, el contenido de carbono total que se encuentra en la superficie del Área del Proyecto (AP) es de 100.515 ton., resultado de la suma de las 75.556 ton de carbono en la vegetación aérea y las 24.959 ton de carbono contenido en las raíces.

Tabla 6. Contenido de carbono total en la vegetación a remover

TIPO DE VEGETACIÓN	CARBONO AÉREO (TON)	CARBONO RAÍCES (TON)	CARBONO TOTAL (TON)
VSa/MKX	75.556	24.959	100.515

Escenario 2. Contenido de carbono una vez removida la vegetación en el área Área del Proyecto (AP)

La ejecución del proyecto afectará a toda la vegetación presente en la superficie solicitada, por lo tanto, la captura de carbono se verá completamente afectada, lo que quiere decir que una vez llevado a cabo las actividades de desmonte ***NO EXISTIRÁ CAPTURA DE CARBONO***.

Escenario 3. Contenido de carbono con la reforestación y la reubicación de flora

* Reforestación y reubicación de algunos individuos de flora

Para compensar la pérdida de carbono que se tendrá con la ejecución del proyecto, se rescatarán un total de 1,500 individuos de especies arbóreas-juveniles, arbustivas, cactáceas y de bejucos.

Además, se realizará una reforestación de 5,500 individuos de las especies: *Bursera laxiflora, Parkinsonia microphylla, Bursera microphylla, Neltuma velutina* y *Olneya tesota*.

El total de todos estos individuos incluyendo las especies de rescate y reforestación es de 7,264.

Tabla 7. Especies y cantidad de individuos a rescatar, reubicar y a reforestar

ESTRATO	ESPECIE	CRITERIO	RESCATE Y REUBICACIÓN		REFORESTACIÓN	
			Nº DE INDIVIDUOS	CARBONO CAPTURADO (TON)	Nº DE INDIVIDUOS	CARBONO CAPTURADO (TON)
Arbóreo-juveniles	*Bursera laxiflora*	-	0	0.000	1,100	20.990
	Parkinsonia microphylla	-	0	0.000	1,100	10.470
	Bursera microphylla	Diferencia de IVIE	52	0.495	1,100	10.470
	Neltuma velutina	Diferencia de IVIE	78	0.964	1,100	13.598
	Olneya tesota	NOM-059-2010-SEMARNAT	771	14.712	1,100	20.990
Arbustivo	*Calliandra eriophylla*	Diferencia de IVIE	3	0.057	0	0.000
	Colubrina viridis	Diferencia de IVIE	4	0.076	0	0.000
	Condalia globosa	Diferencia de IVIE	6	0.114	0	0.000
	Dianthera candicans	Diferencia de IVIE	2	0.038	0	0.000
	Forestiera angustifolia	Diferencia de IVIE	11	0.032	0	0.000
	Lycium andersonii	Diferencia de IVIE	4	0.076	0	0.000
	Randia thurberi	Diferencia de IVIE	2	0.038	0	0.000
	Senegalia greggii	Diferencia de IVIE	29	0.553	0	0.000
Cactáceas	*Cochemiea mainiae*	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	0.611	0	0.000

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO	ESPECIE	CRITERIO	RESCATE Y REUBICACIÓN		REFORESTACIÓN	
			Nº DE INDIVIDUOS	CARBONO CAPTURADO (TON)	Nº DE INDIVIDUOS	CARBONO CAPTURADO (TON)
	Cochemiea sheldonii	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	0.611	0	0.000
	Cylindropuntia fulgida	Diferencia de IVIE	509	9.713	0	0.000
	Lophocereus schottii	NOM-059-2010-SEMARNAT	32	0.611	0	0.000
	Peniocereus striatus	Lento crecimiento y difícil regeneración	96	0.914	0	0.000
	Stenocereus thurberi	Lento crecimiento y difícil regeneración	32	0.611	0	0.000
Bejucos	*Echinopterys eglandulosa*	Diferencia de IVIE	65	1.240	0	0.000
	Ibervillea sonorae	Diferencia de IVIE	4	0.076	0	0.000
TOTAL			1,764	31.543	5,500	76.518

RESULTADOS

La estimación de la compensación de captura de carbono se obtuvo con las mismas ecuaciones empleadas para estimar la cantidad de carbono que hay actualmente en la vegetación de la superficie de Área del Proyecto (AP).

Para conocer la cantidad de carbono que retendrán las 7,264 plantas, se formuló un modelo predictivo para la estimación de acuerdo con las medidas alométricas (diámetro base y altura) que tendrán a través de los años y los resultados se multiplicaron por el número de individuos a plantar.

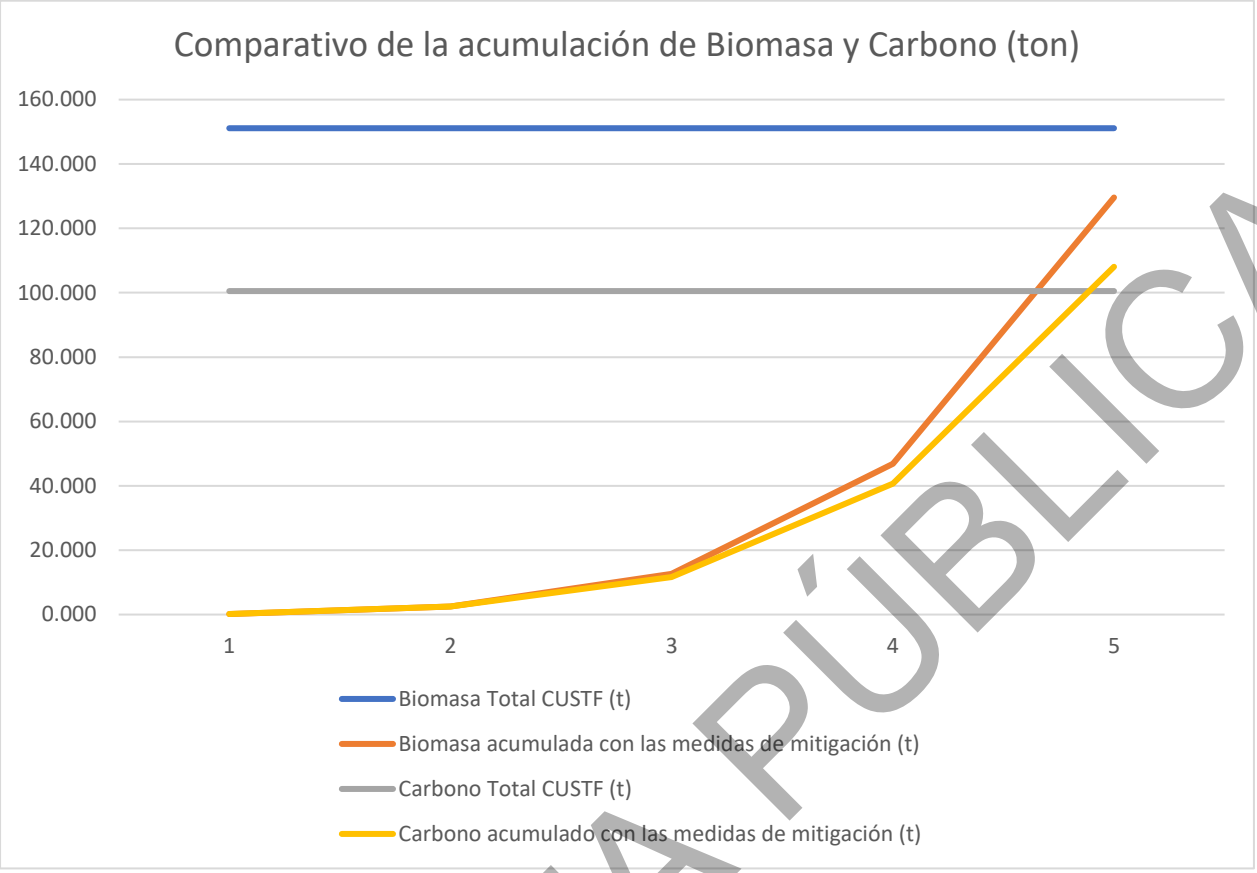
Dicha estimación se realizó para un escenario de 5 años hasta encontrar la compensación solicitada de carbono. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 8. Acumulación de la biomasa aérea y carbono

COMPARATIVO DE LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO (TON)				
AÑOS	BIOMASA TOTAL AP (T)	BIOMASA ACUMULADA CON LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN (T)	CARBONO TOTAL AP (T)	CARBONO ACUMULADO CON LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN (T)
1	151.112	0.161	100.515	0.185
2	151.112	2.491	100.515	2.464
3	151.112	12.677	100.515	11.666
4	151.112	46.867	100.515	40.710
5	151.112	129.589	100.515	108.064

En la siguiente figura, se muestra la representación gráfica de la Captura de carbono y emisión de carbono contenido en biomasa a través de los años, en donde se puede ver que, *a partir del año cinco, el contenido de carbono capturado con la reubicación de los individuos compensará la pérdida que se dará por la ejecución del proyecto.*

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 1. Predicción de la captura de carbono en la reforestación y en la reubicación

A partir de los resultados presentados en la Tabla 8 y su representación gráfica, se observa que la biomasa y el carbono acumulados mediante las medidas de mitigación presentan un incremento progresivo durante el periodo evaluado. Mientras que en el primer año la contribución aún es reducida, con valores de 0.161 t de biomasa y 0.185 t de carbono, para el quinto año se alcanza una acumulación de 129.589 t de biomasa y 108.064 t de carbono, evidenciando una tendencia sostenida de recuperación.

En términos comparativos, el carbono acumulado mediante la reforestación y reubicación de individuos se aproxima gradualmente al carbono total asociado al Área del Proyecto (AP) y, al quinto año, lo supera. Esto permite inferir que las medidas de mitigación propuestas serán efectivas para compensar la pérdida de carbono ocasionada por la remoción de la vegetación derivada del proyecto, restableciendo de manera gradual la capacidad de almacenamiento de carbono en el área intervenida.

Por tanto, se concluye que la reforestación y reubicación de individuos constituyen una medida de compensación ambiental viable, ya que permiten recuperar en el mediano plazo la biomasa y el carbono afectados por las actividades dentro del AP, contribuyendo al restablecimiento de la funcionalidad ecológica del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

VI. DESARROLLO TÉCNICO DE LA REFORESTACIÓN

Para lograr una restauración ambiental es necesario considerar acciones de reforestación con las especies representativas del ecosistema.

Para la evaluación de las especies susceptibles a reforestar se tomó en cuenta como criterio principal, que las especies sean representativas del lugar; así como, su disponibilidad en vivero. Además de considerar que una vez establecida la cubierta vegetal ésta protege al suelo de los efectos erosivos del aire y el agua, así como la mejora del proceso de infiltración.

De acuerdo con la información obtenida en campo, las siguientes especies se consideraron aptas para la reforestación ya que de acuerdo al Sistema de Información para la Reforestación (SIRE) disponible en la página de la Comisión Nacional Forestal y a la plataforma digital de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) son nativas de la región.

De acuerdo con la secretaria de Medio Ambiente del estado de São Paulo, Brasil (2011), las técnicas de nucleación o prácticas de manejo de biodiversidad, consisten en la formación de micro hábitats o núcleos para facilitar la llegada de especies de animales, vegetales y microorganismos de los fragmentos vecinos al área de restauración, y su objetivo es crear condiciones adecuadas en las áreas degradadas para iniciar el proceso de regeneración natural y generar conectividad con el paisaje.

CONSULTA PÚBLICA

VI.1. ESPECIES POR UTILIZAR PARA REFORESTACIÓN

Es importante mencionar que, las especies seleccionadas son de las más representativas del área. De acuerdo con el apartado **Diseño y trazo de la plantación**, se tendrá un tipo de densidad (Ver Tablas siguiente). Las especies determinadas para reforestación procederán de viveros cercanos de la región.

Tabla 9. Listados de especies vegetales susceptibles a utilizar

NOMBRE CIENTÍFICO	SUPERFICIE POR REFORESTAR (ha)	No. DE PLANTAS
Bursera laxiflora	1.76	1,100
Parkinsonia microphylla	1.76	1,100
Bursera microphylla	1.76	1,100
Neltuma velutina	1.76	1,100
Olneya tesota	1.76	1,100
TOTAL	8.80	5,500

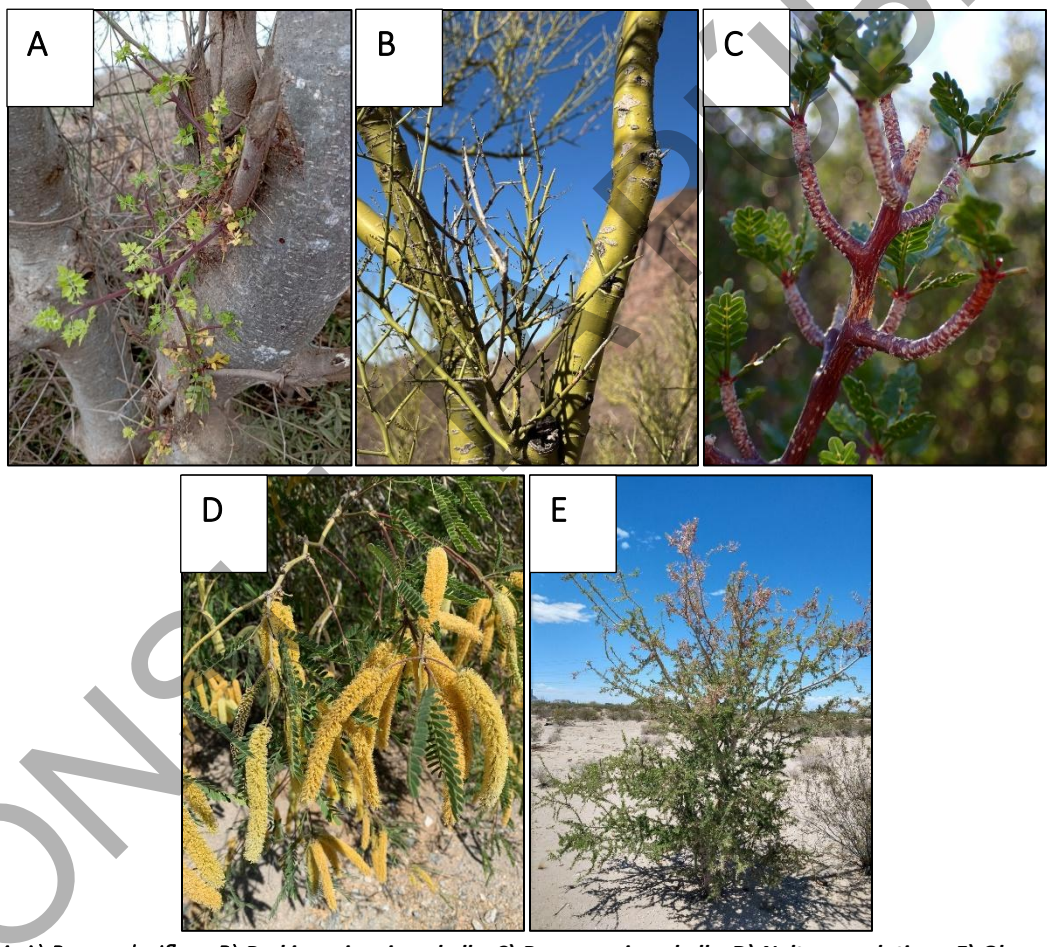


Figura 4. A) *Bursera laxiflora,* B) ***Parkinsonia microphylla,*** **C) *Bursera microphylla*, D) *Neltuma velutina* y E) *Olneya tesota***

CONSULTA PÚBLICA

VI.2. ADQUISICIÓN DE LA PLANTA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES A UTILIZAR

Las plantas utilizadas en la reforestación serán adquiridas en viveros de la región. Con la finalidad de asegurar su adaptación en las áreas donde serán plantadas; se tiene contemplada la reposición del 20 % posterior al establecimiento. Es importante mencionar que, la asignación de superficies por especie puede variar de acuerdo con la disponibilidad de planta en el momento de la reforestación.

Para el éxito de la reforestación se deberá realizar una selección adecuada de los ejemplares, considerando como uno de los criterios, la calidad comercial de la planta a utilizar, por lo que, la planta que se lleve a campo debe cumplir con los siguientes parámetros para especies latifoliadas:

Tabla 10. Características biológicas y de calidad de plantas para la reforestación

ESPECIFICACIONES			
Tipo de planta	Conífera no cespitosa	Conífera cespitosa	Latifoliadas o tropicales
Diámetro del tallo	Mínimo 4 mm	Mínimo 6 mm	No aplica
Altura de la planta	15 a25 cm	No aplica	20 a 35 cm
Raiz	Raíces bien distribuidas y con un con un eje central definido. Sin raíces envolventes o creciendo hacia arriba. Sin malformaciones o nudos y con abundantes puntos de crecimiento. Abarcando el 70 u 80% del cepellón.		
Micorriza	Cobertura en cepellón mínima del 40%		N/A
Lignificación	2/3 partes del tallo principal, evitar planta excesivamente alta y delgada		
Integridad	Plantas completas, sin daños físicos o mecánicos (fracturadas)		
Sanidad	Sin alteraciones morfológicas y libres de plagas y enfermedades		
Edad (meses)	6 a 12	18 a 24	3 a 8

Fuente: Elaborado a partir de CONAFOR, 2023.

Además, es importante que antes de salir del vivero las plantas hayan pasado por una etapa de endurecimiento, en la que se trata de someter a las plantas a una aclimatación en condiciones similares a las que se presentan en el medio natural, es decir reduciendo los niveles óptimos que se mantienen en los viveros. En esta etapa se debe de reducir un poco el riego de la planta y se le expone más a la radiación solar directa en caso de que haya sido producido bajo la sombra parcial (Rodríguez, 2008).

Una vez considerado lo anterior, es recomendable aplicar un riego de saturación un día antes del transporte de las plantas a las áreas seleccionadas para reforestar.

VI.3. TRANSPORTE DE LA PLANTA

Para transportar las plantas del vivero al terreno, se deberán utilizar vehículos cerrados y trasladar las plantas debidamente cubiertas para protegerlas del viento y la insolación, y evitar con ello su deshidratación. De ser posible, como mínimo deberá brindarse protección a las plantas, rodeando la carrocería del camión con costales.

En cuanto al acomodo de las plantas dentro del vehículo, para optimizar la capacidad de los vehículos y disminuir los costos de transporte, es conveniente acomodarlas en rejillas.

CONSULTA PÚBLICA

Al acomodar las plantas en el camión, es importante cuidar que los envases sean de las mismas dimensiones con la finalidad de conseguir un arreglo homogéneo, que permita estibar varias capas.

Es necesario procurar que con el movimiento del vehículo las plantas no se dañen, por ello es necesario ajustar la carga a las dimensiones de la caja del camión, sin apretar los envases (Rodríguez, 2008). No es recomendable estibar más de dos niveles o capas, sobre todo si el tiempo de traslado es largo y las plantas presentan un buen desarrollo de tallo y hojas (Arriaga *et al*., 1994).

Para estibar las plantas se deben traspalear los envases de manera que las bolsas de arriba no aplasten a la planta de abajo. Además, se debe cuidar que el tallo y hojas de las que quedan abajo no se doblen o quiebren. También es importante considerar el tiempo de traslado para reducir el estrés de las plantas, el cual idealmente no deberá rebasar tres horas.

Asimismo, se debe evitar los golpes, lo cual afecta la calidad de planta y su supervivencia una vez plantada, por lo que estas actividades se deberán de llevar a cabo con cuidado. Las plantas no deben ser transportadas por el tallo, sino por la base de la bolsa que las contiene (Rodríguez, 2008).



Figura 5. Imagen ilustrativa del transporte de la planta

VI.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Un aspecto que influye en la supervivencia es el tipo de preparación del terreno, éste influye directamente en el volumen de agua infiltrado en la zona radical de la planta (Querejeta *et al*., 2001).

La preparación del terreno se realizará manual cuando el terreno se encuentre escarpado con ayuda de herramientas manuales. Con este método sólo se trabaja en el área donde se colocará la planta, evitando, alteraciones innecesarias y la pérdida de suelo por la pérdida no requerida. La preparación del terreno consiste en lo siguiente:

COPIA PÚBLICA

VI.4.1. DISEÑO Y TRAZO DE LA PLANTACIÓN

El diseño de plantación y arreglo seleccionado (espaciamiento) determina la densidad de la plantación. En la siguiente tabla se puede apreciar la densidad mínima y máxima promedio recomendadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por tipo de ecosistema.

Tabla 11. Densidades promedio recomendadas por tipo de ecosistema por la CONAFOR, 2023

CONCEPTO	ECOSISTEMA					
	TEMPLADO		TROPICAL		ÁRIDO Y SEMIÁRIDO	
Rango	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta
Cantidad de plantas/ha	600	1,100	350	750	300	700

Considerando las recomendaciones generales de densidad de plantación señaladas por la CONAFOR, así como las condiciones particulares del sitio, se propone establecer una densidad de 625 plantas por hectárea. Si bien dicho valor se encuentra ligeramente por encima del rango promedio recomendado, esta decisión se justifica en que el área propuesta para la plantación se encuentra actualmente desprovista de vegetación, por lo que es necesario incrementar la densidad inicial para favorecer una cobertura vegetal más rápida, mejorar la ocupación del terreno y aumentar la probabilidad de establecimiento exitoso de los individuos. Asimismo, una mayor densidad permite compensar posibles pérdidas por mortalidad temprana derivadas de las condiciones ambientales del sitio. Bajo este criterio, y considerando un diseño de plantación en marco real, se adopta un distanciamiento de 4 m entre plantas y entre surcos, equivalente a una densidad de 625 plantas por hectárea.

Tabla 12. Fórmulas para determinar el requerimiento de plantas

ARREGLO	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
Marco real (Cuadrado o rectangular)	N= M/(a x A)	Área a plantar entre el resultado de la multiplicación de ancho por el largo.
Tresbolillo o triangular	N= M/ (a^2 x 0.866)	Área a plantar entre el resultado de la multiplicación del ancho al cuadrado por la constante.
Lineal	N= L/a	Longitud a plantar entre el ancho de la hilera.

Donde:

N = Numero de plantas requeridas.
M = Área a plantar (en metros cuadrados)
"A" y "a" = Distancia entre plantas (A= Largo, a= Ancho).
0.866 = Constante.
L = Longitud a plantar.

La densidad de plantación se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$N = M/(a\ x\ A)$$

Sustituyendo en la fórmula se obtiene la densidad de plantación como se muestra en seguida:

$$N = 10{,}000 / (4 * 4)$$

$$N = 625$$

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con lo anterior, la cantidad de planta necesaria para establecer en una hectárea con un diseño de marco real y un distanciamiento entre plantas y surcos de 4 m es de 625 plantas/ha; es decir, en 8.8 hectáreas se distribuirán 5,500 individuos. Para la reforestación se requiere una superficie de 8.8 hectáreas, sin embargo, se contempla una superficie mayor de 9.0 hectáreas para las actividades de protección.

VI.4.1.1. Trazo de la plantación

Dentro del área se realizará el trazo de forma perpendicular a la pendiente y bajo un diseño de tresbolillo. Para la delimitación de los sitios definitivos en los que se establecerán los ejemplares, se utilizará una cuerda con nudos o señalamientos a cada intervalo periódico según corresponda la separación, en los que se señalará con una leve remoción del suelo o cal, para indicar el lugar exacto en el que deberá abrir la cepa.



Figura 6. Trazo de la plantación

VI.4.1.2. Terrazas individuales

Una vez realizado el trazo y señalamiento de la ubicación de cada punto donde se colocarán las plantas, se procederá a la elaboración de 5,500 terrazas individuales, con un diámetro de un metro y una profundidad de 10 cm. Esta actividad consiste en la excavación en la parte superior del terreno, depositando y conformando terrazas de forma circular con el suelo excavado para un mayor almacenamiento del agua precipitada, proporcionando mayor retención de humedad, lo que favorece a las especies forestales plantadas.



Figura 7. Elaboración de terrazas individuales

CONSULTA PÚBLICA

VI.4.1.3. Elaboración de cepas

Para la elaboración de 5,500 cepas se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Las cepas se ubican dentro de las terrazas individuales realizadas.
- Con ayuda de herramientas manuales como talacho y pala se realiza la apertura de la cepa de 30 x 40 cm, o en su caso considerando las medidas de la planta que será plantada, que, en términos generales, el tamaño de la cepa deberá tener de 3 a 5 veces más que el tamaño del cepellón de la planta.
- La tierra que se extraiga en la apertura de la cepa, se deberá colocar a un lado de esta para permitir la oxigenación.

VI.5. ACTIVIDADES DE PLANTACIÓN

La plantación consistirá en la introducción de la planta en el suelo manualmente, cuidando los siguientes detalles:

- Se tendrá especial cuidado con las raíces al extraer el cepellón del envase y al colocarla en la cepa.
- Se colocará la planta en la cepa de forma vertical en la mayor medida posible.
- Se colocará el cuello de la planta a ras del suelo, sin enterrarlo.
- Después de la colocación de la planta, se apisonará suavemente la tierra alrededor de ésta para evitar la presencia de bolsas de aire en las cuales no se desarrolla la raíz.
- La reforestación se llevará a cabo preferentemente en la temporada de lluvia más cercana al inicio de las actividades del proyecto; con el fin de aprovechar al máximo la humedad y de esta manera asegurar que la planta no tenga escases del recurso hídrico.



Figura 8. Proceso de plantación

La época de la plantación depende de la época de lluvias, que, de acuerdo con la información climatológica de la zona, la temporada de lluvias inicia en el mes de mayo, por lo que se sugiere iniciar la plantación durante ese mes, y de esta manera se aprovechan las lluvias de los siguientes meses.

COPIA PÚBLICA

VI.6. ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN

Para garantizar el éxito de la reforestación, además de la selección de las especies, así como, llevar a cabo el transporte y plantación de la manera más adecuada; se requiere contemplar acciones de protección del área que será reforestada para evitar la destrucción de las obras, el pisoteo y ramoneo que puede ocasionar la introducción de ganado en el área restaurada; como son el cerco perimetral y protección contra fuego.

VI.6.1. CERCO PERIMETRAL

El cercado será de 4 hilos y postes de fierro, concreto o madera, colocados a una distancia máxima de 4 m y con al menos cuatro hilos de alambre de púas (separado máximo 30 cm entre hilos), con retenidas a cada 50 metros, la longitud de cercado corresponderá al perímetro del área propuesta para realizar la reforestación. La importancia de un cerco perimetral radica en evitar daños en las áreas y plantas reforestadas, principalmente por actividades antropogénicas.

En la siguiente tabla se describen las características de los diferentes tipos de postes que se pueden utilizar.

Tabla 13. Tipos de poste para cercado y sus características, especificados por el manual de restauración forestal, 2023

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Concreto	8 cm x 8 cm x 2.50 m
Concreto	12 cm x 12 cm x 2.50 m
Metálico en "Y"	Altura: 1.98 m, peso; 3.1 kg
Acero	Altura: 1.98 m, peso; 2.59 kg
Madera	Altura: 1.98 m, diámetro de 10, 13 y 20 cm
Vigas y polines	Altura: 1.98 m, diámetro 5 x 5 pulgadas
Tubo Metálico	Altura: 1.98 m, diámetro de 5 pulgadas
Ángulo metálico	Opcional

Fuente: *https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2024/Manual_de_restauracion_forestal_version_digital.pdf*

Posteriormente se integran los tipos de postes más utilizados, de acuerdo con el manual de la CONAFOR.

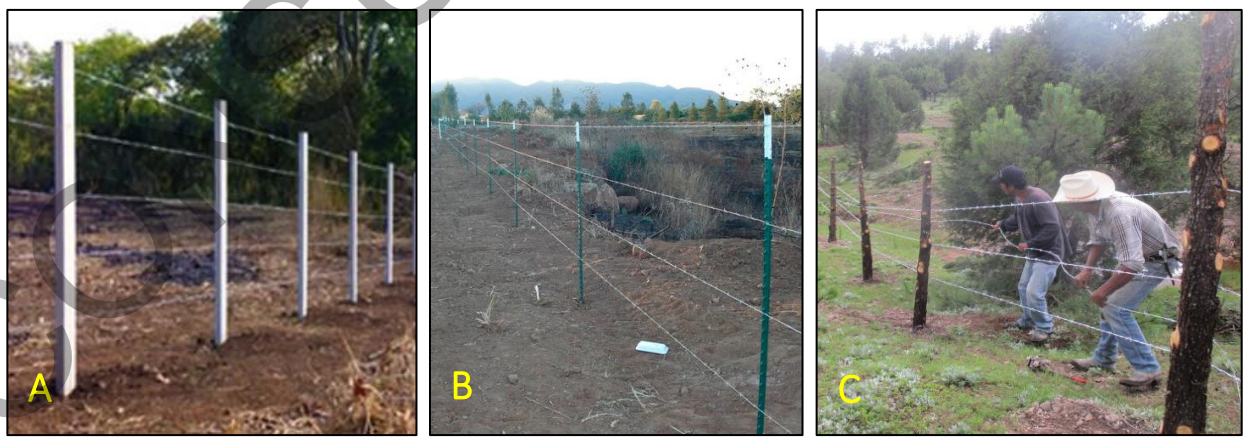


Figura 9. Tipos de postes para el cercado: A) de concreto, B) metálico, C) polín de madera

CONSULTA PÚBLICA

La fijación del alambre de púas al poste es uno de los factores determinantes para su adecuado funcionamiento del cercado, la elección del tipo de material de fijación dependerá del tipo de poste; grapas metálicas de una pulgada de longitud, calibre 9 para postes de madera y alambre recocido/galvanizado calibre 14.5 para postes metálicos y de concreto.



Figura 10. Imágenes ilustrativas de la correcta fijación del alambre de púas al poste

Para la correcta instalación del cercado perimetral se deberán considerar los siguientes pasos:

Primer paso: Limpieza, trazo y marcaje del perímetro

Se deberá limpiar, trazar y marcar (mediante cal o hilo plástico) el perímetro donde se instalarán los postes, con el objetivo de proteger el polígono propuesto para las actividades de reforestación. El área seleccionada podrá presentar alguno de los siguientes supuestos:

- Predio sin cercado existente o no definido: Cuando el área a restaurar no cuente con cercado de alambre de púas o únicamente presente barreras vivas, se deberá instalar la totalidad del cercado conforme a las especificaciones establecidas.

- Cercado existente en mal estado: En caso de existir un cerco de alambre de púas, se deberá evaluar su estado físico. Si se encuentra en condiciones de cumplir con la función de protección del predio, se podrá dar mantenimiento mediante el tensado del alambre o la sustitución de postes, grapas o tramos dañados. De lo contrario, deberá instalarse un nuevo cercado conforme a las características indicadas.

- Cercado colindante propiedad de terceros: Cuando el cercado existente pertenezca a un tercero colindante, se deberá instalar un nuevo cerco "ya sea en sustitución del existente o de forma paralela", contando previamente con la autorización del propietario para la realización de los trabajos.

- Presencia de barreras naturales en alguno de los linderos: En casos donde existan elementos naturales como acantilados, barrancos, paredes rocosas u otras formaciones similares, se deberá evaluar si estas barreras cumplen con la función de protección requerida. Si no garantizan la exclusión de fauna doméstica o actividades externas, se deberá instalar el cercado conforme a las especificaciones señaladas.

CONSULTA PÚBLICA

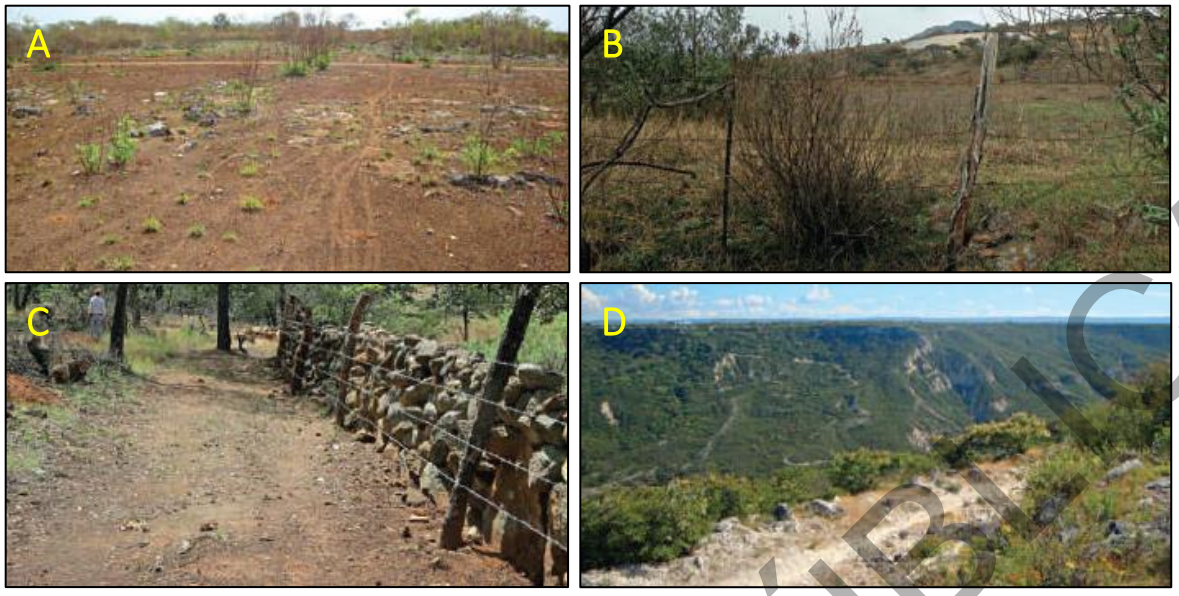


Figura 11. A) Predio sin cercado existente o no definido, B) Cercado existente en mal estado, C) Cercado colindante propiedad de terceros y D) Presencia de barreras naturales en alguno de los linderos

Segundo paso: Apertura de cepas

Se deberán abrir las cepas donde se colocarán los postes, con dimensiones aproximadas de 30 × 30 × 40 cm, las cuales podrán ajustarse según las condiciones del suelo. Los postes deberán colocarse a una distancia máxima de 4 m entre sí, medida desde el centro de cada cepa.

Tercer paso: Colocación y fijación de postes

Los postes deberán colocarse de manera vertical y posteriormente se rellenarán las cepas utilizando la misma tierra extraída, piedra, gravilla u hormigón (mezcla de cemento y grava). Con excepción del hormigón, el resto de los materiales deberá compactarse mediante el uso de pisón metálico u otra herramienta adecuada, a fin de garantizar la estabilidad y firmeza del poste.

Cuarto paso: Instalación y tensado del alambre de púas

Una vez que los postes se encuentren firmes, se procederá a la colocación del alambre de púas. Para su tensado se utilizará una horquilla de metal o madera en forma de "H", asegurando que el cercado quede correctamente ajustado.

Observaciones generales:

- Para permitir el acceso al predio sin comprometer la protección del área, se deberá habilitar una puerta o "falso" con un ancho mínimo de dos metros, o mayor en caso de ingreso de vehículos.
- Los postes de madera utilizados en el cercado no deberán provenir de la corta de árboles vivos dentro del área de intervención, ya que ello contraviene los objetivos de restauración ecológica. Se deberán emplear postes de material muerto que presenten características de dureza y resistencia que favorezcan la durabilidad del cercado.

CONSULTA PÚBLICA

VI.6.2. BRECHA CORTAFUEGO

Se llevará a cabo la elaboración de brechas cortafuegos, siguiendo los límites del perímetro del cerco del área de reforestación, con lo cual se pretende disminuir la incidencia de incendios y evitar la afectación de la reforestación. La brecha cortafuego consiste en la remoción y limpieza de material combustible en franjas para evitar el avance del fuego.

Esta actividad se realizará durante la temporada de estiaje, que es cuando hay mayor probabilidad de incendios, para su apertura se debe considerar los siguientes pasos:

Primer paso: Realizar el trazo de la brecha, evitando que se dirija a favor de la pendiente.

Segundo paso: Hacer la brecha de al menos 2 m de ancho, eliminando todo elemento natural que favorezca la combustión. Esta actividad puede realizarse de manera manual (machete, azadón, etc.) mecanizada (chapeadora mecánica o desbrozadora) o mediante control químico (uso de herbicidas), en este último caso, es importante el uso de herbicidas preferentemente biológicos o en su defecto, que, mediante la ficha técnica del producto, se compruebe el bajo o nulo impacto ambiental por su uso.

Tercer paso: Retirar el material vegetal resultante hasta descubrir el suelo mineral, para prevenir que posteriormente funcione como combustible. Esta actividad se puede realizar con el uso del rastrillo, machete, palas, etc., y complementarlo con el uso de control químico tomando en cuenta lo mencionado en el paso anterior.

Observaciones:

- Las obras y prácticas de restauración de suelos podrán extenderse hasta los márgenes del cercado en caso de que inevitablemente la brecha se haya trazado a favor de la pendiente (a excepción del acomodo de material vegetal muerto), de la misma forma la reforestación podrá establecerse al margen del área de la brecha cuando el diseño así lo requiera.
- La época más recomendable para realizar la brecha corta fuego es al término del periodo regular de lluvias, para que, una vez llegada la temporada de sequía, no se tenga material combustible en el perímetro del predio que pudiese dar origen a un incendio.

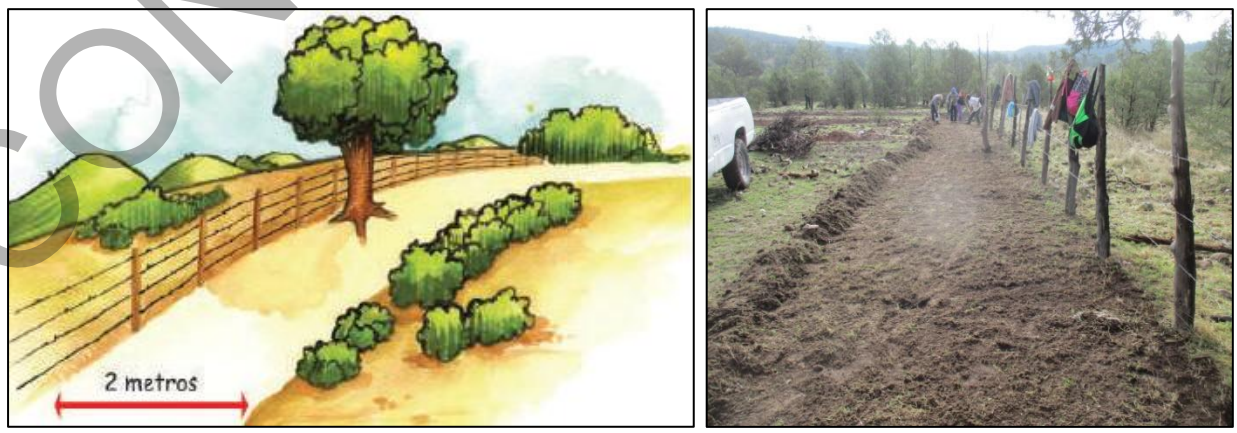


Figura 12. Vista general de la apertura de una brecha cortafuego

CONSULTA PÚBLICA

VII. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

VII.1. DESHIERBE Y LIMPIEZA DEL ÁREA

Con la finalidad de reducir la competencia entre la planta reforestada y la maleza, se llevarán a cabo actividades de deshierbe manual (con azadones y talaches) y mecánico (con desbrozadora) para reducir la competencia por luz, agua y nutrientes, mejorar las condiciones sanitarias y prevenir la proliferación de plagas y/o enfermedades asociadas.

El material vegetal derivado de esta acción será reutilizado como acolchado en el sitio para favorecer la retención de humedad y reducir la erosión. Lo residuos secos abundantes en el perímetro se retirarán para mitigar riesgos de incendio.



Figura 13. Imágenes ilustrativas del deshierbe y limpieza del área

CONSULTA PÚBLICA

VII.2. LIMPIEZA Y RECONFORMACIÓN DE TERRAZAS

Se implementará el mantenimiento y reconstrucción de terrazas individuales para optimizar la captación de escorrentía y la infiltración de agua. Las intervenciones incluirán:

- Reconformación total de las terrazas del polígono.
- Eliminación de maleza para reducir competencia por nutrientes.
- Rehabilitación de terrazas mediante microcuencas tipo ala.
- Relleno y compactación de socavones generados por fauna subterránea.

Estas acciones incrementarán en un 15% la eficiencia hídrica del área, reduciendo pérdida de humedad y mejorando la estabilidad del suelo.



Figura 14. Imágenes ilustrativas de la reconformación y limpieza de terrazas

CONSULTA PÚBLICA

VII.3. REPOSICIÓN DE PLANTA MUERTA

Para mantener la densidad definida de la reforestación o un porcentaje de por lo menos el 80% de sobrevivencia al término del mantenimiento de 1 años, es necesario reponer las plantas muertas.

En el sitio a reforestar se realizará monitoreo mediante revisiones de todas las líneas de plantación (por medio de censos) sobre las cuales se contarán las plantas muertas. Las revisiones se harán de manera práctica, 60 días posteriores a la plantación y lo más pronto posible para evitar que los nuevos ejemplares se encuentren en desventaja con los ya establecidos.

Se pretende que haya una reposición de plantas del 20 %, (pudiendo cambiar las cantidades propuestas de acuerdo con las revisiones). Las especies para la reposición serán obtenidas de viveros de la zona, especializados en la producción de estas especies.



Figura 15. Imágenes ilustrativas de la reposición de plantas muertas

CONSULTA PÚBLICA

VII.4. INSTALACIÓN DE TUTORES

Se instalarán y reinstalarán tutores en múltiples ejemplares jóvenes para mejorar su estabilidad estructural y garantizar su crecimiento vertical, se empleará la técnica de orientación vertical de ramas muy próximas al suelo mediante la atadura con rafia de sus extremidades, formando una copa orientada al crecimiento vertical.

Los tutores se elaborarán con material vegetal seco, producto de podas anteriores y de condiciones aceptables. Estas acciones favorecerán:

- El crecimiento vertical controlado.
- La prevención de inclinaciones y deformaciones.
- La protección ante daños por viento o maniobras de riego.
- Favorecer su desarrollo dirigido y coadyubando al proceso de lignificación del tallo principal.



Figura 16. Imágenes ilustrativas de instalación de tutores

CONSULTA PÚBLICA

VII.5. CONTROL FITOSANITARIO

Diversos agentes patógenos pueden afectar una o más partes de los árboles, dando como resultado la reducción del crecimiento o, en casos severos, la muerte del arbolado. Por este motivo es importante implementar acciones de prevención, y en su caso de control, para reducir sus efectos.

Una de las formas para prevenir la ocurrencia de plagas es usar más de una especie en la reforestación, es decir tratar de evitar los monocultivos. La detección de plagas y enfermedades se realiza mediante monitoreo continuo, que implica la realización de recorridos en campo o sitios donde se establecerá la reforestación. Algunas medidas preventivas para el control de plagas pueden ser las siguientes:

a) **Aislamiento:** Consiste en delimitar con barreras físicas una o varias partes de la plantación con el fin de evitar la dispersión de la plaga o enfermedad, restringiendo el tráfico de personal y vehículos en esa área.
b) **Eliminación de hospederos alternos:** Se trata de la eliminación de plantas dentro del sembradío y sus alrededores que pueden ser hospederas alternas de plagas o enfermedades.
c) **Canales de drenaje:** La construcción de canales de drenaje evita la anegación de las zonas bajas de la plantación, dificultando así el desarrollo de plagas o enfermedades.

Si con las medidas preventivas la plaga no cesa se llevarán a cabo las siguientes medidas de control:

a) **Remoción y destrucción manual:** Cuando se encuentre la presencia de insectos que pupen en ramas, corteza o suelo, se llevará a cabo la remoción manual de las pupas y destruirlas en el sitio para cortar el ciclo del insecto.
b) **Tala de salvamente:** En caso de que no se pueda radicar el agente causal de la planta se llevará a cabo la eliminación total del arbolado en una o más áreas de la plantación con el fin de erradicar la plaga o enfermedad en un área determinada, éstas se denominan focos de infección debido a su condición. Los árboles derribados y el material secundario (ramas y ramillas) se deben de tratar en el sitio.

En caso de ser necesario el uso del control biológico, será necesario hacer una evaluación sobre los riesgos que puede presentar su uso. Asimismo, en caso de ser necesario el empleo de insecticidas o fungicidas, se deberán seguir las recomendaciones sobre su empleo en cuanto a la concentración adecuada, el método de aplicación y en general el manejo de las sustancias. Es importante señalar que se deberá hacer una correcta disposición de los envases y los materiales asociados al uso de los pesticidas para evitar contaminar el suelo y el agua. Cabe mencionar que si se detecta una o más plagas o enfermedades será necesario avisar a la SEMARNAT en apego a lo dispuesto en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 17. Imágenes ilustrativas del control fitosanitario

CONSULTA PÚBLICA

VII.6. FERTILIZACIÓN

Se conocen principalmente dos métodos para determinar la necesidad de fertilizante para las plantas: el análisis de suelo y el análisis foliar. El análisis de suelos proporciona información acerca de la disponibilidad de minerales, el pH y la capacidad de intercambio catiónico, entre las más importantes. Estos datos permiten conocer las condiciones en que se encuentran estos minerales y la facilidad con que son absorbidos por las raíces. Las muestras de las hojas permiten analizar ciertas deficiencias minerales. Lo ideal es combinar los dos métodos para conocer con más precisión el tipo de fertilizante que se requiere (Rivas, 2013).

Tabla 14. Lista de síntomas de deficiencia de nutrientes en las plantas

NUTRIENTE	DEFICIENCIA
Nitrógeno (N)	Clorosis, crecimiento retardado, enrojecimiento, caídas de las hojas. Los problemas foliares principalmente a las hojas más viejas.
Potasio (K)	Clorosis moteada, debilidad en los tallos, necrosis. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Calcio (Ca)	Crecimiento retardado, necrosis de las raíces y del extremo de los vástagos.
Magnesio (Mg)	Clorosis moteada, ápices de las hojas se vuelven hacia arriba, especialmente en las hojas más viejas.
Fósforo (P)	Las hojas se vuelven de color verdeazulado oscuro, crecimiento retardado, falta de maduración y enrojecimiento. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Azufre (S)	Clorosis de espacio situado entre las venas de las hojas más jóvenes.
Cloro (Cl)	Necrosis, clorosis, crecimiento retardado, engrosamiento y detección del crecimiento de las raíces jóvenes y marchitamiento de las hojas.
Hierro (Fe)	Clorosis del espacio entre las venas de las hojas más jóvenes. Los tallos se vuelven más delgados y cortos.
Boro (B)	Las hojas se retuercen, los tallos o las puntas de las raíces ennegrecen y mueren. Las raíces se hinchan.
Manganeso (Mn)	Necrosis entre venas, clorosis. Las hojas jóvenes resultan especialmente afectadas.
Zinc (Zn)	El margen de las hojas aparece distorsionado, clorosis, retardado en el crecimiento de las hojas y los entrenudos. Los problemas foliares afectan principalmente a las hojas más viejas.
Cobre (Cu)	Distorsión, marchitamiento o escurrimiento de las hojas jóvenes.
Molibdeno (Mo)	Distorsión, necrosis o clorosis de las hojas jóvenes.

Se aplicarán eventos de fertilización, bajo el método de fertiirrigación, usándose insumos orgánica para no generar residuos en el subsuelo, tales como el Rootage un bioestimulante promotor del desarrollo radicular y aumento de pelos absorbentes y Promotor U235 + urea soluble, con el propósito de favorecer la resistencia de los ejemplares a condiciones adversas se aplicará tres fertilizaciones, previo a la entrada de la temporada invernal.

Las aplicaciones se realizarán mediante:

- Preparación en contenedores de 1,000 L.
- Distribución con botes de 19 L, o por sistema de bombeo a gasolina (motobomba), para ser dirigidas con manguera.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 18. Imágenes ilustrativas de la aplicación de fertilización

CONSULTA PÚBLICA

VII.7. RIEGOS DE AUXILIO

Durante la temporada de estiaje (secas), se aplicarán riegos de auxilio con la finalidad de que los individuos mantengan su desarrollo, principalmente en su sistema de raíces, para permitir que se establezcan y con ello recuperen el vigor y ritmo de crecimiento.

- Los riegos se aplicarán en la época de estiaje, durante los cinco años posteriores al establecimiento, considerando para ello tres evento por año.
- Los cuales podrán modificarse de acuerdo con las necesidades de las plantas, a fin de que esta sobreviva y se establezcan la mayor proporción de los individuos.



Figura 19. Imágenes ilustrativas de la aplicación de riegos de auxilio

CONSULTA PÚBLICA

VII.8. PODAS DE FORMACIÓN

Como actividad complementaria, se realizará manejo de tejido vegetal, mismo que consiste en la poda selectiva de ramas secas, atrofiadas o que afectan la adecuada aireación y estructura de los ejemplares.

El objetivo de esta intervención es promover el desarrollo estructural adecuado de las plantas mediante la estimulación de hormonas naturales como citoquininas y auxinas, responsables de la regulación del crecimiento. Estas acciones contribuyen directamente al fortalecimiento de la supervivencia, adaptación y distribución uniforme de la biomasa foliar en la vegetación establecida; además del veneficio de prevenir enfermedades fúngicas mediante aeración de las plantas derivado de las podas de rama.



Figura 20. Imágenes ilustrativas de podas de formación

CONSULTA PÚBLICA

VII.9. MANTENIMIENTO DE BRECHAS CORTAFUEGO

Se realizará el monitoreo y mantenimiento constante de la brecha cortafuego perimetrales, retirando material vegetal combustible en franjas de tres metros de ancho, con el propósito de prevenir posibles incidencias de incendios forestales que pudiesen comprometer al predio de reforestación, procurando realizar limpiezas adicionales tanto dentro como fuera del cerco perimetral en los extremos colindantes con terrenos del mismo propietario arrendador del predio de reforestación.

Estas acciones preventivas reducirán significativamente el riesgo de ingreso de fuego al polígono y constituirán una actividad crucial para el mantenimiento de la reforestación.



Figura 21. Imágenes ilustrativas del mantenimiento de brechas corta fuego

CONSULTA PÚBLICA

VII.10. MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA PERIMETRAL

Se efectuará una inspección periódica y reparación del cerco y de la puerta de acceso. En las correcciones se atenderán:

- Abolladuras, puntos débiles
- Cercos caídos.
- Si los daños son grandes por la fauna silvestre se aplicará malla electrosoldada en el cerco perimetral.



Figura 22. Imágenes ilustrativas del cerco perimetral

CONSULTA PÚBLICA

VII.11. MONITOREO

El monitoreo de la reforestación consiste en dar seguimiento al programa a través de indicadores (indicadores de éxito), que permitan evaluar los resultados del programa. Sin duda es esencial la retroalimentación que se pueda obtener del monitoreo para detectar problemas o fallas, y aplicar oportunamente las medidas correctivas.

Para realizar el monitoreo de la reforestación, es necesario realizar evaluaciones periódicas. El monitoreo en reforestaciones es recomendable realizarlo hasta que se considere que la reforestación se ha establecido, lo cual ocurre durante los primeros tres a cinco años edad del arbolado; es decir las evaluaciones anuales planteadas al inicio se realizarán por un periodo de cinco años.

En este caso se realizarán evaluaciones anuales (mediante censos, dada las bajas densidades de individuos a reforestar) al final del periodo de sequía, una vez que hayan pasado los factores más críticos para una reforestación que se presenta durante la primavera.



Figura 23. Imágenes ilustrativas del monitoreo del área de reforestación

El siguiente formato es en el que se registrarán los datos obtenidos en las actividades de monitoreo.

CONSULTA PÚBLICA

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DE PLANTAS POR CADA SITIO DE MUESTREO

Fecha (dd/mm/aa) _____

Entidad_____ Municipio_____ Loc _____

No. de polígono _____ Nombre del evaluador _____

No. de Unidad de muestreo	Estado físico de las plantas (No. de plantas por sitio)					
	Coordenadas (lat. – long.)	Número de plantas				
		vivas	muertas	sanas	vigorosas	reposición
TOTAL						
%						

CAUSAS DE MUERTE DE LAS PLANTAS

Sequía ( ) Pastoreo ( ) Incendio ( ) Vandalismo ( ) Helada ( ) Fauna nociva ( ) Plagas y/o enfermedades ( ) Competencia con vegetación ( ) Técnica inadecuada de plantación ( )
Otra (especificar) :

ACCIONES DE MANEJO RECOMENDADAS

Reposición de planta ( )	Cercado ( )	Apertura de brecha cortafuego ( )
Vigilancia ( )	Control de plagas y enfermedades ( )	Recajeteo ( )
Otras (especificar) :		

OBSERVACIONES GENERALES

_____

_____

_____Fotografías

No._____

CONSULTA PÚBLICA

VIII. INDICADORES DE CUMPLIMIENTO Y/O ÉXITO

VIII.1. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La reforestación se llevará a cabo en los meses con mayor precipitación; con el fin de aprovechar al máximo la humedad y de esta manera asegurar que la planta no tenga escases del recurso hídrico.

Tabla 15. Tiempo de ejecución de la reforestación

CONCEPTO	TIEMPO
Actividades de plantación	6 meses
Actividades de protección	4 meses
Reposición	1 años
Actividades de mantenimiento	1 años

VIII.2. CANTIDAD DE PLANTA

Se evaluarán el total de ejemplares reforestados correspondientes a cada especie:

Tabla 16. Número de individuos por especie a reforestar

NOMBRE CIENTÍFICO	No. DE PLANTAS	AVANCE EN %
Bursera laxiflora	1,100	----
Parkinsonia microphylla	1,100	----
Bursera microphylla	1,100	----
Neltuma velutina	1,100	----
Olneya tesota	1,100	----
TOTAL	5,500	----

VIII.3. PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Se evaluarán con base al total de ejemplares reforestados correspondientes a cada especie:

Tabla 17. Porcentaje de sobrevivencia

NOMBRE CIENTÍFICO	No. DE PLANTAS	AVANCE EN %	No. VIVAS	SOBREVIVENCIA EN %
Bursera laxiflora	1,100	----	----	----
Parkinsonia microphylla	1,100	----	----	----
Bursera microphylla	1,100	----	----	----
Neltuma velutina	1,100	----	----	----
Olneya tesota	1,100	----	----	----
TOTAL	5,500	----	----	----

Este indicador se expresa mediante evaluación técnica, con base en el porcentaje de árboles que sobreviven y al número de reposiciones que se realizaron. Se realizará un censo un año después de la plantación verificando de manera directa el estado que guarda la reforestación. La sobrevivencia se representará de acuerdo con tres condiciones:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 18. Claves para describir la condición de la planta

CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Árbol vivo
2	Árbol muerto en pie
3	Tocón

El porcentaje se determina mediante una relación de las plantas muertas y vivas, conociendo así, el éxito de sobrevivencia.

$$\boldsymbol{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} ai}{\sum_{i=1}^{n} mi}\ x\ 100$$

Donde:

p: Proporción estimada de árboles vivos.
ai: Número de árboles vivos en el sitio i.
mi: Número de árboles plantados en el sitio i.

Como parte de este indicador, se deberán contemplar los daños presentes en las plantas reforestadas, así como, el vigor de estas.

Tabla 19. Indicadores para descripción de daño de la reforestación establecida

CLAVE	AGENTE CAUSANTE	DESCRIPCIÓN
1	Ausencia de daño	El árbol no presenta evidencia de daño físico o causado por plagas y enfermedades.
2	Incendios	Presencia de carbonización en troncos y ramas, desecación o pérdida del follaje.
3	Insectos	Daño causado por insectos barrenadores, descortezadores o defoliadores.
4	Viento	Árboles descopados o ramas y ramillas desgajadas, a consecuencia del embate del viento.
5	Enfermedades	Daños causados o indicados principalmente por hongos. (deformaciones o protuberancias de los tallos, ramas y frutos, así como manchas foliares o clorosis).
6	Roedores	Daños en el tallo, ramas, flores, semillas y otras partes, causados por ardillas y ratones.
7	Pastoreo	Pisoteo y ramoneo principalmente de las plantas.
8	Otros	Cuando exista daño, pero no sea posible identificar el agente causante del daño.

Tabla 20. Claves para describir el vigor de las plantas

CLAVE	VIGOR
A	Óptimo
B	Bueno
C	Pobre
D	Muy pobre

Una vez determinada la condición en las que se encuentren las plantas vivas, será posible conocer las necesidades de estas, buscando soluciones que permitan la sobrevivencia de las mismas. Los daños presentes en la reforestación serán registrados para tener un mejor control de la situación.

Tabla 21. Formato tipo para el registro de indicadores de éxito

NÚMERO PROGRESIVO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONDICIÓN Y/VIGOR	ALTURA (m)	EVIDENCIA DE ALGÚN DAÑO
1					
2					
3					
n					

CONSULTA PÚBLICA

IX. MEDIDAS DE URGENTE APLICACIÓN

En caso de que no se alcancen los objetivos y metas, con base en los indicadores establecidos (X. INDICADORES DE CUMPLIMIENTO Y/O ÉXITO), se deberán llevar a cabo medidas de urgente aplicación. Considerando que los indicadores de realización fueron: superficie a reforestar, cantidad de planta, estado físico o fitosanitario de las plantas y el indicador de eficiencia el porcentaje de sobrevivencia, a continuación, se presentan las medidas a aplicar.

Tabla 22. Medidas de urgente aplicación

INDICADORES	MEDIDA DE URGENTE APLICACIÓN
*Reforestar una superficie de 9.0 hectáreas, *Que los ejemplares reforestados presenten buen estado fitosanitario. * Se plantarán un total de 5,500 individuos de especies representativas (*Bursera laxiflora, Parkinsonia microphylla, Bursera microphylla, Neltuma velutina* y *Olneya tesota*). *Lograr una sobrevivencia superior o igual a 80% de la reforestación.	*Realizar un informe al encargado del proyecto para que se logre la reforestación en la superficie indicada. *En caso de que no se tenga disponibilidad de las especies indicadas, se deberá reforestar con otras, presentando la justificación técnica correspondiente. Sin que la meta de reforestar 5,500 plantas disminuya.

X. PUNTO DE COMPROBACIÓN

El punto de comprobación (lugar y sobre que componente ambiental) tendrá la función de verificar que las diferentes actividades correspondientes al programa de reforestación sean desarrolladas en tiempo y forma, por lo que, en este caso se plantea que el lugar donde se podrá realizar la comprobación de las actividades es el área propuesta en los apartados V. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA PROPUESTA A REFORESTAR, con una superficie de 9.0 hectáreas. Además de presentar las bitácoras y evidencia fotográfica correspondientes.

CONSULTA PÚBLICA

XI. RESPOSABLE TÉCNICO

En la siguiente tabla, se presentan las características que deberá cumplir el responsable del desarrollo de las actividades de reforestación.

Tabla 23. Características del responsable técnico

CARACTERÍSTICAS DEL RESPONSABLE TÉCNICO	
Formación profesional:	Ing. Forestal, Ing. en Ecología, Ing. Ambiental o afines.
Requerimientos específicos:	Uso avanzado de: ArcMap, AutoCAD y Paquetería Microsoft Office 2019. Así como licencia de manejo vigente.
Conocimientos:	**Legislación:** • Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento. • Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento. • NOM-059-SEMARNAT-2010. **Habilidades:** • Conocimiento en el proceso de plantaciones. • Conocimiento y manejo de plagas y enfermedades en plantaciones. • Conocimiento en taxonomía Y fisiología de especies de flora. • Manejo de equipo y herramientas digitales para el trazo y procesamiento de información. • Conocimiento e interpretación de mapas.
Experiencia:	Debe de contar con un mínimo de 2 años de experiencia en la ejecución de actividades de reforestación, así como en plantación forestales.
Cualidades:	• Mostrar liderazgo para trabajar en equipos disciplinarios y multidisciplinarios. • Proponer acciones para la correcta ejecución de la reforestación. • Facilidad para trabajar en equipo. • Capacidad para tomar decisiones y resolver problemas. • Capacidad para planificar y organizar las actividades dentro de los equipos de trabajo. • Responsable y con el compromiso de realizar las tareas en el tiempo solicitado.

XI.1. FUNCIONES

El responsable técnico tendrá como función la organización y capacitación de los trabajadores para realizar de manera correcta y puntual las actividades de reforestación, incluyendo: las terrazas individuales, cajetes, establecimiento de cerco perimetral, plantación y georreferenciación, así como llevar a cabo las bitácoras diarias de las actividades desempeñadas. Estará presente en cada uno de los procesos descritos en este programa, evaluará el desempeño y la calidad del trabajo de la mano de obra. Así mismo, presentará informes semanales, los cuales contendrán además de los datos de las bitácoras, la evidencia fotográfica, el porcentaje de avance en cuanto al cumplimiento y el registro de los incidentes que se presenten atendiendo a cada uno de estos.

CONSULTA PÚBLICA

XII. BENEFICIOS DE LA VIABILIDAD DE LA PLANTACIÓN

La reforestación propuesta es técnica y ambientalmente viable, dado que contempla el uso de especies nativas adaptadas al sitio, una densidad adecuada de plantación, medidas de protección y un calendario alineado con la temporada de lluvias, lo que permite asegurar su establecimiento y contribuir a la restauración de la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos, los beneficios se describen a continuación:

1. Restauración de la cobertura vegetal

    - La implementación del programa permitirá restablecer la cobertura forestal en áreas previamente intervenidas o designadas como superficie de compensación, contribuyendo a la recuperación de la estructura y funcionalidad del ecosistema.

2. Compensación por pérdida de biomasa

    - La plantación de individuos favorecerá la recuperación gradual de biomasa vegetal, reduciendo la pérdida de carbono almacenado y contribuyendo a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

3. Conservación y mejora del suelo

    - El establecimiento de cobertura vegetal reduce la escorrentía superficial y favorece la recarga de acuíferos.
    - Disminución de los procesos erosivos.
    - Mejora la estructura y contenido de materia orgánica del suelo.

4. Recuperación de hábitat y biodiversidad

    - La reforestación con especies preferentemente nativas promueve la recuperación de hábitats para fauna silvestre, favoreciendo procesos de recolonización y conectividad ecológica.

5. Fortalecimiento de servicios ecosistémicos

    - Regulación del ciclo hidrológico.
    - Captura de carbono.
    - Estabilización microclimática.
    - Protección del paisaje.

CONSULTA PÚBLICA

XIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La reforestación se llevará a cabo preferentemente en la temporada de lluvia; con el fin de aprovechar al máximo la humedad y de esta manera asegurar que la planta no tenga escases del recurso hídrico; de igual manera la brecha cortafuego, se realizará durante temporada de estiaje.

Tabla 24. Cronograma de actividades de reforestación (establecimiento)

Ejecución del programa de Reforestación		Tiempo	1° año (meses)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Establecimiento	Adquisición de planta	3 meses												
	Diseño y trazo de plantación	1 mes												
	Terrazas individuales	2 meses												
	Elaboración de cepas	2 meses												
	Plantación	3 meses												
	Riego de establecimiento	3 meses												
	Cerco perimetral	2 meses												
	Brecha corta fuego	2 meses												

Posteriormente se integra las actividades de mantenimiento.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 25. Cronograma de actividades de reforestación (mantenimiento)

Ejecución del programa de Reforestación		Tiempo	1° año (meses)												2° año (meses)												3° año (meses)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Actividades de mantenimiento	Monitoreo	Continuo																																				
	Riegos de auxilio	10 meses por año																																				
	Deshierbe y reconformación de terrazas individuales	2 meses por año																																				
	Control de plagas	2 meses por año																																				
	Reposición de planta	2 meses por año																																				
	Fertilización	2 meses por año																																				

Ejecución del programa de Reforestación		Tiempo	4° año (meses)												5° año (meses)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Actividades de mantenimiento	Monitoreo	Continuo																								
	Riegos de auxilio	10 meses por año																								
	Deshierbe y reconformación de terrazas individuales	2 meses por año																								
	Control de plagas	2 meses por año																								
	Reposición de planta	2 meses por año																								
	Fertilización	2 meses por año																								

CONSULTA PÚBLICA

XIV. BIBLIOGRAFÍA

Arriaga V., Cervantes, V. y A. Vargas-Mena, 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología, México. 200 pp.

CONAFOR. 2023. Manual de restauración forestal. Primera edición digital. México.

Querejeta, J. et al; 2001. Soil water availability improved by site preparation in a Pinus halepensis afforestation under semiarid climate. Forest Ecology and Management 149: 115-

Rodríguez, D. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo y Mundiprensa. México. 156 pp.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México, 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

SEMARNAT. 2000. Metodología para la evaluación técnica de la reforestación. PRONARE SEMARNAP. México, 97 pp.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 26

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1
2. MARCO LEGAL 1
3. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA 2
4. CONSTRUCCIÓN DE MATRIZ CAUSA-EFECTO 5
4.1. MATRIZ DE IMPORTANCIA 7
4.1.1. NATURALEZA (NA) 7
4.2.2. INTENSIDAD (IN) 7
4.1.3. EXTENSIÓN (EX) 8
4.1.4. MOMENTO (MO) 8
4.1.5. PERSISTENCIA (PE) 8
4.1.6. REVERSIBILIDAD (RV) 8
4.1.7. SINERGIA (SI) 9
4.1.8. ACUMULACIÓN (AC) 9
4.1.9. EFECTO (EF) 9
4.1.10. PERIODICIDAD (PR) 9
4.1.11. RECUPERABILIDAD (MC) 10
4.1.12. IMPORTANCIA DEL IMPACTO (I) 10
5. REFERENCIAS CONSULTADAS 12

CONSULTA PÚBLICA

1. INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento jurídico-administrativo fundamental que tiene como objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad podría generar si se ejecuta. Asimismo, busca la prevención, corrección y valoración de estos impactos con el fin de que la actividad sea aceptada, modificada o rechazada por las Administraciones Públicas competentes. Es un instrumento de conocimiento que sirve a la toma de decisiones, no una herramienta de decisión por sí misma.

En un contexto más amplio, la EIA es una herramienta necesaria para mitigar los efectos derivados de la falta de sincronización entre el crecimiento poblacional y los servicios básicos, la creciente demanda de espacios, la degradación del medio natural (contaminación, mala gestión de recursos), la ruptura del equilibrio biológico, las perturbaciones por desechos y el deterioro del patrimonio histórico-cultural. La realización de estudios de EIA es inexcusable porque detienen procesos degenerativos, evitan problemas ecológicos graves, mejoran el entorno y la calidad de vida, ayudan a perfeccionar proyectos, defienden soluciones acertadas, canalizan la participación ciudadana, aumentan la experiencia práctica, son exigidos por las disposiciones legales vigentes, y generan una mayor concienciación social del problema ecológico

2. MARCO LEGAL

El marco legal de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en México se establece principalmente a través de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

La LGEEPA es la ley reglamentaria de las disposiciones constitucionales referentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas bajo la soberanía y jurisdicción de la nación. Sus disposiciones son de orden público e interés social, buscando propiciar el desarrollo sustentable y garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano.

La EIA es uno de los instrumentos de la política ambiental de México, para obtener la autorización federal, los interesados deben presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), que describa los posibles efectos en los ecosistemas afectados y las medidas preventivas y de mitigación. En el caso de actividades altamente riesgosas, la MIA debe incluir un estudio de riesgo.

Por su parte el Reglamento de la LGEEPA en Materia de EIA, especifica las obras y actividades que requieren autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental a nivel federal. Algunos ejemplos incluyen:

- ✓ Obras hidráulicas (presas, distritos de riego, dragados).
- ✓ Vías generales de comunicación (carreteras, vías férreas, aeropistas).
- ✓ Oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos.
- ✓ Industria del cemento, siderúrgica, química, azucarera, del papel, petrolera, petroquímica, de celulosa, minera, metalúrgica, generación y transmisión de energía eléctrica, nuclear.
- ✓ Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos o radiactivos.

CONSULTA PÚBLICA

- ✓ Desarrollos turísticos, desarrollos inmobiliarios, desarrollos de parques industriales y acuícolas.
- ✓ Cambios de uso del suelo de áreas forestales, selvas y zonas áridas, con ciertas excepciones.
- ✓ Obras en áreas naturales protegidas de competencia federal.
- ✓ Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de especies o causar daños a los ecosistemas.

3. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA

El proceso metodológico se estructura en siete fases principales:

Fase 1: Análisis del Proyecto

Como punto de partida se analizaron las características técnicas del Proyecto y se identificaron las principales obras y actividades susceptibles de producir modificaciones sobre el medio ambiente durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Para ello se consideraron, entre otras, las actividades relacionadas con el desmonte y despalme, apertura y acondicionamiento de áreas de trabajo, excavaciones y cimentaciones, instalación de torres autosoportadas, tendido de conductores, circulación y operación de vehículos y maquinaria, generación de residuos, así como las actividades posteriores de inspección y mantenimiento de la línea de transmisión.

Tabla 1. Actividades para ejecutar en la construcción y operación de una Línea de transmisión eléctrica

Etapa	Obra	Actividades	Clave
Preparación del sitio		Levantamiento topográfico	A1
		Localización de estructuras	A2
		Desmonte y despalme	A3
Construcción	Obra Civil De Torres Autosoportadas	Excavación a cielo abierto	A4
		Habilitado de acero de refuerzo	A5
		Cimentación de estructuras	A6
		Relleno y compactado de cimentaciones	A7
	Obra Electromecánica	Montaje y armado de estructuras	A8
		Vestido de estructuras	A9
		Tendido y tensado del cable conductor y guarda	A10
		Instalación de sistema de tierras	A11
Operación y Mantenimiento	Etapa operativa	Pruebas preoperativas	A12
		Operación continua	A13
		Mantenimientos	A14

CONSULTA PÚBLICA

Fase 2. Identificación de los componentes y factores ambientales

Posteriormente, se determinaron los componentes del medio susceptibles de ser afectados por las obras y actividades del Proyecto, considerando los resultados de la caracterización ambiental del área de estudio. El análisis incluyó factores del medio abiótico, biótico, perceptual y socioeconómico, tales como aire, agua, suelo, paisaje, vegetación, fauna y aspectos socioeconómicos.

Tabla 2. Componente y Factores ambientales para afectar por etapas del Proyecto

Subsistema	Medio	Componente	Subcomponente	Etapa del Proyecto en la que se presenta
}FÍSICO-NATURAL	Abiótico	Atmósfera	Calidad de aire	Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento
				Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento
				Preparación del Sitio, Construcción
		Agua	Calidad de agua	Preparación del Sitio
				Preparación del Sitio, Construcción
		Paisaje	Calidad del Paisaje	Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento
		Suelo	Cantidad de suelo	Preparación del Sitio, Construcción
			Calidad de suelo	Construcción, Operación y Mantenimiento
				Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento
		Flora	Cobertura forestal	Preparación del Sitio
			Riqueza	Preparación del Sitio
			Servicio ambiental	Preparación del Sitio
Socioeconómico	Socioeconómico	Social	Población	Operación y mantenimiento
		Economía	Economía	Construcción, Operación y Mantenimiento,
			Empleos	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento

CONSULTA PÚBLICA

Fase 3: Elaboración de la matriz simple de causa-efecto

Una vez identificadas las actividades y los factores ambientales, se elaboró una matriz de causa-efecto, mediante la cual se relacionaron directamente las acciones del Proyecto con los componentes ambientales susceptibles de afectación. Esta herramienta permitió determinar cuáles actividades presentan una interacción efectiva con cada factor ambiental y distinguir aquellas relaciones que podrían originar impactos positivos o negativos. Asimismo, facilitó la identificación de las actividades con mayor capacidad de generar modificaciones ambientales.

Fase 4. Valoración de los impactos ambientales

La valoración de los impactos ambientales asociados al Proyecto se fundamentó en la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vítora (2010), la cual permite realizar una evaluación sistemática y semicuantitativa de las alteraciones que las obras y actividades pueden generar sobre los distintos componentes del medio ambiente.

La evaluación se desarrolló mediante un proceso interdisciplinario, en el que participaron especialistas técnicos con conocimiento de los componentes ambientales involucrados. Este procedimiento permitió incorporar tanto la información obtenida durante la caracterización de la Región Ecológica y del área del Proyecto, como las características técnicas de las obras y actividades previstas, reduciendo la subjetividad inherente a este tipo de evaluaciones.

Para cada interacción identificada se realizó la caracterización del impacto considerando los criterios de naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad. A cada atributo se le asignó un valor de acuerdo con las escalas establecidas por la metodología, considerando las condiciones específicas del sitio y la magnitud de las obras y actividades del Proyecto.

Posteriormente, los valores asignados fueron integrados mediante la expresión de Importancia del Impacto, obteniéndose un valor numérico que permitió establecer de manera homogénea la relevancia ambiental de cada interacción y efectuar su correspondiente jerarquización.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

CONSULTA PÚBLICA

4. CONSTRUCCIÓN DE MATRIZ CAUSA-EFECTO

Una vez integrada la lista de verificación de las actividades del Proyecto, correspondiente a las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, así como identificados los factores y componentes ambientales susceptibles de afectación dentro del área de proyecto, se procedió a la identificación de las interacciones potenciales mediante la elaboración de una matriz de identificación de relaciones causa-efecto.

La matriz de identificación de interacciones se estructuró considerando, en sus columnas, las actividades del Proyecto por etapa. En las filas se incorporaron los factores y componentes ambientales del subsistema físico-natural y socioeconómico, previamente definidos como susceptibles de recibir impactos.

La función de esta matriz es exclusivamente la identificación de las interacciones y su origen, sin asignación de valores de magnitud o importancia. Cuando una actividad del Proyecto genera un cambio o alteración sobre un factor o componente ambiental, dicha interacción se registra en la intersección correspondiente. Asimismo, se diferencian las interacciones con potencial de generar impactos ambientales negativos, asociadas al deterioro de los componentes ambientales, y aquellas con potencial de generar impactos benéficos, principalmente de carácter socioeconómico.

La matriz tiene un carácter cualitativo y no valorativo, por lo que su función es exclusivamente identificar la existencia de interacciones entre actividades y factores ambientales. La presencia de un signo negativo (–) indica interacciones con potencial de generar impactos adversos, mientras que el signo positivo (+) representa interacciones con potencial de generar impactos benéficos. Las celdas sin registro indican la ausencia de interacción significativa. Esta matriz constituye la base para la posterior caracterización y valoración de impactos ambientales mediante matrices de importancia, así como para la definición de medidas de prevención, mitigación y compensación correspondientes.

Cabe señalar que la metodología aplicada permite integrar la totalidad de las actividades del Proyecto que pueden incidir sobre el ambiente, así como identificar y describir de manera sistemática sus interacciones con los factores ambientales definidos, lo que asegura un alto nivel de confiabilidad y consistencia en el procedimiento de identificación de impactos.

La definición y evaluación de las interacciones ambientales fueron realizadas con la participación de especialistas interdisciplinarios, garantizando una adecuada integración de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos en el análisis de impactos ambientales del Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	SUBFACTORES	IMPACTO	PREPARACIÓN DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
						OBRA CIVIL DE TORRES AUTOSOPORTADAS				OBRA ELECTROMECÁNICA				ETAPA OPERATIVA		
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Agua	Calidad	Generación de aguas residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Agua	Cantidad	Disminución de la infiltración			-			-	-							
Atmósfera	Calidad	Incremento de emisiones de gases	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Atmósfera	Calidad	Incremento de la emisión y levantamiento de material particulado (Polvo)	-	-	-	-										
Atmósfera	Calidad	Perturbación por ruido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RSU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Suelo	Cantidad	Aumento de la tasa de erosión			-	-			-						-	
Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RP			-	-	-	-	-	-	-	-		-		-
Suelo	Calidad	Compactación del suelo			-			-	-							
Suelo	Calidad	Contaminación por derrames accidentales de combustibles y lubricantes			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Suelo	Calidad	Pérdida del horizonte orgánico			-											
Suelo	Calidad	Contaminación por la generación de RME					-	-		-	-	-	-			-
Flora	Superficie forestal	Disminución de la cobertura vegetal			-											
Flora	Diversidad florística	Disminución de la diversidad florística			-											
Flora	Conectividad	Fragmentación y/o pérdida del hábitat			-	-										
Flora	Superficie forestal	Reducción de las fuentes de alimento			-											
Fauna	Avifauna	Riesgo de colisión de la avifauna													-	
Fauna	Avifauna	Riesgo de electrocución de la avifauna													-	
Paisaje	Calidad	Modificación de la calidad escénica			-					-						
Servicios ambientales	Captura de carbono	Pérdida de la capacidad de captura de carbono			-											
Socioeconómico	Economía	Aumento de la economía local	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Socioeconómico	Socioeconómico	Generación de empleos directos e indirectos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Población	Provisión de servicio	Incremento de infraestructura eléctrica											+	+	+	

- Impacto adverso
+ Impacto benéfico

CONSULTA PÚBLICA

4.1. MATRIZ DE IMPORTANCIA

La matriz de importancia integra, para cada cruce acción–factor de la matriz causa-efecto, los once criterios de Conesa con sus valores numéricos desglosados. Su objetivo es sintetizar en un solo indicador la magnitud y características del impacto, sin confundir la importancia del impacto con la relevancia intrínseca del factor ambiental afectado.

Cada casilla de la matriz se valora numéricamente con los criterios Naturaleza (NA), Intensidad (I), Extensión (EXT), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR) y Recuperabilidad (MC). Para EXT y MO, cuando el efecto se ubica en un sitio crítico o el momento es crítico, se adicionan cuatro unidades al valor base. El signo se reporta como "+" si el efecto es beneficioso y "–" si es adverso; en caso de "sin efecto" se aplica valor 0.

Esta matriz permite priorizar impactos y orientar la definición de medidas de manejo. Un valor alto o crítico indica la necesidad de reforzar prevención, mitigación, restauración o compensación, según corresponda, mientras que un valor irrelevante sugiere control y seguimiento básico.

4.1.1. NATURALEZA (NA)

Tabla 3. Naturaleza de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Impacto benéfico	Aquel admitido por la población en general y la comunidad científica que hace alusión al carácter beneficioso	+
Impacto negativo	Aquel cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento derivado de los perjuicios derivados de la contaminación, erosión y demás riesgos ambientales	-

4.2.2. INTENSIDAD (IN)

Tabla 4. Intensidad de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Baja	Aquel cuyo efecto expresa una destrucción mínima del factor considerado.	1
Media	Aquel cuyo efecto se manifiesta en la alteración de algunos de los factores del medio, sin repercusión en el futuro.	2
Alta	Aquel cuyo efecto se manifiesta en la alteración de algunos de los factores del medio, que puedan producir en el futuro repercusiones apreciables en el medio.	4
Muy alta	Aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación del medio, de los recursos naturales, que expresa una destrucción casi total del factor.	8
Total	Aquel cuyo efecto se manifiesta en la destrucción total del medio, de sus procesos fundamentales de funcionamiento	12

CONSULTA PÚBLICA

4.1.3. EXTENSIÓN (EX)

Tabla 5. Extensión de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Puntual	Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado	1
Parcial	Aquel cuyo efecto supone una incidencia apreciable en el medio	2
Extenso	Aquel cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado	4
Total	Aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada no admite ubicación precisa en todo el entorno considerado	8
Crítica	Aquel en que la situación en que se produce el impacto sea crítica.	+4

4.1.4. MOMENTO (MO)

Tabla 6. Momento de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Largo plazo	Es aquel cuyo efecto tarda en manifestarse más de cinco años	1
Mediano plazo	Es aquel cuyo efecto tarda en manifestarse en un periodo de tiempo de 1 a 5 años	2
Inmediato	Cuando el tiempo de manifestación del efecto sea nulo	4
Crítico	Aquel en que el momento en que tiene lugar la acción impactante es crítico, independientemente del plazo de manifestación	+4

4.1.5. PERSISTENCIA (PE)

Tabla 7. Persistencia de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Fugaz	Si la duración del efecto es efímera	1
Momentáneo	Efectos menos de un año	1
Temporal	Si la duración del efecto es entre 1 y <10 años	2
Persistente	Si la duración del efecto es entre 10 y <15 años	3
Permanente	Aquel cuyo efecto supone una alteración indefinida en el tiempo, la duración del efecto es > 15 años	4

4.1.6. REVERSIBILIDAD (RV)

Tabla 8. Reversibilidad de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Corto plazo	Aquel cuando las condiciones del ambiente se recuperan inmediatamente	1
Mediano plazo	Aquel en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma lenta, debido al funcionamiento de los procesos naturales	2
Irreversible	Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retomar las condiciones iniciales	4

CONSULTA PÚBLICA

4.1.7. SINERGIA (SI)

Tabla 9. Sinergia de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Sin sinergismo (simple)	Aquel cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental, cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos.	1
Sinérgico	Cuando la componente total de la manifestación de los efectos simples es provocada por acciones que actúan simultáneamente	2
Muy sinérgico	Cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones supone una incidencia ambiental mayor	4

4.1.8. ACUMULACIÓN (AC)

Tabla 10. Acumulación de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Simple	Cuando una acción no produce efectos acumulativos en el medio.	1
Acumulativo	Si el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor incrementa progresivamente su gravedad.	4

4.1.9. EFECTO (EF)

Tabla 11. Efecto de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Indirecto	Aquel cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o, en general, a la relación de un factor ambiental con otro.	1
Directo	Es aquel cuyo efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental.	4

4.1.10. PERIODICIDAD (PR)

Tabla 12. Periodicidad de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Irregular, discontinuo	Aquel cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia.	1
Periódico	Aquel cuyo efecto se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo.	2
Continuo	Aquel cuyo efecto se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia.	4

CONSULTA PÚBLICA

4.1.11. RECUPERABILIDAD (MC)

Tabla 13. Recuperabilidad de los Impactos

Carácter	Definición	Escala de Calificación
Inmediato	Posibilidad de retornar a las condiciones ambientales iniciales en forma inmediata.	1
Mediano plazo	Posibilidad de retornar a las condiciones después de un cierto tiempo.	2
Mitigable	Efecto en el que la alteración puede eliminarse por la acción humana.	4
Irrecuperable	Aquel en el que la alteración del medio o la pérdida es imposible de reparar.	8

4.1.12. IMPORTANCIA DEL IMPACTO (I)

Se ha apuntado que la importancia del impacto, o sea, la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR) + MC$$

Tabla 14. Clasificación de rangos de importancia de Impactos

Rango de Importancia	Clase de Efecto	Categoría	Impacto
0 ≤ 25	Compatible	Verde	Son generalmente puntuales, de baja intensidad reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es control y prevención.
26 ≤ 50	Moderado	Amarillo	Son Impactos generalmente de intensidad media o alta, reversibles en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención y mitigación.
51 ≤ 75	Alto	Naranja	Son generalmente de intensidad alta o muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención, mitigación y hasta compensación.
76 ≤ 100	Crítico	Rojo	Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversible. Para su manejo se requieren medidas de control, prevención y mitigación

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 15. Criterios para la valoración de la importancia del Impacto

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	
Sin efecto	0	Baja	1
Positivo	+	Media	2
Negativo	-	Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EXT)		**MOMENTO (MO)**	
Puntual	1	Largo plazo (10 a < 15 años)	1
Parcial	2	Mediano plazo (1 a 10 años)	2
Extenso	4	Corto Plazo (< 1 año)	3
Total	8	Inmediato	4
Critica	(+4)	Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (PE)		**REVERSIBILIDAD (RV)**	
Fugaz	1	Corto plazo (< 1 año)	1
Momentáneo (< 1 año)	1	Mediano plazo (< 10 año)	2
Temporal (1 a < 10 años)	2	Largo plazo	3
Persistente (10 a <15)	3	Irreversible (>15)	4
Permanente (> 15 años)	4		
SINERGIA (SI)		**ACUMULACIÓN (AC)**	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF)		**PERIODICIDAD (PR)**	
Indirecto (Secundario)	1	Irregular y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		**IMPORTANCIA (I)**	
Inmediato	1	Irrelevante	<25
Corto plazo (< 1 año)	2	Moderado	25 a < 50
Medio plazo (1 a < 10 años)	3	Alto	50 - 75
Largo plazo (10 a <15)	4	Critico	> 75
Mitigable/Compensable	4		
Irrecuperable	8		

En el **Anexo 27.** se presenta la Matriz de importancia con todas las interacciones identificadas entre los impactos y los factores ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

5. REFERENCIAS CONSULTADAS

Conesa Fernández-Vitora, V. (1997). *Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental* (3ra ed.). Grupo Mundi-Prensa.

Garmendia Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sánchez, C., & Garmendia Salvador, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Pearson Prentice Hall.

Gómez Orea, D. (2002). *Evaluación de Impacto ambiental Un instrumento preventivo para la gestión ambiental* (2da ed.). Grupo Mundi-Prensa.

Jure, J. y S. Rodríguez, (1997). Aplicabilidad del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a los Planos Reguladores Comunales. Informe para optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Ordenación Ambiental, Instituto Profesional INACAP (modificado).

SEMARNAT. (2022). *Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional.*

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 25

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I . UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA DEL ÁREA DEL PROYECTO CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA, QUE PERMITA DETERMINAR EL GRADO DE AFECTACIÓN.....1

I.1 NECESIDAD DE UN ANÁLISIS COMPARATIVO 1

I.1.1 COMPONENTE FLORA 1

I.1.1.1 DIVERSIDAD ALFA 2

I.1.1.1.1 DIVERSIDAD ALFA EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) Y LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 2

I.1.1.1.1.1 COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON MEDIANTE LA PRUEBA T DE HUTCHESON CON EL USO DEL PROGRAMA PAST 4.03 8

I.1.1.2 DIVERSIDAD BETA 11

I.1.1.2.1 DIVERSIDAD BETA PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 11

I.1.1.3 DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) 14

I.1.1.4 COMPARATIVA DE IVIE Y DENSIDAD POR HECTÁREA, PARA CADA ESTRATO EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 14

I.1.2 COMPONENTE FAUNA 21

I.1.2.1 DIVERSIDAD ALFA 21

I.1.2.1.1 DIVERSIDAD ALFA GENERAL EN ÁREA DEL PROYECTO (AP) Y LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 22

I.1.2.1.1.1 COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON MEDIANTE LA PRUEBA T DE HUTCHESON CON EL USO DEL PROGRAMA PAST 4.03 27

I.1.2.2 DIVERSIDAD BETA 28

I.1.2.2.1 DIVERSIDAD BETA PARA LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 28

I.1.2.3 COMPARATIVA DE ABUNDANCIA RELATIVA PARA CADA GRUPO FAUNÍSTICO EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL XERÓFILO (VSA/MKX) 31

I.2 REFERENCIAS 35

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO ARBÓREO EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....2
TABLA 2. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....3
TABLA 3. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO DE CACTÁCEAS EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....4
TABLA 4. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO DE BEJUCOS EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....5
TABLA 5. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL ESTRATO HERBÁCEO EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....6
TABLA 6. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD INCLUYENDO TODOS LOS ESTRATOS PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....7
TABLA 7. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON MEDIANTE LA PRUEBA T DE HUTCHESON PARA VSA/MKX....10
TABLA 8. COMPARACIÓN DE SIMILITUD DE SØRENSEN ENTRE EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) Y EL ÁREA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX....11
TABLA 9. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES; IVIE % Y DENSIDAD POR HECTÁREA DEL ESTRATO ARBÓREO, PARA VSA/MKX....15
TABLA 10. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES; IVIE% Y DENSIDAD POR HECTÁREA DEL ESTRATO ARBUSTIVO, PARA VSA/MKX....16
TABLA 11. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES; IVIE% Y DENSIDAD POR HECTÁREA DEL ESTRATO DE CACTÁCEAS, PARA VSA/MKX....17
TABLA 12. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES; IVIE% Y DENSIDAD POR HECTÁREA DEL ESTRATO DE BEJUCOS, PARA VSA/MKX....18
TABLA 13. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES; IVIE% Y DENSIDAD POR HECTÁREA DEL ESTRATO HERBÁCEO, PARA VSA/MKX....20
TABLA 14. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL GRUPO DE ORNITOFAUNA EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....22
TABLA 15. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL GRUPO DE MASTOFAUNA EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....24
TABLA 16. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA EL GRUPO DE HERPETOFAUNA EN EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....25
TABLA 17. COMPARATIVA DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD INCLUYENDO TODOS LOS GRUPOS FAUNÍSTICOS PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....26
TABLA 18. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON MEDIANTE LA PRUEBA T DE HUTCHESON PARA VSA/MKX....27
TABLA 19. COMPARACIÓN DE SIMILITUD DE SØRENSEN ENTRE EL ÁREA DEL PROYECTO (AP) Y EL ÁREA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX....28
TABLA 20. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES DEL GRUPO DE ORNITOFAUNA PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....32
TABLA 21. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES DEL GRUPO DE MASTOFAUNA PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....33
TABLA 22. LISTADO DE COMPARACIÓN DE ESPECIES DEL GRUPO DE HERPETOFAUNA PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX....34

CONSULTA PÚBLICA

I. UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA DEL ÁREA DEL PROYECTO CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA, QUE PERMITA DETERMINAR EL GRADO DE AFECTACIÓN.

I.1 NECESIDAD DE UN ANÁLISIS COMPARATIVO

De acuerdo con el Artículo 93 de la LGDFS, *La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.*

El objetivo de este anexo, es realizar un análisis entre la composición florística y faunística del área propuesta para el Área del Proyecto (AP), con relación al tipo de vegetación del ecosistema en la Región Ecológica (RE), para este proyecto en específico para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX).

Lo anterior permite evaluar el grado de afectación asociado al cambio de uso de suelo y determinar, con base en la composición, riqueza, diversidad y representatividad de las especies, si la biodiversidad del ecosistema se mantiene a escala de la Región Ecológica (RE).

I.1.1 COMPONENTE FLORA

En este anexo, para poder cumplir con el enunciado de su título se realizará la comparación de la riqueza florística en toda la Región Ecológica (RE) y el área donde se desarrollarán las actividades del proyecto (en adelante AP), considerando en una primera instancia los tipos de vegetación y sobre la base de que en el capítulo III, se describió la estructura y composición del tipo de vegetación en la Región Ecológica (RE) y donde se pretende realizar el Proyecto (AP); la comparación se realiza en términos de su diversidad alfa y diversidad beta.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.1 Diversidad alfa

La diversidad alfa corresponde a la diversidad registrada dentro de una unidad de análisis o hábitat determinado y puede caracterizarse mediante la riqueza de especies y distintos índices que incorporan su abundancia relativa (Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019; Moreno, 2001).

I.1.1.1.1 Diversidad alfa en el Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE) para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

A continuación, se integra un análisis comparativo de los índices de diversidad entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), por estrato. Para su caracterización se utilizaron la riqueza específica, el índice de Margalef, Shannon-Wiener, la diversidad máxima, la equidad de Pielou y el índice de dominancia de Berger-Parker (Margalef, 1958; Shannon y Weaver, 1949; Pielou, 1966; Berger y Parker, 1970; Moreno, 2001).

Estrato arbóreo-juveniles

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el estrato arbóreo-juveniles.

Tabla 1. Comparativa de los índices de diversidad para el estrato arbóreo en el tipo de vegetación de VSa/MKX

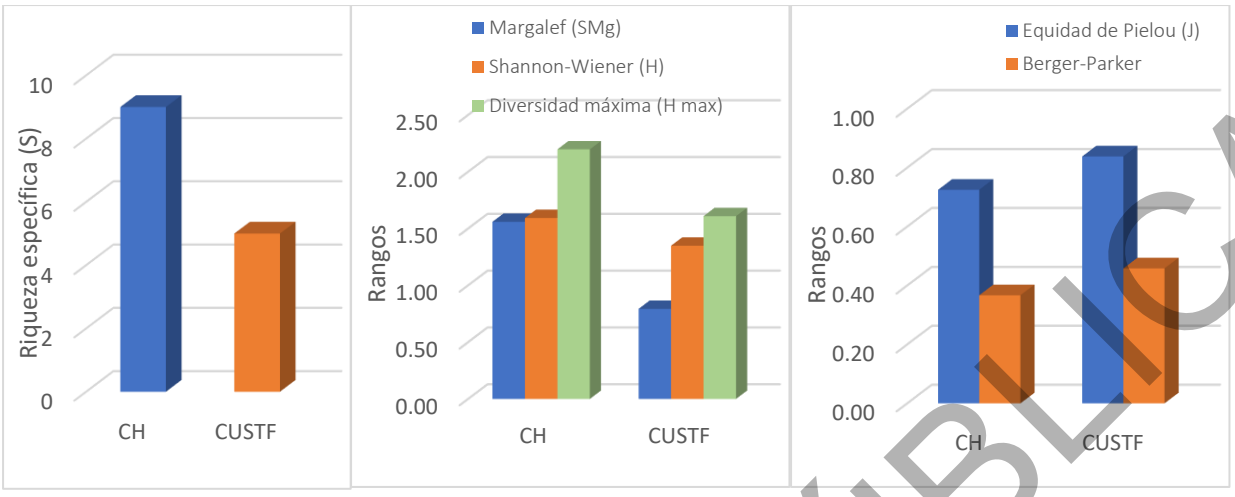
ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	ARBÓREO-JUVENILES	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	9	5
Margalef (SMg)	1.56	0.79
Shannon-Wiener (H)	1.59	1.35
Diversidad máxima (H max)	2.20	1.61
Equidad de Pielou (J)	0.73	0.84
Berger-Parker	0.3669	0.4581

En el estrato arbóreo-juvenil, la comunidad vegetal muestra variaciones en su diversidad y estructura entre el área de referencia [Región Ecológica (RE)] y el Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron un total de 169 individuos distribuidos en 9 especies, destacando por su abundancia *Parkinsonia microphylla* con 62 individuos, Olneya tesota con 40 y *Neltuma velutina* con 36. El índice de Margalef obtenido fue de 1.56 (SMg), lo que indica una riqueza específica moderada para este estrato. La diversidad estimada mediante el índice de Shannon-Wiener fue de 1.59 (H) respecto a una diversidad máxima de 2.20 (Hmax), con una equidad de Pielou de 0.73 (J). Por su parte, la dominancia presentó un valor de Berger-Parker de 0.3669, reflejando una distribución donde la especie principal no monopoliza el ensamble.

En el Área del Proyecto (AP), la abundancia registrada fue de 161 individuos repartidos en 5 especies, siendo Neltuma velutina la especie más abundante con 71 individuos, seguida de *Parkinsonia microphylla* con 46. El índice de Margalef se redujo a 0.79 (SMg), confirmando una menor riqueza específica en comparación con la Región Ecológica (RE). La diversidad alcanzada mediante el índice de Shannon-Wiener fue de 1.35 (H) frente a un valor máximo de 1.61 (Hmax). No obstante, la equidad de Pielou ascendió a 0.84 (J), lo que señala una repartición de abundancias proporcionalmente uniforme entre las especies registradas. La dominancia calculada mediante el índice de Berger-Parker fue de 0.4581 debido al peso poblacional de *N.*

CONSULTA PÚBLICA

velutina. En conjunto, el Área del Proyecto (AP) presenta una menor riqueza de especies en este estrato respecto a la Región Ecológica (RE), manteniendo una estructura equitativa entre sus componentes.



Gráfica. 1. Representación gráfica de los índices de diversidad para el estrato arbóreo-juveniles en la vegetación de VSa/MKX

Estrato arbustivo

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el estrato arbustivo.

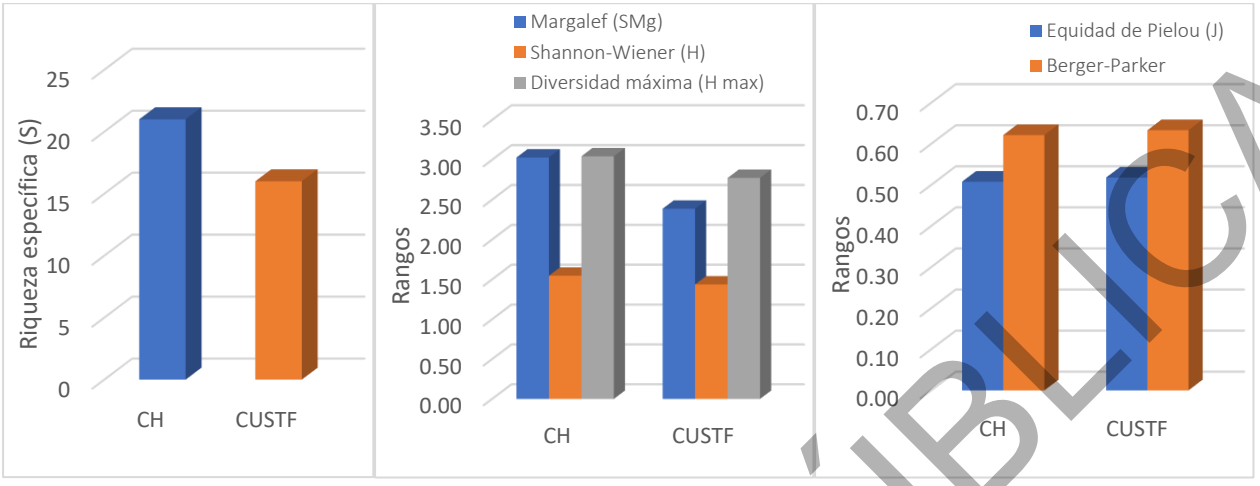
Tabla 2. Comparativa de los índices de diversidad para el estrato arbustivo en el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	ARBUSTIVO	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	21	16
Margalef (SMg)	3.03	2.39
Shannon-Wiener (H)	1.55	1.44
Diversidad máxima (H max)	3.04	2.77
Equidad de Pielou (J)	0.51	0.52
Berger-Parker	0.6214	0.6331

En el estrato arbustivo del tipo de vegetación de VSa/MKX, se observa una estructura ecológica dominada ampliamente por una especie principal en ambas zonas. En la Región Ecológica (RE) se registraron un total de 21 especies con un índice de Margalef de 3.03 (SMg), reflejando una alta riqueza específica en este estrato. La diversidad estimada mediante el índice de Shannon-Wiener fue de 1.55 (H) respecto a una diversidad máxima de 3.04 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou se ubicó en 0.51 (J). Esta equidad moderada a baja responde a la marcada dominancia de *Encelia farinosa* (450 individuos), lo que se traduce en un índice de Berger-Parker de 0.6214.

En el Área del Proyecto (AP), la riqueza específica disminuyó a 16 especies, con un índice de Margalef de 2.39 (SMg). El índice de diversidad de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 1.44 (H) frente a un valor máximo de 2.77 (Hmax), manteniendo una equidad de Pielou muy similar de 0.52 (J). La dominancia continuó concentrada en *Encelia farinosa* (349 individuos), registrando un índice de Berger-Parker de 0.6331. En conjunto, el estrato arbustivo en ambas áreas muestra una baja equidad y una alta dominancia ejercida por *E. farinosa*, siendo el Área del Proyecto (AP) la que presenta una menor riqueza de especies.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 2. Representación gráfica de los índices de diversidad para el estrato arbustivo en la vegetación de VSa/MKX

Estrato de cactáceas

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el estrato de cactáceas.

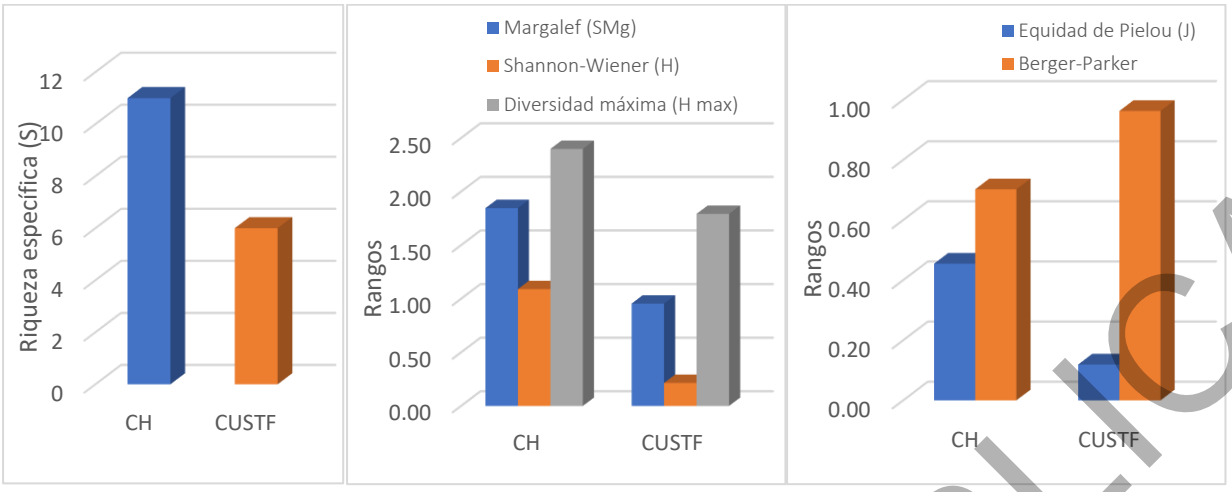
Tabla 3. Comparativa de los índices de diversidad para el estrato de cactáceas en el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	CACTÁCEAS	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	11	6
Margalef (SMg)	1.85	0.95
Shannon-Wiener (H)	1.09	0.21
Diversidad máxima (H max)	2.40	1.79
Equidad de Pielou (J)	0.45	0.12
Berger-Parker	0.7022	0.9628

En el estrato de cactáceas del tipo de vegetación de VSa/MKX se observa un contraste en la estructura de la comunidad entre ambas áreas. En la Región Ecológica (RE) se registraron 11 especies, con un índice de Margalef de 1.85 (SMg). La diversidad de Shannon-Wiener alcanzó 1.09 (H), frente a una diversidad máxima de 2.40 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou fue de 0.45 (J). El índice de Berger-Parker alcanzó 0.7022, asociado principalmente a la elevada abundancia relativa de *Cylindropuntia fulgida* (156 individuos).

En el Área del Proyecto (AP), la riqueza específica fue de 6 especies y el índice de Margalef de 0.95 (SMg). El índice de Shannon-Wiener registró 0.21 (H), respecto a una diversidad máxima de 1.79 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou fue de 0.12 (J). El índice de Berger-Parker alcanzó 0.9628, debido a la concentración de 181 de los 188 individuos registrados en *Cylindropuntia fulgida*. En términos comparativos, el Área del Proyecto (AP) presenta menor riqueza, diversidad y equidad, así como una dominancia muy elevada de *C. fulgida* respecto de la Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 3. Representación gráfica de los índices de diversidad para el estrato de cactáceas en la vegetación de VSa/MKX

Estrato de bejucos

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el estrato de bejucos.

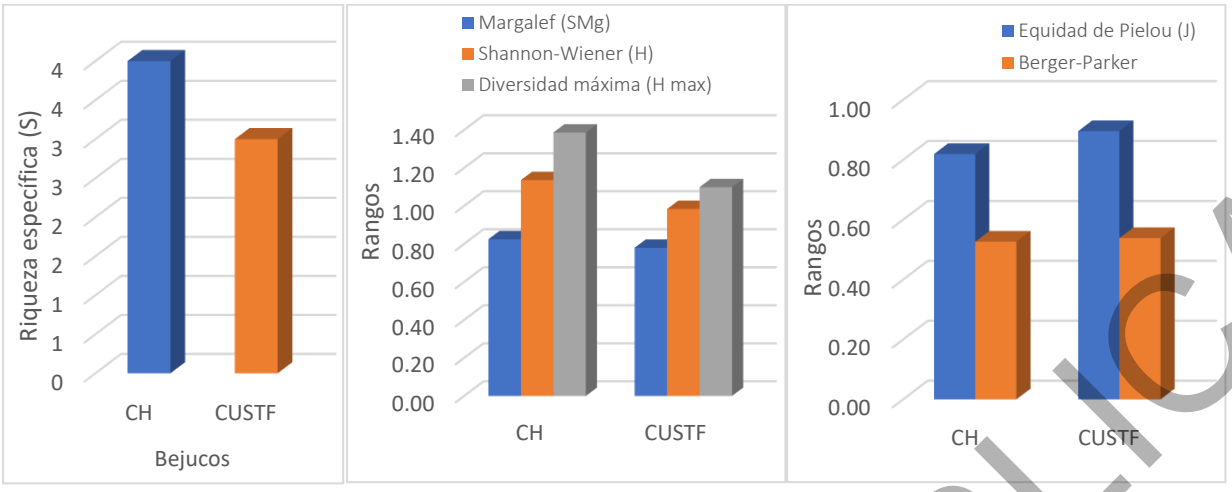
Tabla 4. Comparativa de los índices de diversidad para el estrato de bejucos en el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	BEJUCOS	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	4	3
Margalef (SMg)	0.82	0.78
Shannon-Wiener (H)	1.14	0.98
Diversidad máxima (H max)	1.39	1.10
Equidad de Pielou (J)	0.82	0.90
Berger-Parker	0.5263	0.5385

En el estrato de bejucos del tipo de vegetación de VSa/MKX, la comunidad presenta una estructura baja en abundancia y riqueza, pero con valores de equidad relativamente elevados en ambas condiciones. En la Región Ecológica (RE) se registraron 4 especies con una abundancia total de 38 individuos, destacando *Janusia gracilis* (20 ind.) y *Echinopterys eglandulosa* (10 ind.). El índice de Margalef obtenido fue de 0.82 (SMg). La diversidad de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 1.14 (H) frente a una diversidad máxima de 1.39 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou se ubicó en 0.82 (J). El índice de Berger-Parker fue de 0.5263, reflejando una dominancia moderada encabezada por *J. gracilis*.

En el Área del Proyecto (AP), la abundancia disminuyó a 13 individuos distribuidos en 3 especies, siendo *Echinopterys eglandulosa* la más frecuente (7 ind.), seguida de *Janusia gracilis* (4 ind.) e *Ibervillea sonorae* (2 ind.). El índice de Margalef fue de 0.78 (SMg), mostrando un leve descenso respecto a Región Ecológica (RE). El índice de Shannon-Wiener registró 0.98 (H) de un máximo de 1.10 (Hmax), alcanzando una equidad de Pielou de 0.90 (J), lo que representa una distribución altamente uniforme entre las pocas especies registradas. La dominancia calculada con Berger-Parker fue de 0.5385. En conjunto, el estrato de bejucos en el Área del Proyecto (AP) mantiene una elevada equidad entre sus componentes a pesar de la reducción en abundancia y número de especies.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 4. Representación gráfica de los índices de diversidad para el estrato de bejucos en la vegetación de VSa/MKX

Estrato herbáceo

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el estrato herbáceo.

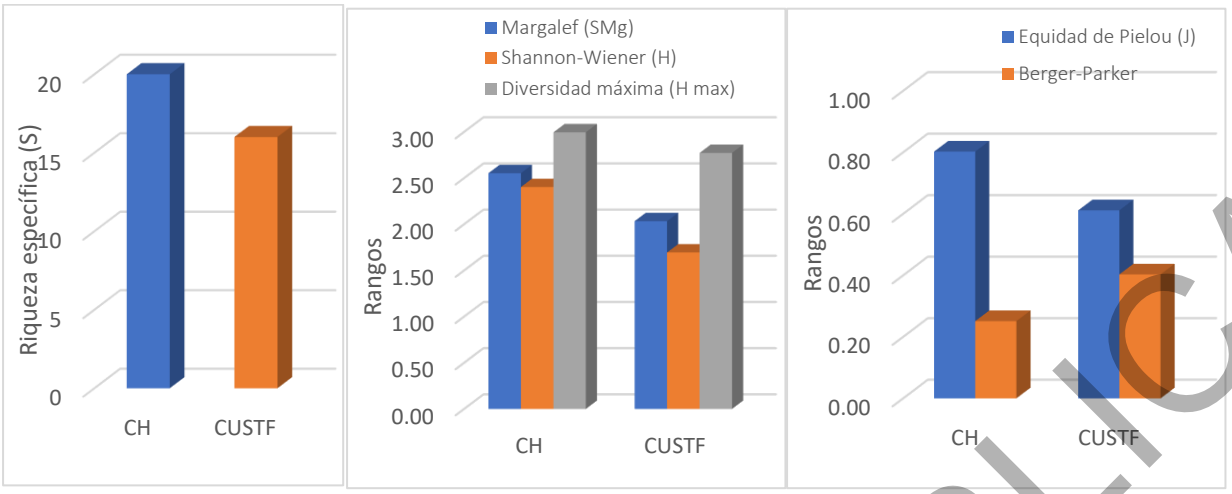
Tabla 5. Comparativa de los índices de diversidad para el estrato herbáceo en el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	HERBÁCEO	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	20	16
Margalef (SMg)	2.55	2.03
Shannon-Wiener (H)	2.40	1.70
Diversidad máxima (H max)	3.00	2.77
Equidad de Pielou (J)	0.80	0.61
Berger-Parker	0.2510	0.4029

En el estrato herbáceo del tipo de vegetación de VSa/MKX, se presenta una comunidad con alta riqueza de especies en ambas zonas, aunque con diferencias marcadas en su equidad y grado de dominancia. En la Región Ecológica (RE) se registraron 20 especies con un índice de Margalef de 2.55 (SMg), reflejando una elevada riqueza específica. La diversidad calculada mediante el índice de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 2.40 (H) frente a un máximo potencial de 3.00 (Hmax), respaldada por una equidad de Pielou de 0.80 (J). La dominancia presentó un valor de Berger-Parker relativamente bajo de 0.2510, encabezada por especies como *Aristida californica* (428 ind.) y *Boerhavia xanti* (365 ind.), lo que confirma una distribución equilibrada de las abundancias entre sus integrantes.

En el Área del Proyecto (AP), la riqueza específica descendió a 16 especies, obteniendo un índice de Margalef de 2.03 (SMg). La diversidad según el índice de Shannon-Wiener se redujo a 1.70 (H) respecto a su valor máximo de 2.77 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou bajó a 0.61 (J). Esta disminución en la equidad se atribuye al incremento en la dominancia de *Boerhavia xanti* (645 ind.) y *Aristida californica* (480 ind.), lo que elevó el índice de Berger-Parker a 0.4029. En conjunto, el estrato herbáceo en el Área del Proyecto (AP) exhibe una menor diversidad y equidad que en Región Ecológica (RE), condicionada por una mayor concentración poblacional en sus especies dominantes.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 5. Representación gráfica de los índices de diversidad para el estrato herbáceo en la vegetación de VSa/MKX

General

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad incluyendo todos los estratos.

Tabla 6. Comparativa de los índices de diversidad incluyendo todos los estratos para el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	GENERAL	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	65	46
Margalef (SMg)	8.04	5.75
Shannon-Wiener (H)	3.10	2.51
Diversidad máxima (H max)	4.17	3.83
Equidad de Pielou (J)	0.74	0.66
Berger-Parker	0.1594	0.2586

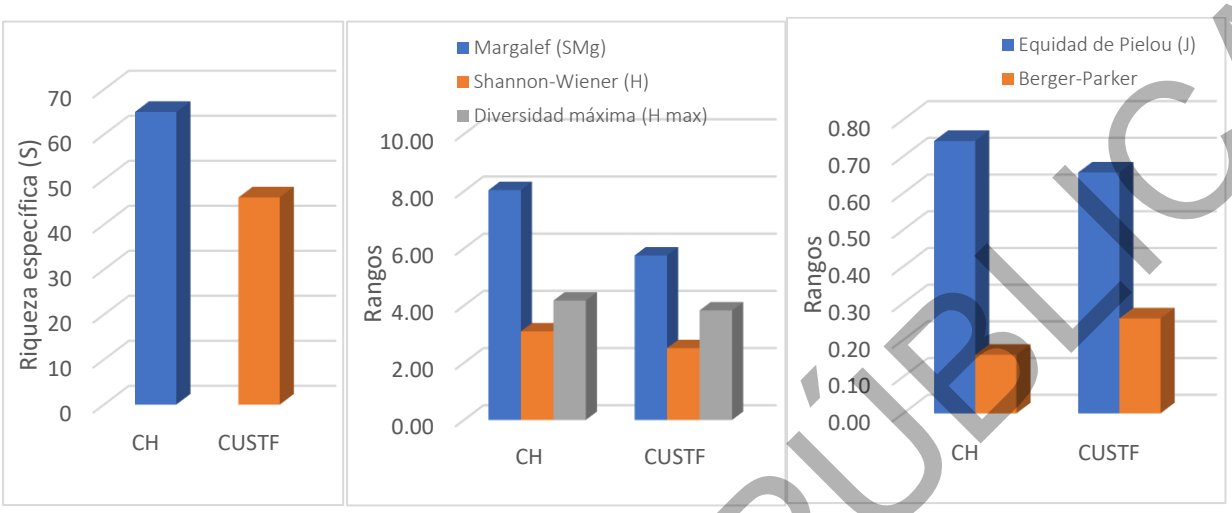
En la integración general de todos los estratos para el tipo de vegetación de VSa/MKX, la Región Ecológica (RE) presentó mayor riqueza y diversidad que el Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron 65 especies, con un índice de Margalef de 8.04 (SMg). El índice de Shannon-Wiener alcanzó 3.10 (H) respecto de una diversidad máxima de 4.17 (Hmax), con una equidad de Pielou de 0.74 (J). El índice de Berger-Parker fue de 0.1594, siendo *Aristida californica* la especie con mayor abundancia relativa, sin concentrar por sí sola una proporción dominante de la comunidad.

En el Área del Proyecto (AP) se registraron 46 especies, con un índice de Margalef de 5.75 (SMg). La diversidad de Shannon-Wiener fue de 2.51 (H), respecto de una diversidad máxima de 3.83 (Hmax), mientras que la equidad de Pielou fue de 0.66 (J). El índice de Berger-Parker alcanzó 0.2586, reflejando una mayor concentración relativa de las abundancias respecto de la Región Ecológica (RE), principalmente por *Boerhavia xanti* y *Aristida californica*.

En términos comparativos, la Región Ecológica (RE) presenta mayor riqueza y diversidad en la mayoría de los estratos. El Área del Proyecto (AP) registra valores menores de riqueza y, en algunos estratos, una mayor concentración de abundancias. Esta diferencia es particularmente evidente en cactáceas, donde el índice de Berger-Parker alcanza 0.9628 en el Área del Proyecto (AP) por la elevada representación de

CONSULTA PÚBLICA

Cylindropuntia fulgida. En el estrato herbáceo también se observa menor diversidad y equidad en el Área del Proyecto (AP) (H = 1.70; J = 0.61) respecto de la Región Ecológica (RE) (H = 2.40; J = 0.80). Estos resultados describen diferencias estructurales entre ambas unidades, sin que por sí solos permitan atribuirlas a un grado específico de perturbación.



Gráfica. 6. Representación gráfica de los índices de diversidad de manera general para la vegetación de VSa/MKX

I.1.1.1.1.1 Comparación del índice de Shannon mediante la prueba t de Hutcheson con el uso del programa PAST 4.03

Para comparar los valores del índice de Shannon-Wiener entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP) se aplicó la prueba t de Hutcheson, procedimiento desarrollado específicamente para contrastar la diversidad estimada mediante H' entre dos comunidades (Hutcheson, 1970). Los índices y sus varianzas fueron procesados con apoyo del programa PAST 4.03, cuya metodología estadística se encuentra documentada por Hammer et al. (2001). La hipótesis nula establece la igualdad de los índices de diversidad (H_0: $H'_1 = H'_2$).

CONSULTA PÚBLICA

Para las comparaciones de flora y fauna se adoptó una prueba bilateral con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$, equivalente a un nivel de confianza del 99 %. Debido al elevado número de grados de libertad obtenido en ambas pruebas, el valor crítico de t se aproxima a 2.58. La regla de decisión establece que, cuando el valor absoluto de la t calculada ($|Tc|$) es mayor que el valor crítico (Tt), se rechaza la hipótesis nula de igualdad entre los índices.

Para el componente flora, la comparación se realizó de manera general para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX), integrando los estratos y las especies registradas en cada unidad de análisis.

En los resultados de la prueba t de Hutcheson aplicada a los valores del índice de Shannon para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX), se observa que, al considerar la diversidad florística registrada en la Región Ecológica (RE) ($H' = 3.0983$) y en el Área del Proyecto (AP) ($H' = 2.5124$), la prueba de homogeneidad rechaza la hipótesis nula (H_0), determinándose que ambos índices son estadísticamente diferentes. Lo anterior se sustenta en que el valor de t calculado ($Tc = 16.729$) es superior al valor crítico ($Tt = 2.58$, $\alpha = 0.01$). De este modo, se determina que la diversidad es mayor en la Región Ecológica (RE) que en el Área del Proyecto (AP), presentándose una diferencia del 18.9 % respecto del valor registrado en la Región Ecológica (RE). Este comportamiento es congruente con la mayor riqueza florística observada a escala de la Región Ecológica (RE) y con la distribución de las abundancias entre las especies que integran esta comunidad vegetal.

Asimismo, el análisis de la composición florística muestra que en la Región Ecológica (RE) se registraron 65 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se registraron 46 especies. De manera relevante, las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) se encuentran representadas dentro de la Región Ecológica (RE), mientras que esta última presenta especies adicionales que no fueron observadas en el área sujeta a cambio de uso de suelo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 7. Resultados de la comparación del Índice de Shannon mediante la prueba t de Hutcheson para VSa/MKX

Parámetro	GENERAL	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Shannon	3.0983	2.5124
Varianza	0.0005393	0.000687
Tc	16.729	
G.L	5177.8	
Tt(α=.01/2)	2.58	
Decisión	Se rechaza H0	

En consecuencia, aunque la ejecución del Área del Proyecto (AP) implicará la remoción localizada de individuos y cobertura de VSa/MKX, **no se prevé que dicha afectación comprometa la riqueza, diversidad, permanencia o representatividad florística de este tipo de vegetación a escala de la Región Ecológica (RE)**, toda vez que las poblaciones y especies registradas en el área de afectación mantienen representación dentro de una unidad ambiental de mayor extensión y diversidad. No obstante, deberán implementarse las medidas de prevención, rescate, reubicación y protección de flora establecidas para el proyecto, priorizando las especies de importancia ecológica y aquellas que, en su caso, se encuentren sujetas a alguna categoría de protección conforme a la normatividad ambiental aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.2 Diversidad beta

La diversidad beta expresa el recambio o semejanza en la composición de especies entre unidades de análisis. Para su evaluación se utilizó el índice de Sørensen, basado en la riqueza de cada sitio y el número de especies compartidas (Sørensen, 1948; Moreno, 2001).

Fórmula del Índice de Sørensen:

$$QS = 2C / (A + B)$$

Donde:

QS: Coeficiente de similitud
A: Número de especies en el sitio A.
B: Número de especies en el sitio B.
C: Número de especies compartidas entre los sitios A y B.

Para facilitar su interpretación, los resultados del índice se expresan en porcentaje de 0 a 100 %, donde valores cercanos a 0 indican una baja proporción de especies compartidas y valores cercanos a 100 indican una elevada similitud. El índice se aplicó para comparar la composición entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), tanto a nivel general como por estrato. La identificación de especies compartidas y de aquellas registradas exclusivamente en una unidad puede consultarse en el ANEXO 7.

I.1.1.2.1 Diversidad beta para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

En el presente estudio, se aplicó el índice de Sørensen para evaluar la similitud en la composición florística entre el área de la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), tanto a nivel general como por estratos vegetales (arbóreo, arbustivo, cactáceas y herbáceo). Los resultados se integran en la tabla y gráfica siguiente.

Tabla 8. Comparación de similitud de Sørensen entre el Área del Proyecto (AP) y el área de la Región Ecológica (RE) para la vegetación de VSa/MKX

ESTRATO	Región Ecológica (RE)		Área del Proyecto (AP)		ESPECIES COMUNES	SORENSEN
	RIQUEZA	ESPECIES ÚNICAS	RIQUEZA	ESPECIES ÚNICAS		
General	65	19	46	0	46	82.9
Arbóreo-juveniles	9	4	5	0	5	71.4
Arbustivo	21	5	16	0	16	86.5
Cactáceas	11	5	6	0	6	70.6
Bejucos	4	1	3	0	3	85.7
Herbáceo	20	4	16	0	16	88.9

Especies únicas *(especies sin registros en las áreas de estudios mismas que pudieran o están presentes en otro tipo de vegetación)*

El análisis de diversidad beta evidencia el grado de recambio de especies entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), mostrando patrones diferenciados según el estrato de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

A nivel general, se registró una riqueza de 65 especies en la Región Ecológica (RE) y 46 especies en el Área del Proyecto (AP), de las cuales 46 especies son compartidas entre ambas unidades de análisis. Asimismo, se identificaron 19 especies exclusivas de la Región Ecológica (RE) y ninguna exclusiva del Área del Proyecto (AP), obteniéndose un valor del índice de similitud de Sørensen de 82.9 %. Este resultado evidencia una alta similitud florística entre ambas áreas y, particularmente, demuestra que la totalidad de las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) se encuentran representadas dentro de la Región Ecológica (RE). La mayor riqueza observada en la Región Ecológica (RE) responde a la presencia de especies adicionales que no fueron registradas en el área sujeta a cambio de uso de suelo.

En el estrato arbóreo-juveniles, la Región Ecológica (RE) presentó una riqueza de 9 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se registraron 5 especies. Las 5 especies presentes en el Área del Proyecto (AP) fueron también registradas en la Región Ecológica (RE), mientras que esta última presentó 4 especies exclusivas. Como resultado, el índice de Sørensen alcanzó un valor de 71.4 %, lo que refleja una similitud florística importante entre ambas áreas. La ausencia de especies exclusivas en el Área del Proyecto (AP) indica que los elementos arbóreo-juveniles presentes en el área de afectación mantienen representación dentro de la Región Ecológica (RE).

Para el estrato arbustivo, se registraron 21 especies en la Región Ecológica (RE) y 16 especies en el Área del Proyecto (AP), con 16 especies compartidas y 5 especies exclusivas de la Región Ecológica (RE). El índice de Sørensen presentó un valor de 86.5 %, indicando una alta similitud en la composición florística de este estrato. De igual manera, todas las especies arbustivas identificadas dentro del Área del Proyecto (AP) se encuentran representadas en la Región Ecológica (RE), mientras que la mayor riqueza de esta última está determinada por la presencia de especies adicionales.

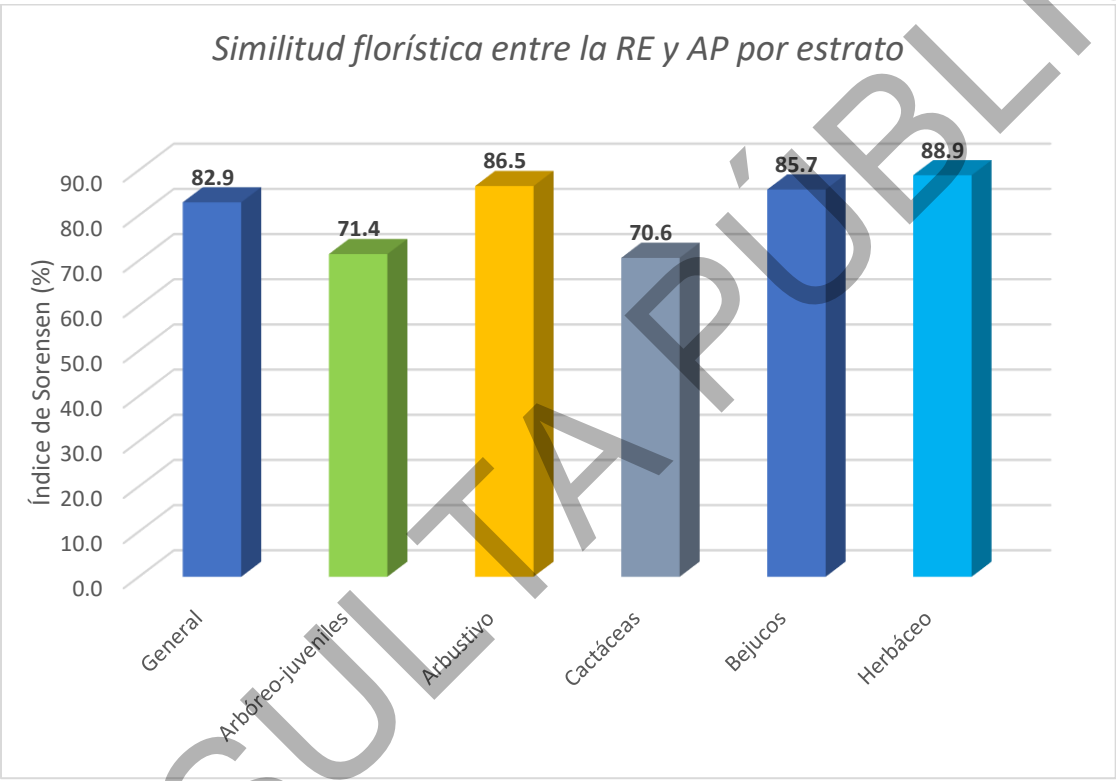
En el estrato de cactáceas, la Región Ecológica (RE) presentó una riqueza de 11 especies, mientras que el Área del Proyecto (AP) registró 6 especies. Las 6 especies presentes en el Área del Proyecto (AP) fueron compartidas con la Región Ecológica (RE), en tanto que esta última presentó 5 especies exclusivas. El índice de Sørensen fue de 70.6 %, siendo el valor más bajo entre los estratos analizados, aunque continúa evidenciando una similitud considerable. Este resultado muestra que, aun cuando la Región Ecológica (RE) alberga una mayor riqueza de cactáceas, la totalidad de las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) mantiene representación dentro de dicha unidad de análisis.

Respecto al estrato de bejucos, se registraron 4 especies en la Región Ecológica (RE) y 3 en el Área del Proyecto (AP), de las cuales las 3 especies del Área del Proyecto (AP) son compartidas con la Región Ecológica (RE), registrándose además una especie exclusiva en esta última. El índice de Sørensen alcanzó un valor de 85.7 %, evidenciando una alta similitud florística y una elevada correspondencia en la composición de este estrato entre ambas áreas.

Finalmente, en el estrato herbáceo se registró una riqueza de 20 especies en la Región Ecológica (RE) y 16 especies en el Área del Proyecto (AP), con 16 especies compartidas, 4 especies exclusivas de la Región Ecológica (RE) y ninguna exclusiva del Área del Proyecto (AP). Este estrato presentó el valor más alto del índice de Sørensen, con 88.9 %, evidenciando una alta similitud florística entre ambas áreas. La totalidad de las especies herbáceas registradas en el Área del Proyecto (AP) se encuentra representada en la Región Ecológica (RE), la cual además incorpora una mayor riqueza específica.

CONSULTA PÚBLICA

En conjunto, los resultados muestran valores del índice de Sørensen entre 70.6 y 88.9 % para los distintos estratos y de 82.9 % a nivel general, lo que evidencia una elevada correspondencia florística entre la Región Ecológica (RE) y el área de Área del Proyecto (AP). De manera relevante, no se registraron especies exclusivas del Área del Proyecto (AP) en ninguno de los estratos evaluados, ya que la totalidad de las especies presentes en dicha área también fue registrada en la Región Ecológica (RE). En este sentido, los resultados indican que la composición florística del área propuesta para el Área del Proyecto (AP) constituye un subconjunto de la riqueza presente en la Región Ecológica (RE), la cual mantiene una mayor riqueza específica y la representación de todos los elementos florísticos identificados dentro del área de afectación.



Gráfica. 7. Representación gráfica del índice de similitud de Sørensen general y para cada uno de los estratos en VSa/MKX

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.3 Diversidad florística en el Área del Proyecto (AP)

El Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) permite expresar la importancia relativa de cada especie dentro de la estructura de una comunidad vegetal. En el presente análisis se compara el IVIE obtenido en la Región Ecológica (RE) con el correspondiente al Área del Proyecto (AP), con el propósito de identificar diferencias en la representación estructural de las especies entre ambas unidades.

El IVIE integra tres componentes relativos: dominancia, densidad y frecuencia; su suma permite sintetizar la contribución ecológica de cada especie dentro de la comunidad (Curtis y McIntosh, 1951). Por ello, constituye un indicador complementario para comparar la estructura de la vegetación entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP).

Los resultados en cada uno de los sitios de muestreo señalan los valores obtenidos de acuerdo con el número de muestras en cada caso, 28 sitios, este mismo tamaño de muestra se distribuyó tanto en la Región Ecológica (RE) como en el Área del Proyecto (AP), la riqueza de especies registrada en cada caso puede tener un valor de importancia alto en un sitio y bajo en el segundo, aun así, la comparación nos da una idea del valor de las especies en la estructura y composición de la comunidad vegetal, que en ambos casos corresponde a una Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX).

También es importante señalar que algunas especies sólo se registrarán en un sitio y no en el segundo, esto es debido a las características intrínsecas de cada lugar. Se debe recordar que la distribución de las especies no es precisamente homogénea en la naturaleza y depende de muchos factores.

I.1.1.4 Comparativa de IVIE y densidad por hectárea, para cada estrato en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

A continuación, se integra una comparativa de la densidad de individuos por hectárea y del Índice de Valor de Importancia Ecológica.

<u>Estrato arbóreo-juveniles</u>

El estrato arbóreo-juvenil presenta diferencias en riqueza, densidad e importancia ecológica entre la Región Ecológica (RE) y el área de Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron nueve especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron cinco; la totalidad de las especies presentes en el Área del Proyecto (AP) también se encuentra representada dentro de la Región Ecológica (RE). La densidad total fue ligeramente mayor en la Región Ecológica (RE), con 201 ind·ha^{-1}, respecto de los 185 ind·ha^{-1} estimados para el Área del Proyecto (AP).

En la Región Ecológica (RE), la especie con mayor Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) fue *Parkinsonia microphylla* (84.28), seguida de *Olneya tesota* (74.33) y *Neltuma velutina* (56.85). Estas especies también registraron las mayores densidades, con 74, 48 y 43 ind·ha^{-1}, respectivamente. De manera complementaria, se registraron *Bursera laxiflora*, *Bursera microphylla*, *Guaiacum coulteri*, *Jatropha cordata*, *Parkinsonia aculeata* y *Vachellia farnesiana*, incrementando la riqueza florística del estrato.

CONSULTA PÚBLICA

En el Área del Proyecto (AP), *Olneya tesota* presentó el mayor IVIE (78.72), seguida de *Neltuma velutina* (67.04), *Parkinsonia microphylla* (62.83) y *Bursera microphylla* (59.23). En términos de densidad, *Neltuma velutina* registró el valor más elevado, con 85 ind·ha^{-1}, seguida de *Parkinsonia microphylla* (48 ind·ha^{-1}), *Olneya tesota* (29 ind·ha^{-1}), *Bursera microphylla* (13 ind·ha^{-1}) y *Bursera laxiflora* (11 ind·ha^{-1}).

Al comparar ambas unidades de análisis, *Bursera microphylla*, *Neltuma velutina* y *Olneya tesota* presentan valores de IVIE superiores en el Área del Proyecto (AP) respecto de la Región Ecológica (RE). Asimismo, *Bursera microphylla* y *Neltuma velutina* registran densidades superiores en el Área del Proyecto (AP). Estas diferencias reflejan una mayor representación relativa de dichas especies dentro de la estructura del área de afectación, aun cuando la Región Ecológica (RE) mantiene una mayor riqueza específica y una densidad total ligeramente superior. Las cinco especies presentes en el Área del Proyecto (AP) mantienen representación dentro de la Región Ecológica (RE).

Tabla 9. Listado de comparación de especies; IVIE % y densidad por hectárea del estrato arbóreo, para VSa/MKX

ESTRATO ARBÓREO-JUVENILES	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)		NO. INDIVIDUOS POR HECTÁREA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Bursera laxiflora	35.68	32.17	18	11
Bursera microphylla	15.91	59.23	6	13
Guaiacum coulteri	16.02	-	10	-
Jatropha cordata	8.96	-	1	-
Neltuma velutina	56.85	67.04	43	85
Olneya tesota	74.33	78.72	48	29
Parkinsonia aculeata	2.70	-	1	-
Parkinsonia microphylla	84.28	62.83	74	48
Vachellia farnesiana	5.26	-	1	-
TOTAL	**300**	**300**	**201**	**185**

De acuerdo con la comparación del IVIE y la densidad por hectárea, las diferencias positivas registradas para determinadas especies en el Área del Proyecto (AP) se utilizarán como un criterio precautorio complementario para la priorización de ejemplares susceptibles de incorporarse al Programa de Rescate y Reubicación de Flora del Capítulo IX, considerando además su factibilidad técnica, características biológicas y condición de conservación.

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo se observan diferencias en composición, importancia ecológica y densidad entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). La Región Ecológica (RE) registró 21 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP)se identificaron 16, encontrándose todas las especies registradas en el área de afectación también representadas dentro de la Región Ecológica (RE). La densidad total fue mayor en la Región Ecológica (RE), con 877 ind·ha^{-1}, respecto de 639 ind·ha^{-1} en el Área del Proyecto (AP).

En la Región Ecológica (RE), *Encelia farinosa* presentó el mayor IVIE (86.2) y la mayor densidad del estrato, con 545 ind·ha^{-1}. Le siguieron, en términos de IVIE, *Lycium berlandieri* (29.8), *Fouquieria splendens* (24.8) y *Mimosa distachya* (20.9). En cuanto a densidad, después de *Encelia farinosa* destacaron *Lycium berlandieri* (94 ind·ha^{-1}), *Mimosa distachya* (42 ind·ha^{-1}) y *Krameria erecta* (40 ind·ha^{-1}).

CONSULTA PÚBLICA

En el Área del Proyecto (AP), *Encelia farinosa* también presentó el mayor IVIE (66.7) y la mayor densidad, con 405 ind·ha^{-1}. Posteriormente destacaron por su importancia ecológica *Colubrina viridis* (36.3), *Mimosa distachya* (27.6) y *Forestiera angustifolia* (26.9). En términos de densidad, después de *Encelia farinosa*, los mayores valores correspondieron a *Lycium berlandieri* (74 ind·ha^{-1}), *Krameria erecta* (35 ind·ha^{-1}), *Mimosa distachya* (32 ind·ha^{-1}) y *Senegalia greggii* (24 ind·ha^{-1}).

En conjunto, la Región Ecológica (RE) mantiene una mayor riqueza y densidad del estrato arbustivo, y *Encelia farinosa* constituye la especie de mayor importancia ecológica en ambas unidades. No obstante, determinadas especies adquieren una mayor representación relativa dentro del Área del Proyecto (AP). La composición registrada en el área de afectación se encuentra contenida dentro de la registrada en la Región Ecológica (RE), por lo que el estrato arbustivo del Área del Proyecto (AP) constituye un subconjunto de la comunidad presente a escala de la Región Ecológica (RE).

Tabla 10. Listado de comparación de especies; IVIE% y densidad por hectárea del estrato arbustivo, para VSa/MKX

ESTRATO ARBUSTIVO	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)		NO. INDIVIDUOS POR HECTÁREA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Calliandra eriophylla	9.2	16.4	27	4
Celtis pallida	6.1	-	1	-
Colubrina viridis	3.4	36.3	4	1
Condalia globosa	9.4	17.4	7	7
Croton sonorae	10.9	-	18	-
Dianthera candicans	5.9	6.8	20	13
Encelia farinosa	86.2	66.7	545	405
Eysenhardtia orthocarpa	5.5	-	2	-
Forestiera angustifolia	3.3	26.9	2	5
Fouquieria macdougalii	12.8	-	1	-
Fouquieria splendens	24.8	13.9	8	1
Jatropha cardiophylla	15.7	11.1	29	20
Jatropha cuneata	7.0	-	1	-
Krameria erecta	8.8	7.6	40	35
Larrea tridentata	4.6	7.9	1	2
Lycium andersonii	10.2	15.4	17	7
Lycium berlandieri	29.8	17.7	94	74
Mimosa distachya	20.9	27.6	42	32
Mimosa dysocarpa	14.4	3.3	4	1
Randia thurberi	9.9	10.5	12	8
Senegalia greggii	1.4	14.5	1	24
TOTAL	**300**	**300**	**877**	**639**

De acuerdo con el análisis comparativo, *Calliandra eriophylla*, *Colubrina viridis*, *Condalia globosa*, *Dianthera candicans*, *Forestiera angustifolia*, *Larrea tridentata*, *Lycium andersonii*, *Mimosa distachya*, *Randia thurberi* y *Senegalia greggii* presentan valores de IVIE superiores en el Área del Proyecto (AP) respecto de la Región Ecológica (RE). En términos de densidad por hectárea, *Forestiera angustifolia*, *Larrea tridentata* y *Senegalia greggii* presentan valores superiores en el Área del Proyecto (AP), mientras que *Condalia globosa* mantiene una densidad equivalente. Estas diferencias se adoptan como criterios precautorios complementarios para priorizar ejemplares susceptibles de incorporarse al Programa de Rescate y Reubicación de Flora, junto con su factibilidad técnica, características biológicas y condición de conservación.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de cactáceas

El estrato de cactáceas presenta diferencias en riqueza, densidad e importancia ecológica entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron 11 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron seis; la totalidad de estas últimas también se encuentra representada dentro de la Región Ecológica (RE) Región Ecológica (RE). La densidad total fue mayor en la Región Ecológica (RE), con 268 ind·ha^{-1}, respecto de 224 ind·ha^{-1} en el Área del Proyecto (AP).

En la Región Ecológica (RE), *Cylindropuntia fulgida* presentó el mayor IVIE (84.3), seguida de *Stenocereus thurberi* (73.9) y *Lophocereus schottii* (50.9). En términos de densidad, *Cylindropuntia fulgida* registró igualmente el valor más elevado, con 188 ind·ha^{-1}, seguida de *Lophocereus schottii* (37 ind·ha^{-1}) y *Cochemiea sheldonii* (18 ind·ha^{-1}). Adicionalmente, en la Región Ecológica (RE) se registraron *Cylindropuntia arbuscula*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Ferocactus emoryi*, *Pachycereus pringlei* y *Stenocereus alamosensis*, especies no observadas dentro del Área del Proyecto (AP).

En el Área del Proyecto (AP), *Cylindropuntia fulgida* presentó el mayor IVIE (110.5) y la mayor densidad del estrato, con 215 ind·ha^{-1}. Le siguieron en importancia ecológica *Lophocereus schottii* (69.2), *Cochemiea sheldonii* (55.2), *Stenocereus thurberi* (37.5), *Peniocereus striatus* (17.8) y *Cochemiea mainiae* (9.8). Las restantes especies registraron densidades considerablemente menores.

En conjunto, aunque la Región Ecológica (RE) mantiene una mayor riqueza y densidad total de cactáceas, determinadas especies presentan una mayor importancia relativa dentro del Área del Proyecto (AP). Las seis especies registradas en el área de afectación mantienen representación dentro de la Región Ecológica (RE), por lo que la composición de cactáceas del Área del Proyecto (AP) constituye un subconjunto de la riqueza registrada a escala de la Región Ecológica (RE).

Tabla 11. Listado de comparación de especies; IVIE% y densidad por hectárea del estrato de cactáceas, para VSa/MKX

ESTRATO DE CACTÁCEAS	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)		NO. INDIVIDUOS POR HECTÁREA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Cochemiea mainiae	5.0	9.8	1	1
Cochemiea sheldonii	15.8	55.2	18	1
Cylindropuntia arbuscula	28.2	-	1	-
Cylindropuntia fulgida	84.3	110.5	188	215
Cylindropuntia leptocaulis	6.0	-	2	-
Ferocactus emoryi	5.3	-	1	-
Lophocereus schottii	50.9	69.2	37	1
Pachycereus pringlei	5.4	-	1	-
Peniocereus striatus	14.6	17.8	8	4
Stenocereus alamosensis	10.5	-	4	-
Stenocereus thurberi	73.9	37.5	6	1
TOTAL	300	300	268	224

La comparación del IVIE muestra valores superiores en el Área del Proyecto (AP) para *Cochemiea mainiae*, *Cochemiea sheldonii*, *Cylindropuntia fulgida*, *Lophocereus schottii* y *Peniocereus striatus*. Sin embargo, al comparar la densidad por hectárea, únicamente *Cylindropuntia fulgida* presenta un valor superior en el

CONSULTA PÚBLICA

Área del Proyecto (AP) (215 ind·ha^{-1}) respecto de la Región Ecológica (RE) (188 ind·ha^{-1}), mientras que *Cochemiea mainiae* mantiene una densidad equivalente. Estas diferencias se consideran, de manera precautoria y complementaria, junto con la condición normativa, las características biológicas, el lento crecimiento y la factibilidad de rescate para establecer las prioridades del Programa de Rescate y Reubicación de Flora.

Estrato de bejucos

El estrato de bejucos presenta diferencias en riqueza, densidad e importancia ecológica entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron cuatro especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron tres; todas las especies registradas en el área de afectación también se encuentran representadas dentro de la Región Ecológica (RE). La densidad total fue mayor en la Región Ecológica (RE), con 45 ind·ha^{-1}, respecto de 15 ind·ha^{-1} en el Área del Proyecto (AP).

En la Región Ecológica (RE), *Janusia gracilis* presentó el mayor IVIE (113.4), seguida de *Ibervillea sonorae* (94.5), *Echinopterys eglandulosa* (48.8) y *Cardiospermum corindum* (43.3). En términos de densidad, *Janusia gracilis* registró también el valor más elevado, con 24 ind·ha^{-1}, seguida de *Echinopterys eglandulosa* (12 ind·ha^{-1}), *Ibervillea sonorae* (7 ind·ha^{-1}) y *Cardiospermum corindum* (2 ind·ha^{-1}).

En el Área del Proyecto (AP), *Echinopterys eglandulosa* presentó el mayor IVIE (135.1), seguida de *Ibervillea sonorae* (112.6) y *Janusia gracilis* (52.3). En cuanto a densidad, *Echinopterys eglandulosa* registró 8 ind·ha^{-1}, *Janusia gracilis* 5 ind·ha^{-1} e *Ibervillea sonorae* 2 ind·ha^{-1}.

Al comparar ambas unidades, *Echinopterys eglandulosa* e *Ibervillea sonorae* presentan valores de IVIE superiores dentro del Área del Proyecto (AP); sin embargo, ninguna especie de este estrato registra una densidad superior en el área de afectación respecto de la Región Ecológica (RE). Esto indica que el aumento relativo del IVIE de dichas especies responde a cambios en su representación proporcional dentro de una comunidad con menor riqueza y densidad. La Región Ecológica (RE) conserva la representación de las tres especies presentes en el Área del Proyecto (AP) e incorpora además a *Cardiospermum corindum*.

Tabla 12. Listado de comparación de especies; IVIE% y densidad por hectárea del estrato de bejucos, para VSa/MKX

ESTRATO DE BEJUCOS	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)		NO. INDIVIDUOS POR HECTÁREA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Cardiospermum corindum	43.3	-	2	-
Echinopterys eglandulosa	48.8	135.1	12	8
Ibervillea sonorae	94.5	112.6	7	2
Janusia gracilis	113.4	52.3	24	5
TOTAL	300	300	45	15

Las especies de bejucos no serán consideradas dentro de las actividades de rescate y reubicación de flora, debido principalmente a las características propias de su forma de crecimiento, ya que requieren de árboles, arbustos u otros elementos de la vegetación como soporte para su establecimiento y desarrollo, condición que limita la viabilidad y efectividad de su trasplante como individuos aislados. Asimismo, este grupo presenta capacidad de establecimiento mediante semillas y, dependiendo de la especie, a partir de

CONSULTA PÚBLICA

estructuras vegetativas remanentes, favoreciendo su incorporación durante los procesos de regeneración y sucesión de la vegetación.

Adicionalmente, los resultados muestran que las tres especies de bejucos registradas en el Área del Proyecto (AP), *Echinopterys eglandulosa*, *Ibervillea sonorae* y *Janusia gracilis*, se encuentran también representadas dentro de la Región Ecológica (RE), sin registrarse especies exclusivas de este estrato en el área sujeta a cambio de uso de suelo. La Región Ecológica (RE) presentó una mayor riqueza y densidad de bejucos, con cuatro especies y 45 ind·ha^{-1}, en comparación con tres especies y 15 ind·ha^{-1} en el Área del Proyecto (AP). Por lo anterior, la remoción localizada de ejemplares asociada al cambio de uso de suelo no compromete, por sí misma, la permanencia ni la representatividad de estas especies a escala de la Región Ecológica (RE), por lo que no se considera técnicamente necesario incorporarlas al Programa de Rescate y Reubicación de Flora. No obstante, su recuperación será favorecida mediante las acciones de conservación de suelo, manejo de la capa superficial y restauración o revegetación que sean aplicables durante las etapas posteriores del proyecto.

Estrato herbáceo

El estrato herbáceo presenta diferencias en riqueza, densidad e importancia ecológica entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). En la Región Ecológica (RE) se registraron 20 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron 16. Las 16 especies presentes en el Área del Proyecto (AP) también fueron registradas dentro de la Región Ecológica (RE), mientras que *Boerhavia erecta*, *Datura discolor*, *Euphorbia hirta* y *Evolvulus arizonicus* únicamente fueron registradas en la Región Ecológica (RE). La densidad total fue de 152,232 ind·ha^{-1} en la Región Ecológica (RE) y 142,946 ind·ha^{-1} en el Área del Proyecto (AP), una diferencia aproximada de 6.1 %, por lo que ambos valores se consideran relativamente próximos.

En la Región Ecológica (RE), *Aristida californica* presentó el mayor IVIE (49.8), seguida de *Boerhavia xanti* (41.0), *Bouteloua barbata* (23.2) y *Bouteloua diversispicula* (20.1). En términos de densidad, *Aristida californica* registró 38,214 ind·ha^{-1}, seguida de *Boerhavia xanti* (31,696 ind·ha^{-1}), *Bouteloua barbata* (11,161 ind·ha^{-1}) y *Bouteloua diversispicula* (10,893 ind·ha^{-1}).

En el Área del Proyecto (AP), *Boerhavia xanti* presentó el mayor IVIE (73.1), seguida de *Aristida californica* (62.1), *Cenchrus ciliaris* (31.4), *Bouteloua diversispicula* (25.1) y *Euphorbia florida* (23.1). En cuanto a densidad, *Boerhavia xanti* alcanzó 57,589 ind·ha^{-1}, seguida de *Aristida californica* (42,857 ind·ha^{-1}), *Bouteloua diversispicula* (11,339 ind·ha^{-1}), *Euphorbia florida* (9,375 ind·ha^{-1}) y *Portulaca oleracea* (7,321 ind·ha^{-1}).

Al comparar ambas unidades, *Allionia incarnata*, *Aristida californica*, *Boerhavia xanti*, *Bouteloua diversispicula*, *Cenchrus ciliaris*, *Euphorbia florida*, *Kallstroemia grandiflora*, *Pectis filipes*, *Portulaca oleracea* y *Tidestromia lanuginosa* presentan valores de IVIE superiores en el Área del Proyecto (AP). Asimismo, *Allionia incarnata*, *Aristida californica*, *Boerhavia xanti*, *Bouteloua diversispicula*, *Cenchrus ciliaris*, *Euphorbia florida*, *Portulaca oleracea* y *Tidestromia lanuginosa* registran densidades superiores en el Área del Proyecto (AP). En términos generales, la Región Ecológica (RE) mantiene una mayor riqueza específica y una densidad total ligeramente superior; sin embargo, determinadas especies muestran una mayor representación

CONSULTA PÚBLICA

relativa y/o densidad dentro del área de afectación. Estas diferencias no implican la pérdida de elementos florísticos exclusivos, debido a que la totalidad de las especies herbáceas registradas en el Área del Proyecto (AP) mantiene representación dentro de la Región Ecológica (RE).

Tabla 13. Listado de comparación de especies; IVIE% y densidad por hectárea del estrato herbáceo, para VSa/MKX

ESTRATO HERBÁCEO	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IVIE)		NO. INDIVIDUOS POR HECTÁREA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Abutilon abutiloides	15.1	4.8	4,643	357
Allionia incarnata	5.5	9.5	1,696	1964
Argythamnia serrata	15.9	2.0	6,964	89
Aristida californica	49.8	62.1	38,214	42857
Boerhavia erecta	15.0	-	6,161	-
Boerhavia triquetra	17.8	4.8	8,750	357
Boerhavia xanti	41.0	73.1	31,696	57589
Bouteloua aristidoides	15.2	13.4	8,125	3036
Bouteloua barbata	23.2	7.8	11,161	1964
Bouteloua diversispicula	20.1	25.1	10,893	11339
Cenchrus ciliaris	16.2	31.4	2,411	3482
Datura discolor	5.6	-	179	-
Euphorbia florida	13.2	23.1	6,696	9375
Euphorbia hirta	5.9	-	2,321	-
Evolvulus arizonicus	3.7	-	625	-
Kallstroemia grandiflora	5.4	7.1	893	446
Marina parryi	7.0	2.7	2,321	179
Pectis filipes	8.2	12.1	3,036	1696
Portulaca oleracea	12.3	15.9	4,821	7321
Tidestromia lanuginosa	4.1	5.1	625	893
TOTAL	300	300	152,232	142946

Las **especies herbáceas** no fueron consideradas para su rescate, debido a que, una vez concluida la construcción del proyecto, su proceso de regeneración natural es rápido al considerarse como especies pioneras, siendo especies de vida corta y crecimiento rápido, se dispersan en grandes distancias por mecanismos como el viento y vertebrados voladores, poseen semillas pequeñas con cotiledones mayormente fotosintéticos, las cuales reaccionan a los cambios de temperatura y luz para germinar (Bazzaz, 1979[1]; Finegan, 1984[2]). Siendo estas especies las primeras en establecerse en los modelos de sucesión ecológica, ocupando la etapa "Colonización inicial (1 – 5 años"), las cuales comienzan a crear condiciones adecuadas para el establecimiento de otras especies más avanzadas (Finegan 1984; Guariguata y Ostertag, 2001[3]).

CONSULTA PÚBLICA

[1] Bazzaz, F.A. (1979) The Physiological Ecology of Plant Succession. Annual Review of Plant Ecology and Systematic, 10, 351-371.
[2] Finegan, B. (1984) Forest Succession. Nature, 312, 109-114.
[3] Ostertag, R. Guariguata, M. R. (2001) Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics, 148, 185-206.

I.1.2 COMPONENTE FAUNA

I.1.2.1 Diversidad alfa

La comparación de la diversidad de la fauna silvestre entre el área solicitada para el Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE), se expondrá los mismos indicadores expresados en el componente flora:

Diversidad alfa (α)

- Riqueza específica (S)
- Índice de Margalef (SMg)
- Índice de Shannon-Wiener (H)
- Diversidad máxima (H max)
- Índice de equidad de Pielou (J)
- Índice de Berger-Parker

Para el análisis de la diversidad alfa en la Región Ecológica (RE) y en Área del Proyecto (AP), se consideró la composición faunística; en una primera instancia sin considerar el grupo faunístico, posteriormente desglosado para cada grupo faunístico; durante el muestreo se registraron especies de tres grupos faunísticos; ornitofauna, mastofauna y herpetofauna, una vez obtenidos estos datos se determinó la riqueza, índice de diversidad de Shannon y Equitatividad, con el programa PAST 4.03©, esto para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX).

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.1.1 Diversidad alfa general en Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE) para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

Grupo de Ornitofauna

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el grupo de Ornitofauna.

Tabla 14. Comparativa de los índices de diversidad para el grupo de Ornitofauna en el tipo de vegetación de VSa/MKX

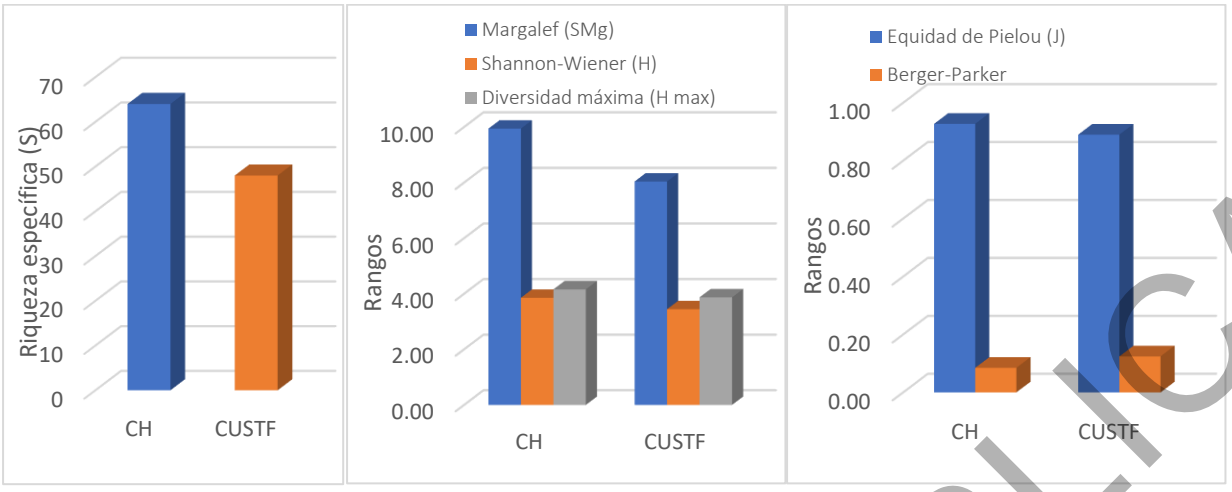
ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	ORNITOFAUNA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	64	48
Margalef (SMg)	9.94	8.04
Shannon-Wiener (H)	3.86	3.44
Diversidad máxima (H max)	4.16	3.87
Equidad de Pielou (J)	0.93	0.89
Berger-Parker	0.0850	0.1243

La comunidad de ornitofauna presentó diferencias entre la Región Ecológica (RE) y Área del Proyecto (AP) en términos de riqueza, diversidad y estructura de abundancias. En la Región Ecológica (RE) se registró una mayor riqueza específica, con 64 especies, en comparación con las 48 especies del Área del Proyecto (AP). Esta diferencia también se refleja en el índice de Margalef, con valores de 9.94 para la Región Ecológica (RE) y 8.04 para el Área del Proyecto (AP), indicando una mayor riqueza taxonómica en la Región Ecológica (RE).

El índice de Shannon-Wiener mostró valores de 3.86 en la Región Ecológica (RE) y 3.44 en el Área del Proyecto (AP), lo que indica una alta diversidad en ambos sitios, aunque ligeramente mayor en la Región Ecológica (RE). De manera consistente, la equidad de Pielou presentó valores elevados de 0.93 y 0.89, respectivamente, evidenciando una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies.

Por su parte, el índice de Berger-Parker fue bajo en ambos sitios, con 0.0850 para la Región Ecológica (RE) y 0.1243 para el Área del Proyecto (AP), lo que indica una baja dominancia y ausencia de una concentración marcada de individuos en una sola especie. En conjunto, la Región Ecológica (RE) presentó mayor riqueza, diversidad y equidad, mientras que el Área del Proyecto (AP) mostró valores ligeramente menores, aunque manteniendo una comunidad avifaunística diversa y relativamente equilibrada.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 8. Representación gráfica de los índices de diversidad para el grupo de Ornitofauna en la vegetación de VSa/MKX

CONSULTA PÚBLICA

Grupo de Mastofauna

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el grupo de Mastofauna.

Tabla 15. Comparativa de los índices de diversidad para el grupo de Mastofauna en el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	MASTOFAUNA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	17	12
Margalef (SMg)	3.07	2.38
Shannon-Wiener (H)	2.61	2.25
Diversidad máxima (H max)	2.83	2.48
Equidad de Pielou (J)	0.92	0.91
Berger-Parker	0.1366	0.1881

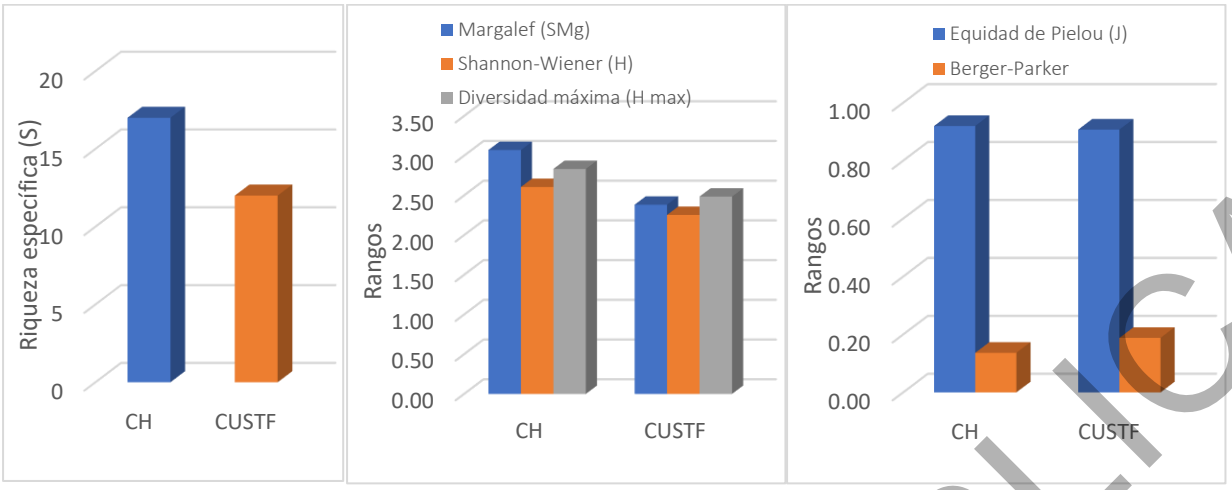
La comunidad de mastofauna presentó diferencias descriptivas entre la Región Ecológica (RE) y Área del Proyecto (AP) en términos de riqueza y diversidad. En la Región Ecológica (RE) se registraron 17 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron 12 especies. Esta diferencia se refleja también en el índice de Margalef, con valores de 3.07 para la Región Ecológica (RE) y 2.38 para el Área del Proyecto (AP), indicando una mayor riqueza específica en la Región Ecológica (RE).

El índice de Shannon-Wiener presentó valores de 2.61 en la Región Ecológica (RE) y 2.25 en el Área del Proyecto (AP), mostrando una diversidad mayor en la Región Ecológica (RE), aunque ambos sitios mantienen una comunidad relativamente diversa. Por su parte, la equidad de Pielou fue elevada y prácticamente similar entre ambos sitios, con valores de 0.92 y 0.91, respectivamente, lo que indica una distribución homogénea de los individuos entre las especies registradas.

El índice de Berger-Parker fue bajo en ambos sitios, con 0.1366 en la Región Ecológica (RE) y 0.1881 en el Área del Proyecto (AP), evidenciando una baja dominancia, aunque ligeramente mayor en Área del Proyecto (AP). En conjunto, la Región Ecológica (RE)presentó mayor riqueza y diversidad, mientras que ambos sitios mantienen una estructura de abundancias relativamente equilibrada.

En términos comparativos, la mastofauna presenta valores elevados de equidad y bajos de dominancia en ambas unidades. Los resultados describen una distribución relativamente homogénea de las abundancias dentro de la riqueza registrada, sin que estos índices, por sí solos, permitan inferir estabilidad funcional de la comunidad.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 9. Representación gráfica de los índices de diversidad para el grupo de Mastofauna en la vegetación de VSa/MKX

Grupo de Herpetofauna

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad para el grupo de Herpetofauna.

Tabla 16. Comparativa de los índices de diversidad para el grupo de Herpetofauna en el tipo de vegetación de VSa/MKX

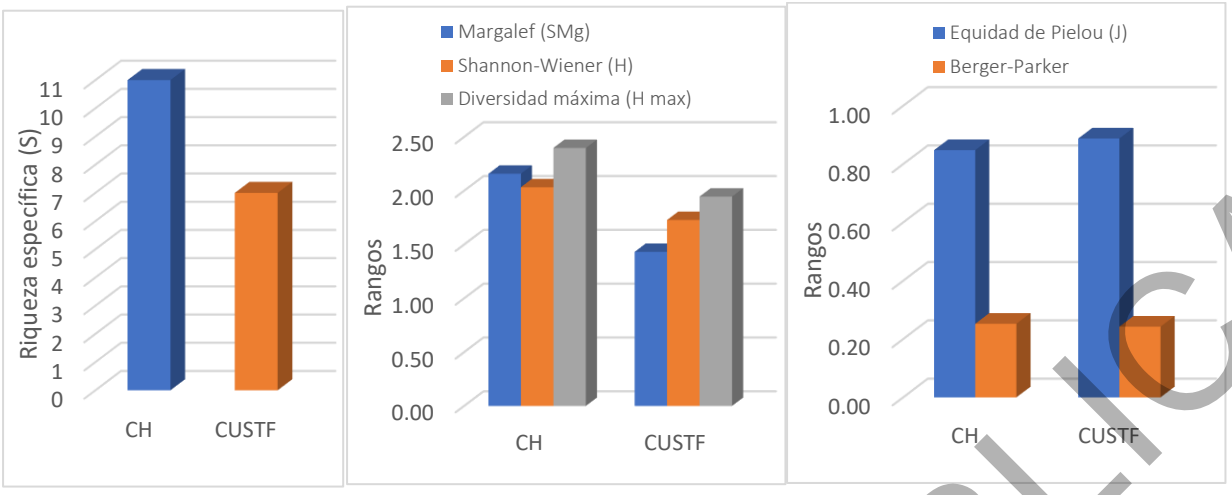
ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	HERPETOFAUNA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	11	7
Margalef (SMg)	2.16	1.43
Shannon-Wiener (H)	2.03	1.73
Diversidad máxima (H max)	2.40	1.95
Equidad de Pielou (J)	0.85	0.89
Berger-Parker	0.2524	0.2424

La comunidad de herpetofauna presentó diferencias descriptivas entre la Región Ecológica (RE) y Área del Proyecto (AP) en términos de riqueza y diversidad. En la Región Ecológica (RE) se registraron 11 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se identificaron 7 especies. Esta diferencia también se refleja en el índice de Margalef, con valores de 2.16 para la Región Ecológica (RE) y 1.43 para el Área del Proyecto (AP), indicando una mayor riqueza específica en la Región Ecológica (RE).

El índice de Shannon-Wiener presentó valores de 2.03 en la Región Ecológica (RE) y 1.73 en el Área del Proyecto (AP), mostrando una diversidad mayor en la Región Ecológica (RE). Por su parte, la equidad de Pielou fue elevada en ambos sitios, con valores de 0.85 para la Región Ecológica (RE) y 0.89 para el Área del Proyecto (AP), lo que indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies.

El índice de Berger-Parker mostró valores de 0.2524 en la Región Ecológica (RE) y 0.2424 en el Área del Proyecto (AP), evidenciando niveles similares de dominancia, ligeramente menores en el Área del Proyecto (AP). En conjunto, la Región Ecológica (RE) presentó mayor riqueza y diversidad, mientras que ambos sitios mostraron una estructura de abundancias relativamente equilibrada.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 10. Representación gráfica de los índices de diversidad para el grupo de Herpetofauna en la vegetación de VSa/MKX

General

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por los diferentes índices de diversidad incluyendo todos los grupos faunísticos.

Tabla 17. Comparativa de los índices de diversidad incluyendo todos los grupos faunísticos para el tipo de vegetación de VSa/MKX

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	GENERAL	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Riqueza específica (S)	92	67
Margalef (SMg)	13.49	10.58
Shannon-Wiener (H)	4.22	3.84
Diversidad máxima (H max)	4.52	4.20
Equidad de Pielou (J)	0.93	0.91
Berger-Parker	0.0564	0.0838

De acuerdo con los resultados obtenidos, ambas áreas de estudio presentan alta riqueza y diversidad faunística, aunque con diferencias en la composición, riqueza específica y patrones de dominancia relativa. Estas variaciones podrían estar relacionadas con diferencias en la heterogeneidad del hábitat, disponibilidad de recursos y conectividad entre los ambientes presentes en cada unidad de análisis.

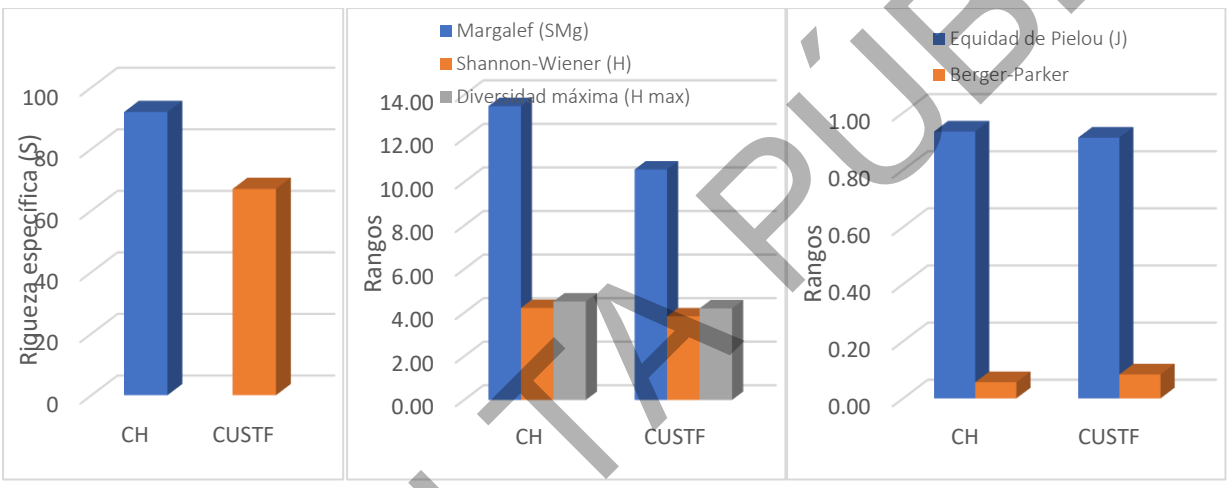
En la Región Ecológica (RE) se registró una abundancia total de 851 individuos distribuidos en 92 especies, condición que se refleja en un índice de Margalef de 13.49, indicativo de una alta riqueza específica. El índice de Shannon-Wiener alcanzó un valor de 4.22, cercano a la diversidad máxima teórica (Hmax = 4.52), mientras que la equidad de Pielou fue de 0.93, evidenciando una distribución homogénea de los individuos entre las especies. Asimismo, el índice de Berger-Parker presentó un valor bajo (0.0564), lo que indica una baja dominancia, siendo *Campylorhynchus brunneicapillus* la especie con mayor abundancia relativa, sin ejercer una dominancia marcada sobre la comunidad.

Por su parte, en el Área del Proyecto (AP) se registraron 513 individuos correspondientes a 67 especies. El índice de Margalef (10.58) también refleja una alta riqueza específica, aunque inferior a la registrada en la

CONSULTA PÚBLICA

Región Ecológica (RE). El índice de Shannon-Wiener fue de 3.84, respecto a una diversidad máxima de 4.20, mientras que la equidad de Pielou alcanzó 0.91, indicando igualmente una distribución relativamente homogénea de las abundancias. El índice de Berger-Parker (0.0838) evidencia una baja dominancia, aunque ligeramente superior a la registrada en la Región Ecológica (RE), siendo también *Campylorhynchus brunneicapillus* la especie con mayor representación relativa.

En términos comparativos, la Región Ecológica (RE) presenta mayor riqueza específica y diversidad, mientras que ambas unidades mantienen valores elevados de equidad y baja dominancia. El Área del Proyecto (AP) presenta una reducción en el número total de especies y valores ligeramente menores de diversidad; sin embargo, conserva una estructura faunística relativamente equilibrada. En conjunto, los resultados muestran que ambas unidades mantienen comunidades faunísticas diversas, siendo la Región Ecológica (RE) la que presenta una mayor riqueza y heterogeneidad en su composición.



Gráfica. 11. Representación gráfica de los índices de diversidad de manera general para la vegetación de VSa/MKX

I.1.2.1.1.1 Comparación del índice de Shannon mediante la prueba t de Hutcheson con el uso del programa PAST 4.03

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la prueba t de Hutcheson aplicada a los índices de Shannon-Wiener de la Región Ecológica (RE) y del Área del Proyecto (AP).

Los resultados de la prueba t de Hutcheson muestran diferencias estadísticamente significativas en la diversidad faunística entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). El valor calculado (Tc = 8.6828) fue superior al valor crítico (Tt = 2.58; α = 0.01), con 1,012.3 grados de libertad, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) de igualdad entre ambos índices.

Tabla 18. Resultados de la comparación del Índice de Shannon mediante la prueba t de Hutcheson para VSa/MKX

Parámetro	GENERAL	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Shannon	4.2244	3.8385
Varianza	0.00066854	0.0013072
Tc	8.6828	
G.L	1012.3	
Tt(α=.01/2)	2.58	

CONSULTA PÚBLICA

Decisión	Se rechaza H0

La Región Ecológica (RE) presentó el mayor índice de diversidad de Shannon (H' = 4.2244), mientras que el Área del Proyecto (AP) registró H' = 3.8385, con una diferencia absoluta de 0.3859 unidades, equivalente a aproximadamente 9.1 % respecto al valor de la Región Ecológica (RE). Esta diferencia es consistente con la mayor riqueza registrada en la Región Ecológica (RE) (92 especies) respecto al Área del Proyecto (AP) (67 especies), así como con los elevados valores de equidad observados en ambas unidades.

En particular, dentro del Área del Proyecto (AP) se registraron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), correspondientes a *Callisaurus draconoides*, bajo la categoría de Amenazada (A), y *Crotalus atrox*, como Sujeta a Protección Especial (Pr).

Por lo anterior, previo y durante las actividades de cambio de uso de suelo se deberán implementar acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con especial atención a las especies bajo categoría de riesgo. Estas medidas permitirán reducir la probabilidad de afectación directa a los individuos presentes, considerando para su aplicación tanto las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) y la Región Ecológica (RE) como aquellas de presencia potencial identificadas mediante la revisión bibliográfica.

I.1.2.2 Diversidad beta

Diversidad beta (β)

- Riqueza
- Especies compartidas
- Especies únicas
- Índice de similitud de Sørensen

I.1.2.2.1 Diversidad beta para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX) de manera general y para cada uno de los grupos faunísticos que lo integran.

Tabla 19. Comparación de similitud de Sørensen entre el Área del Proyecto (AP) y el área de la Región Ecológica (RE) para la vegetación de VSa/MKX

ESTRATO	Región Ecológica (RE)		Área del Proyecto (AP)		ESPECIES COMUNES	SORENSEN
	RIQUEZA	ESPECIES ÚNICAS	RIQUEZA	ESPECIES ÚNICAS		
General	92	25	67	0	67	84.3
Ornitofauna	64	16	48	0	48	85.7
Mastofauna	17	5	12	0	12	82.8
Herpetofauna	11	4	7	0	7	77.8

Especies únicas *(Especies registradas exclusivamente en una de las unidades de análisis durante el muestreo que pudieran estar o están presentes en otro tipo de vegetación)*

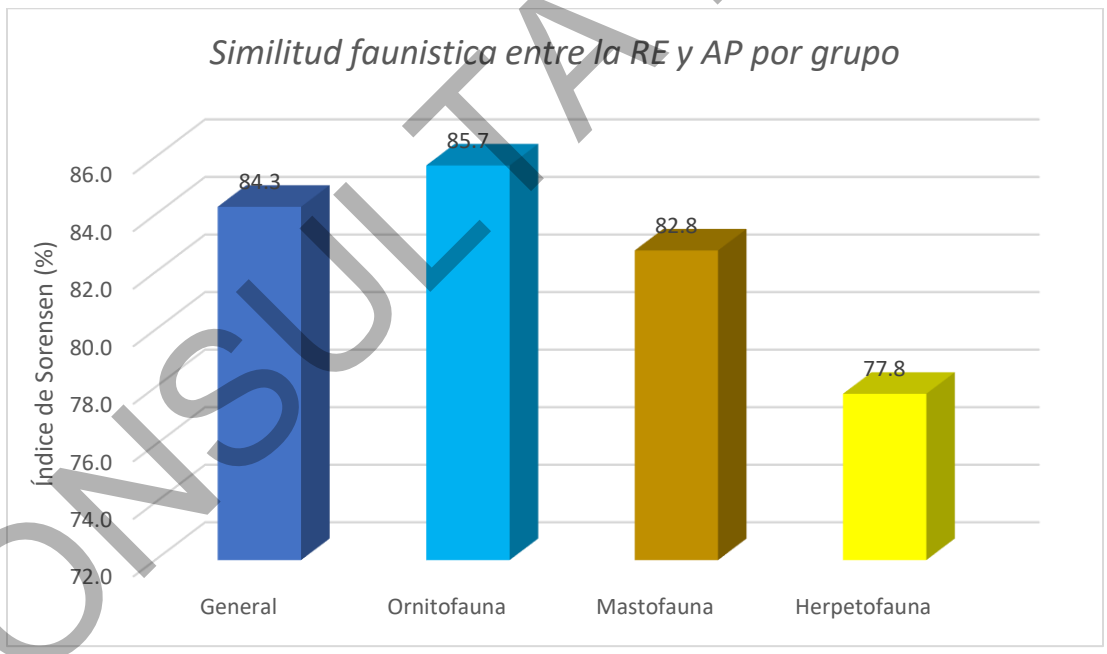
El análisis de diversidad beta entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP) muestra un alto grado de similitud en la composición faunística, aunque con variaciones entre los grupos evaluados.

CONSULTA PÚBLICA

A nivel general, se registraron 92 especies en la Región Ecológica (RE) y 67 en el Área del Proyecto (AP), de las cuales 67 fueron comunes a ambas áreas. La Región Ecológica (RE) presentó 25 especies no registradas en el Área del Proyecto (AP), mientras que este último no presentó especies exclusivas. El índice de Sørensen alcanzó 84.3 %, evidenciando una alta similitud y una importante correspondencia en la composición faunística de ambas unidades.

Para la ornitofauna, se registraron 64 especies en la Región Ecológica (RE) y 48 en el Área del Proyecto (AP), todas las especies del Área del Proyecto (AP) compartidas con la Región Ecológica (RE), obteniéndose un índice de Sørensen de 85.7 %, el valor más alto entre los grupos evaluados. En la mastofauna, se registraron 17 y 12 especies, respectivamente, con 12 especies comunes y una similitud de 82.8 %.

Finalmente, la herpetofauna presentó 11 especies en la Región Ecológica (RE) y 7 en el Área del Proyecto (AP), con las siete especies del Área del Proyecto (AP) también registradas en la Región Ecológica (RE). El índice de Sørensen fue de 77.8 %, siendo el menor de los tres grupos, aunque continúa indicando una similitud elevada. En conjunto, los resultados muestran que la fauna registrada en el Área del Proyecto (AP) constituye principalmente un subconjunto de la composición faunística observada en la Región Ecológica (RE), mientras que la mayor superficie y heterogeneidad de esta última se reflejan en un mayor número de especies registradas.



Gráfica. 12. Representación gráfica del índice de similitud de Sørensen general y para cada uno de los grupos faunísticos en VSa/MKX

En conjunto, los resultados evidencian una alta similitud faunística entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), con valores del índice de Sørensen superiores al 75 % en todos los grupos evaluados. La mayor similitud se presentó en la ornitofauna (85.7 %), seguida del valor general (84.3 %) y la mastofauna (82.8 %); mientras que la herpetofauna registró el valor menor (77.8 %), aunque manteniéndose dentro de un nivel alto de similitud.

CONSULTA PÚBLICA

Estos resultados indican que el Área del Proyecto (AP) alberga una proporción importante de las especies registradas en la Región Ecológica (RE). Asimismo, la ausencia de especies exclusivas en el Área del Proyecto (AP) y la mayor riqueza registrada en la Región Ecológica (RE) muestran que la fauna del Área del Proyecto (AP) constituye, en términos de composición, un subconjunto ampliamente representativo de la comunidad faunística registrada en la Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.3 Comparativa de abundancia relativa para cada grupo faunístico en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Xerófilo (VSa/MKX)

La Región Ecológica (RE) presenta una riqueza total de 92 especies, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se registraron 67 especies.

Grupo de Ornitofauna

El grupo de aves presenta diferencias descriptivas entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP) en riqueza y abundancia relativa. Estas variaciones podrían estar relacionadas con diferencias locales en la estructura del hábitat, disponibilidad de recursos y uso del paisaje, por lo que su interpretación se realiza de manera comparativa y no como evidencia directa de perturbación.

En la Región Ecológica (RE), la mayor contribución corresponde a *Campylorhynchus brunneicapillus*, con una abundancia relativa de 8.5 %, seguida de *Auriparus flaviceps* con 4.6 %, *Melozone fusca* con 4.2 % y *Cardinalis sinuatus* con 4.1 %. Este patrón muestra una comunidad con baja dominancia y una distribución relativamente equilibrada de las abundancias, ya que ninguna especie concentra por sí sola una proporción elevada de los individuos registrados. Asimismo, la Región Ecológica (RE) presenta especies que no fueron registradas en el Área del Proyecto (AP), entre ellas *Buteo jamaicensis*, *Calamospiza melanocorys*, *Calypte costae*, *Chordeiles acutipennis*, *Contopus cooperi*, *Corvus corax*, *Falco sparverius* y *Vireo vicinior*, entre otras, lo que contribuye a su mayor riqueza específica.

En el Área del Proyecto (AP), *Campylorhynchus brunneicapillus* también fue la especie con mayor abundancia relativa, alcanzando 12.4 %, seguida de *Auriparus flaviceps* con 6.1 %, *Melozone fusca* con 5.5 % y *Cardinalis sinuatus* con 5.2 %. Aunque se observa una ligera mayor concentración de individuos en las especies más abundantes respecto a la Región Ecológica (RE), la distribución continúa siendo relativamente homogénea y sin una dominancia marcada.

En términos comparativos, ambas unidades presentan patrones de abundancia semejantes, aunque la Región Ecológica (RE) muestra mayor riqueza y una distribución ligeramente más uniforme, mientras que el Área del Proyecto (AP) presenta una moderada concentración de abundancias en algunas de las especies más frecuentes.

En conjunto, la Región Ecológica (RE) presenta una mayor riqueza de aves y una distribución ligeramente más uniforme de las abundancias. El Área del Proyecto (AP) mantiene una composición ampliamente compartida con la Región Ecológica (RE), aunque con una concentración relativa algo mayor en las especies más frecuentes. Estas diferencias describen la estructura observada durante el muestreo y no permiten, por sí solas, establecer un menor grado de integridad o heterogeneidad ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 20. Listado de comparación de especies del grupo de Ornitofauna para el tipo de vegetación de VSa/MKX

ESPECIES	ABUNDANCIA RELATIVA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Amphispiza bilineata	1.4	1.7
Athene cunicularia	1.4	1.4
Auriparus flaviceps	4.6	6.1
Buteo jamaicensis	2.1	-
Calamospiza melanocorys	1.2	-
Calypte costae	1.1	-
Campylorhynchus brunneicapillus	8.5	12.4
Caracara plancus	1.2	1.4
Cardellina pusilla	0.9	0.9
Cardinalis cardinalis	2.3	2.3
Cardinalis sinuatus	4.1	5.2
Cathartes aura	3.4	4.6
Chondestes grammacus	1.8	2.0
Chordeiles acutipennis	1.2	-
Columbina inca	2.8	4.0
Columbina passerina	0.4	-
Contopus cooperi	1.4	-
Coragyps atratus	0.9	0.9
Corthylio calendula	0.7	0.6
Corvus corax	1.9	-
Cynanthus latirostris	1.1	-
Dryobates scalaris	0.9	0.6
Falco sparverius	0.7	-
Geococcyx californianus	1.9	2.3
Haemorhous mexicanus	3.5	4.3
Icterus bullockii	0.2	0.3
Icterus cucullatus	1.4	1.7
Lanius ludovicianus	1.1	1.2
Melanerpes uropygialis	0.9	0.9
Melozone fusca	4.2	5.5
Mimus polyglottos	0.7	0.6
Molothrus ater	0.7	0.6
Myiarchus cinerascens	1.2	-
Myiarchus tyrannulus	1.8	-
Passer domesticus	1.4	1.4
Passerina versicolor	1.2	1.4
Peucaea carpalis	3.2	4.3
Phainopepla nitens	1.2	1.2
Pheucticus melanocephalus	0.2	-
Pipilo chlorurus	0.5	0.6
Piranga ludoviciana	0.5	0.6
Polioptila caerulea	1.6	2.0
Polioptila melanura	1.2	1.2
Polioptila nigriceps	0.2	0.3
Pooecetes gramineus	0.2	-
Pyrocephalus rubinus	1.6	2.0
Quiscalus mexicanus	1.2	-
Salpinctes obsoletus	1.1	1.2
Sayornis nigricans	0.4	0.3
Sayornis saya	0.9	0.9
Setophaga coronata	0.7	0.6
Spizella atrogularis	0.2	0.3
Spizella breweri	2.8	3.8
Spizella passerina	0.7	0.6
Stelgidopteryx serripennis	0.4	0.3
Streptopelia decaocto	3.2	4.6
Toxostoma bendirei	1.2	1.2
Toxostoma curvirostre	2.8	3.8
Tyrannus melancholicus	1.1	-
Tyrannus verticalis	1.6	1.7
Tyrannus vociferans	0.4	0.3
Vireo vicinior	0.9	-
Zenaida asiatica	3.2	3.8
Zenaida macroura	0.5	0.3
TOTAL	100	100

Grupo de Mastofauna

La mastofauna presenta diferencias descriptivas en composición y abundancia relativa entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP). Debido a que este grupo incluye tanto mamíferos terrestres como quirópteros, la comparación se interpreta de manera conjunta para las especies registradas.

En la Región Ecológica (RE), la mayor abundancia relativa correspondió a *Odocoileus hemionus*, con 13.7 %, seguida de *Lepus alleni* con 12.0 % y *Eptesicus fuscus* con 11.5 %. También presentaron una participación relevante *Myotis yumanensis* y *Tadarida brasiliensis*, ambas con 8.7 %, así como *Myotis velifer* con 8.2 %. En general, las abundancias se distribuyen entre varias especies, sin observarse una dominancia marcada. Asimismo, especies como *Ammospermophilus harrisii*, *Leptonycteris yerbabuenae*, *Myotis velifer*,

CONSULTA PÚBLICA

Otospermophilus variegatus y *Xerospermophilus tereticaudus* fueron registradas únicamente en la Región Ecológica (RE).

En el Área del Proyecto (AP), la especie con mayor abundancia relativa fue *Odocoileus hemionus*, con 18.8 %, seguida de *Tadarida brasiliensis* con 14.9 %, mientras que *Lepus alleni* y *Myotis yumanensis* representaron cada una 12.9 %. *Macrotus californicus* alcanzó 10.9 % y *Pecari tajacu* 8.9 %.

En términos comparativos, el Área del Proyecto (AP) presenta una mayor concentración de individuos en las especies más abundantes, mientras que la Región Ecológica (RE) muestra una distribución ligeramente más uniforme y una mayor riqueza de mamíferos. No obstante, en ambas áreas las abundancias se encuentran repartidas entre varias especies, sin evidenciarse una dominancia excesiva de una sola de ellas.

Tabla 21. Listado de comparación de especies del grupo de Mastofauna para el tipo de vegetación de VSa/MKX

ESPECIES	ABUNDANCIA RELATIVA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Ammospermophilus harrisii	6.0	-
Chaetodipus penicillatus	2.2	3.0
Eptesicus fuscus	11.5	6.9
Leptonycteris yerbabuenae	2.2	-
Lepus alleni	12.0	12.9
Lynx rufus	1.1	1.0
Macrotus californicus	7.1	10.9
Myotis velifer	8.2	-
Myotis yumanensis	8.7	12.9
Odocoileus hemionus	13.7	18.8
Otospermophilus variegatus	4.4	-
Pecari tajacu	5.5	8.9
Procyon lotor	3.3	4.0
Sylvilagus audubonii	1.6	3.0
Tadarida brasiliensis	8.7	14.9
Urocyon cinereoargenteus	1.6	3.0
Xerospermophilus tereticaudus	2.2	-
TOTAL	**100**	**100**

Grupo de Herpetofauna

El grupo de reptiles y anfibios muestra diferencias claras en la dominancia y composición entre ambos sitios.

En la Región Ecológica (RE), la mayor abundancia relativa correspondió a *Ctenosaura macrolopha*, con 25.2 %, seguida de *Urosaurus ornatus* con 17.5 %, *Callisaurus draconoides* con 15.5 % y *Sceloporus clarkii* con 12.6 %. También destacó *Aspidoscelis tigris* con 9.7 %. En conjunto, estas especies concentran la mayor parte de los registros, aunque la comunidad mantiene representación de otras especies con abundancias menores.

En el Área del Proyecto (AP), *Ctenosaura macrolopha* también presentó la mayor abundancia relativa, con 24.2 %, seguida de *Urosaurus ornatus* con 21.2 %, *Callisaurus draconoides* con 19.7 % y *Sceloporus clarkii* con 18.2 %. En este caso, la abundancia se concentra de manera más marcada en estas cuatro especies.

CONSULTA PÚBLICA

En términos comparativos, la Región Ecológica (RE) presenta una mayor riqueza y una distribución ligeramente más amplia de las abundancias, mientras que en el Área del Proyecto (AP) se observa una mayor concentración en las especies más frecuentes. Además, *Aspidoscelis sonorae*, *Gopherus morafkai*, *Holbrookia elegans* y *Masticophis flagellum* fueron registradas únicamente en la Región Ecológica (RE).

Tabla 22. Listado de comparación de especies del grupo de Herpetofauna para el tipo de vegetación de VSa/MKX

ESPECIES	ABUNDANCIA RELATIVA	
	Región Ecológica (RE)	Área del Proyecto (AP)
Aspidoscelis sonorae	2.9	-
Aspidoscelis tigris	9.7	12.1
Callisaurus draconoides	15.5	19.7
Crotalus atrox	1.9	1.5
Ctenosaura macrolopha	25.2	24.2
Gopherus morafkai	1.0	-
Holbrookia elegans	9.7	-
Masticophis flagellum	1.9	-
Phrynosoma solare	1.9	3.0
Sceloporus clarkii	12.6	18.2
Urosaurus ornatus	17.5	21.2
TOTAL	100	100

En síntesis, la Región Ecológica (RE) presenta una mayor riqueza y diversidad faunística respecto al Área del Proyecto (AP), así como un mayor número de especies registradas exclusivamente en esta unidad de análisis. No obstante, ambas áreas mantienen valores elevados de equidad y bajos niveles de dominancia, lo que indica una distribución relativamente equilibrada de las abundancias.

La composición registrada en el Área del Proyecto (AP) corresponde principalmente a un subconjunto de la fauna presente en la Región Ecológica (RE), situación consistente con su menor superficie y riqueza específica. Si bien el Área del Proyecto (AP) presenta valores ligeramente inferiores de diversidad y una mayor concentración relativa de algunas especies, los resultados disponibles no permiten atribuir por sí solos estas diferencias a un mayor grado de perturbación. En conjunto, ambas unidades mantienen una composición faunística ampliamente similar, mientras que la Región Ecológica (RE) conserva una mayor riqueza y heterogeneidad en su composición.

CONSULTA PÚBLICA

I.2 REFERENCIAS

Baselga, A., & Gómez-Rodríguez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? Nova Acta Científica Compostelana (Bioloxía), 26, 39-45.

Bazzaz, F. A. (1979). The physiological ecology of plant succession. Annual Review of Ecology and Systematics, 10, 351-371. https://doi.org/10.1146/annurev.es.10.110179.002031

Berger, W. H., & Parker, F. L. (1970). Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. Science, 168(3937), 1345-1347. https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Texto vigente, artículo 93.

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology, 32(3), 476-496. https://doi.org/10.2307/1931725

Finegan, B. (1984). Forest succession. Nature, 312, 109-114. https://doi.org/10.1038/312109a0
Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Forest Ecology and Management, 148(1-3), 185-206. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00535-1

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1), 1-9.

Hutcheson, K. (1970). A test for comparing diversities based on the Shannon formula. Journal of Theoretical Biology, 29(1), 151-154. https://doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4

Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. General Systems, 3, 36-71.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa.

Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, 13, 131-144. https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación, 14 de noviembre de 2019.

CONSULTA PÚBLICA

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Fe de erratas a la Modificación del Anexo Normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación, 4 de marzo de 2020.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press.

Sørensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter, 5, 1-34.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 24

MEMORIA DE CÁLCULO Y ANÁLISIS DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE FAUNA

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I ANÁLISIS DE DIVERSIDAD DE LA FAUNA 1
I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 1
I.1.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD DE FAUNA 1
I.1.1.1 METODOLOGÍA 1
I.1.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS 3
I.1.2 RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD 15
I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP) 16
I.2.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD DE FAUNA 16
I.2.1.1 METODOLOGÍA 16
I.2.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS 18
I.2.2 RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD ENTRE LOS GRUPOS FAUNÍSTICOS EVALUADOS 30
I.2.2.1 USO ACTUAL QUE SUFRE LA FAUNA SILVESTRE 32

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. REGISTROS DE ORNITOFAUNA PARA EL ÁREA DE LA RE 3
TABLA 2. DATOS DEL CÁLCULO PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ORNITOFAUNA PARA EL ÁREA DE LA RE 7
TABLA 3. REGISTROS DE MASTOFAUNA PARA LA RE 9
TABLA 4. DATOS PARA EL CÁLCULO DE ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MASTOFAUNA PARA LA RE 11
TABLA 5. REGISTROS DE HERPETOFAUNA PARA LA RE 12
TABLA 6. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA PARA LA RE 14
TABLA 7. RIQUEZA DE ESPECIES POR GRUPO FAUNÍSTICO PARA LA RE EN VSA/MKX 15
TABLA 8. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS DE FAUNA POR TIPO DE VEGETACIÓN EN LA RE 15
TABLA 9. REGISTROS DE ORNITOFAUNA PARA EL AP 19
TABLA 10. DATOS DEL CÁLCULO PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ORNITOFAUNA PARA EL AP 22
TABLA 11. REGISTROS DE MASTOFAUNA PARA EL AP 24
TABLA 12. DATOS PARA EL CÁLCULO DE ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MASTOFAUNA PARA EL AP 26
TABLA 13. REGISTROS DE HERPETOFAUNA PARA EL AP 27
TABLA 14. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE HERPETOFAUNA PARA EL AP 29
TABLA 15. RIQUEZA DE ESPECIES POR GRUPO FAUNÍSTICO PARA EL AP EN VSA/MKX 30
TABLA 16. RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LOS GRUPOS FAUNÍSTICOS 30
TABLA 17. USOS QUE SE LE DA A LA FAUNA SILVESTRE EN VSA/MKX 32

CONSULTA PÚBLICA

I ANÁLISIS DE DIVERSIDAD DE LA FAUNA

I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

I.1.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD DE FAUNA

I.1.1.1 Metodología

1) Riqueza específica

Es la forma más sencilla de medir la diversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas.

2) Densidad

Para el cálculo de la densidad de fauna silvestre se utilizó la siguiente formula, propuesta por Gallina y López, 2011:

$$\boldsymbol{D = \frac{n}{2wL}}$$

Donde:

D = Densidad
W = Ancho medio del transecto
L = Longitud total del transecto

1) Índice de Margalef

El índice de Margalef se considera uno de los índices más simples para poder medir la riqueza de especies, este índice se basa en el número total de especies con relación al total de individuos observados, el resultado nos expresa la alta o baja diversidad que el ecosistema presenta (Moreno, 2001).

$$\boldsymbol{D_{Mg} = \frac{S-1}{ln\,(N)}}$$

Dónde:

DMg = índice de riqueza de Margalef.
S = número de especies.
N = número total de individuos.

De acuerdo con Campo y Duval en el 2014, una comunidad o área ecológica integra una baja diversidad cuando los valores obtenidos mediante este índice tienden ser inferiores a 2, una diversidad media cuando los valores corresponden de 2 a 5, y una alta diversidad si los valores son superiores a 5.

CONSULTA PÚBLICA

2) Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener es el más utilizado en ecología para el análisis de comunidades, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (House P., *et. al*. 2006). Este índice nos da como resultado la diversidad existente para una determinada área de estudio, es decir, entre mayor sea el grado de incertidumbre mayor será la diversidad.

$$\boldsymbol{H = -\sum p_i ln(p_i)}$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-Wiener.
Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
LnPi= logaritmo natural de Pi.

El Índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S (Riqueza específica), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. (Magurran, 1988). El Índice de Shannon-Wiener nos describe un parámetro de 0 a 5 donde 0 (Cero o nulo) refiere que dos individuos en el sitio pertenecen todos a la misma especie, de 0 a 2 refiere que la muestra obtiene una diversidad baja, valores entre 2 a 3 refiere una diversidad media y valores mayores a 3 describe una diversidad alta.

3) Diversidad Máxima

El máximo valor de este índice para un número determinado de especies se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Hmax = ln(S)}$$

4) Equitatividad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{J = \frac{H'}{ln(S)}}$$

Donde:

J= Equitatividad de Pielou.
H = Índice de diversidad de Shannon.
Ln (S)= Logaritmo natural del número de especies (o riqueza).

Los rangos para medir la significancia de este índice se basan entre 0-1, una baja equidad (heterogéneo) cuando el índice adquiere valores de 0 a 0.35, una equidad media al comprender valores de 0.36 a 0.70, y una alta equidad (Homogéneo) cuando el valor obtenido es mayor a 0.71, (Aguirre, 2013).

CONSULTA PÚBLICA

5) Índice de Berger-Parker

Este índice nos expresa la proporción que representa la especie más dominante, en relación con el resto de las especies, este índice adolece de un bajo poder discriminante, es poco sensible al tamaño muestral y cuanto más alto es su valor, menor equitatividad presentará la muestra analizada, (Magurran, 1988).

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde:

d = Índice de Berger-Parker
N_{max} = Número de individuos de la especie más dominante.
N = Número de individuos de toda la muestra.

I.1.1.2 Resultados y análisis

De acuerdo con la información recabada en campo, a continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada grupo faunístico y para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), en la RE, calculando posteriormente los índices de diversidad alfa.

* Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

Durante el muestreo de fauna silvestre realizado en la Región Ecológica (RE) se registraron 92 especies: 64 aves, 17 mamíferos y 11 reptiles. Predominaron las especies nativas, con 90 registros (97.8 %), y se identificaron dos especies exóticas-invasoras. Conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III vigente (DOF, 14-11-2019), se registraron tres especies en categoría de riesgo: *Leptonycteris yerbabuenae* y *Crotalus atrox*, como Sujetas a Protección Especial (Pr), y *Callisaurus draconoides*, como Amenazada (A).

A continuación, se presentan los resultados de los índices de diversidad para cada uno de los grupos faunísticos.

a) Grupo de ORNITOFAUNA

Índice de diversidad

En la siguiente tabla se presenta la riqueza y abundancia de especies de aves registradas en los puntos de conteo establecidos a lo largo de los transectos de fauna realizados en la Región Ecológica (RE). Durante el muestreo se contabilizaron un total de 565 individuos, correspondientes a 64 especies, de las cuales ninguna se encuentra incluida bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).

Tabla 1. Registros de Ornitofauna para el área de la RE

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	8	133.3	1.3	1.4
2	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	8	133.3	1.3	1.4
3	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	26	433.3	4.3	4.6

CONSULTA PÚBLICA

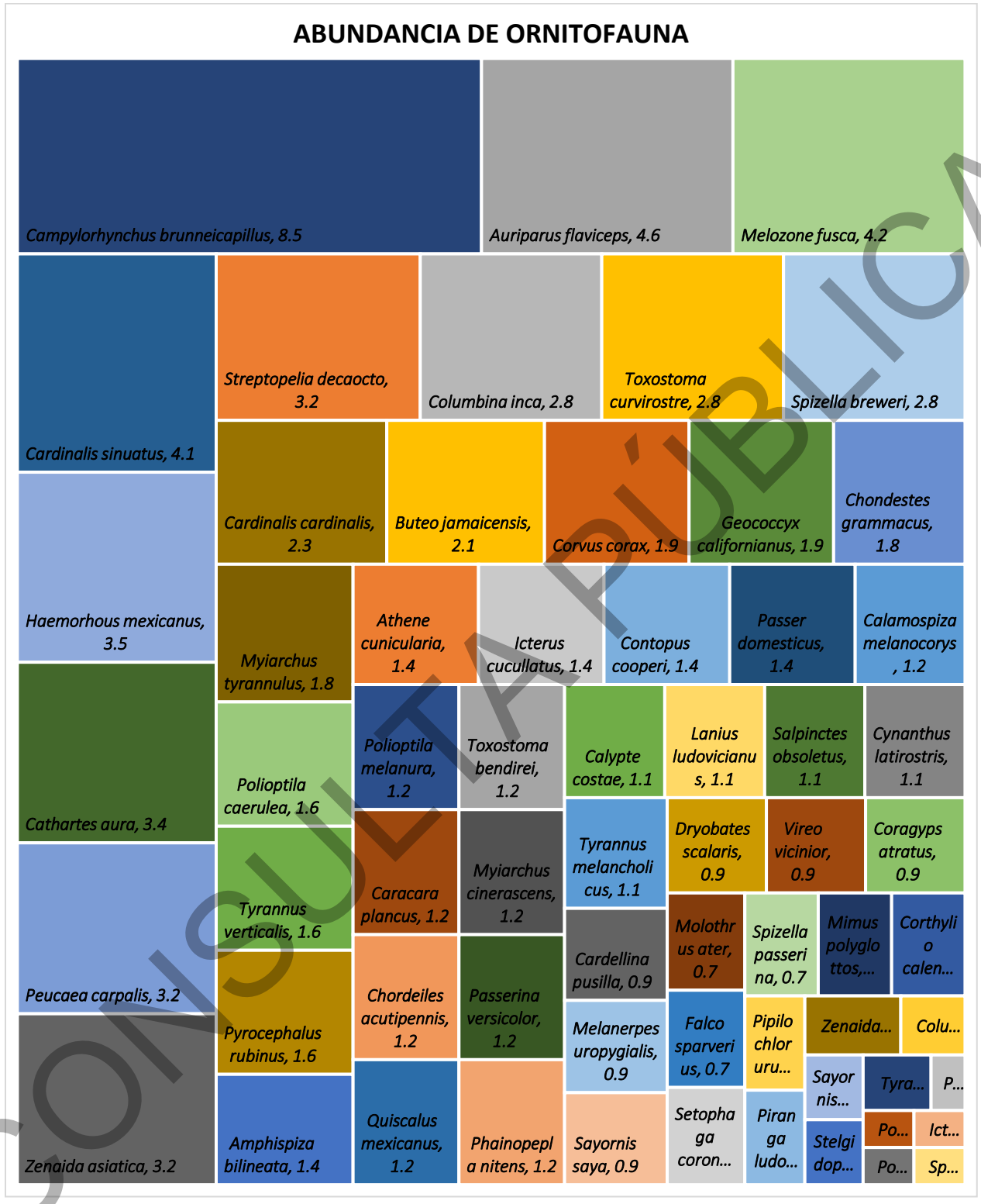
N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
4	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	12	200.0	2.0	2.1
5	*Calamospiza melanocorys*	Gorrión Alas Blancas	7	116.7	1.2	1.2
6	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	6	100.0	1.0	1.1
7	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	48	800.0	8.0	8.5
8	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	7	116.7	1.2	1.2
9	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	5	83.3	0.8	0.9
10	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	13	216.7	2.2	2.3
11	*Cardinalis sinuatus*	Cardenal Desértico	23	383.3	3.8	4.1
12	*Cathartes aura*	Zopilote aura	19	316.7	3.2	3.4
13	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	10	166.7	1.7	1.8
14	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	7	116.7	1.2	1.2
15	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	16	266.7	2.7	2.8
16	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	2	33.3	0.3	0.4
17	*Contopus cooperi*	Papamoscas Boreal	8	133.3	1.3	1.4
18	*Coragyps atratus*	Zopilote común	5	83.3	0.8	0.9
19	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	4	66.7	0.7	0.7
20	*Corvus corax*	Cuervo Común	11	183.3	1.8	1.9
21	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	6	100.0	1.0	1.1
22	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	5	83.3	0.8	0.9
23	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	4	66.7	0.7	0.7
24	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	11	183.3	1.8	1.9
25	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	20	333.3	3.3	3.5
26	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	1	16.7	0.2	0.2
27	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	8	133.3	1.3	1.4
28	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	6	100.0	1.0	1.1
29	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	5	83.3	0.8	0.9
30	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	24	400.0	4.0	4.2
31	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	4	66.7	0.7	0.7
32	*Molothrus ater*	Tordo cabeza café	4	66.7	0.7	0.7
33	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	7	116.7	1.2	1.2
34	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas Gritón	10	166.7	1.7	1.8
35	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	8	133.3	1.3	1.4
36	*Passerina versicolor*	Colorín morado	7	116.7	1.2	1.2
37	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	18	300.0	3.0	3.2
38	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	7	116.7	1.2	1.2
39	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo tigrillo	1	16.7	0.2	0.2
40	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	3	50.0	0.5	0.5
41	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	3	50.0	0.5	0.5
42	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	9	150.0	1.5	1.6
43	*Polioptila melanura*	Perlita del desierto	7	116.7	1.2	1.2
44	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	1	16.7	0.2	0.2
45	*Pooecetes gramineus*	Gorrión cola blanca	1	16.7	0.2	0.2
46	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	9	150.0	1.5	1.6
47	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	7	116.7	1.2	1.2
48	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	6	100.0	1.0	1.1
49	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	2	33.3	0.3	0.4
50	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	5	83.3	0.8	0.9
51	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	4	66.7	0.7	0.7
52	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	1	16.7	0.2	0.2
53	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	16	266.7	2.7	2.8
54	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	4	66.7	0.7	0.7
55	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	2	33.3	0.3	0.4
56	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	18	300.0	3.0	3.2
57	*Toxostoma bendirei*	Cuicacoche pico corto	7	116.7	1.2	1.2
58	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	16	266.7	2.7	2.8
59	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	6	100.0	1.0	1.1

CONSULTA PÚBLICA

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
60	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	9	150.0	1.5	1.6
61	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	2	33.3	0.3	0.4
62	*Vireo vicinior*	Vireo gris	5	83.3	0.8	0.9
63	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	18	300.0	3.0	3.2
64	*Zenaida macroura*	Huilota Común	3	50.0	0.5	0.5
TOTAL			**565**	**9,416.7**	**94.2**	**100**

Para una representación más clara de la abundancia relativa de dichas especies, a continuación, se muestra una gráfica de los individuos observados durante el recorrido.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 1. Abundancia registrada de Ornitofauna para la RE

De acuerdo con los resultados de abundancia, la especie con mayor representación fue *Campylorhynchus brunneicapillus* (matraca del desierto), con 48 individuos, equivalentes al 8.5 % del total registrado. Le siguieron *Auriparus flaviceps* (baloncillo), con 26 individuos y 4.6 %; *Melozone fusca* (rascador viejita), con 24 individuos y 4.2 %; y *Cardinalis sinuatus* (cardenal desértico), con 23 individuos y 4.1 %. En conjunto, estas cuatro especies

CONSULTA PÚBLICA

representan aproximadamente el 21.4 % de los individuos observados, por lo que no se aprecia una dominancia marcada de una sola especie dentro de la comunidad avifaunística.

En un nivel intermedio de abundancia se registraron *Haemorhous mexicanus*, con 20 individuos (3.5 %); *Cathartes aura*, con 19 individuos (3.4 %); así como *Peucaea carpalis*, *Streptopelia decaocto* y *Zenaida asiatica*, con 18 individuos cada una (3.2 %). El resto de las especies presentó abundancias relativas inferiores al 3 %, incluyendo varias representadas por uno o pocos individuos.

En conjunto, los resultados muestran una comunidad de aves con alta riqueza específica y una distribución relativamente equilibrada de las abundancias, sin una concentración excesiva de individuos en unas cuantas especies. Asimismo, se registraron dos especies exóticas-invasoras, *Passer domesticus* y *Streptopelia decaocto*, cuya presencia deberá considerarse dentro de la interpretación general de la composición faunística de la RE.

Para la determinación del índice de diversidad para este grupo faunístico se tomó en cuenta la densidad por hectárea, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 2. Datos del cálculo para el índice de diversidad de Ornitofauna para el área de la RE

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Amphispiza bilineata*	133.3	0.014	-4.257	0.1
2	*Athene cunicularia*	133.3	0.014	-4.257	0.1
3	*Auriparus flaviceps*	433.3	0.046	-3.079	0.1
4	*Buteo jamaicensis*	200.0	0.021	-3.852	0.1
5	*Calamospiza melanocorys*	116.7	0.012	-4.391	0.1
6	*Calypte costae*	100.0	0.011	-4.545	0.0
7	*Campylorhynchus brunneicapillus*	800.0	0.085	-2.466	0.2
8	*Caracara plancus*	116.7	0.012	-4.391	0.1
9	*Cardellina pusilla*	83.3	0.009	-4.727	0.0
10	*Cardinalis cardinalis*	216.7	0.023	-3.772	0.1
11	*Cardinalis sinuatus*	383.3	0.041	-3.201	0.1
12	*Cathartes aura*	316.7	0.034	-3.392	0.1
13	*Chondestes grammacus*	166.7	0.018	-4.034	0.1
14	*Chordeiles acutipennis*	116.7	0.012	-4.391	0.1
15	*Columbina inca*	266.7	0.028	-3.564	0.1
16	*Columbina passerina*	33.3	0.004	-5.644	0.0
17	*Contopus cooperi*	133.3	0.014	-4.257	0.1
18	*Coragyps atratus*	83.3	0.009	-4.727	0.0
19	*Corthylio calendula*	66.7	0.007	-4.951	0.0
20	*Corvus corax*	183.3	0.019	-3.939	0.1
21	*Cynanthus latirostris*	100.0	0.011	-4.545	0.0
22	*Dryobates scalaris*	83.3	0.009	-4.727	0.0
23	*Falco sparverius*	66.7	0.007	-4.951	0.0
24	*Geococcyx californianus*	183.3	0.019	-3.939	0.1
25	*Haemorhous mexicanus*	333.3	0.035	-3.341	0.1
26	*Icterus bullockii*	16.7	0.002	-6.337	0.0
27	*Icterus cucullatus*	133.3	0.014	-4.257	0.1
28	*Lanius ludovicianus*	100.0	0.011	-4.545	0.0
29	*Melanerpes uropygialis*	83.3	0.009	-4.727	0.0
30	*Melozone fusca*	400.0	0.042	-3.159	0.1
31	*Mimus polyglottos*	66.7	0.007	-4.951	0.0
32	*Molothrus ater*	66.7	0.007	-4.951	0.0
33	*Myiarchus cinerascens*	116.7	0.012	-4.391	0.1
34	*Myiarchus tyrannulus*	166.7	0.018	-4.034	0.1
35	*Passer domesticus*	133.3	0.014	-4.257	0.1

CONSULTA PÚBLICA

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
36	*Passerina versicolor*	116.7	0.012	-4.391	0.1
37	*Peucaea carpalis*	300.0	0.032	-3.446	0.1
38	*Phainopepla nitens*	116.7	0.012	-4.391	0.1
39	*Pheucticus melanocephalus*	16.7	0.002	-6.337	0.0
40	*Pipilo chlorurus*	50.0	0.005	-5.238	0.0
41	*Piranga ludoviciana*	50.0	0.005	-5.238	0.0
42	*Polioptila caerulea*	150.0	0.016	-4.140	0.1
43	*Polioptila melanura*	116.7	0.012	-4.391	0.1
44	*Polioptila nigriceps*	16.7	0.002	-6.337	0.0
45	*Pooecetes gramineus*	16.7	0.002	-6.337	0.0
46	*Pyrocephalus rubinus*	150.0	0.016	-4.140	0.1
47	*Quiscalus mexicanus*	116.7	0.012	-4.391	0.1
48	*Salpinctes obsoletus*	100.0	0.011	-4.545	0.0
49	*Sayornis nigricans*	33.3	0.004	-5.644	0.0
50	*Sayornis saya*	83.3	0.009	-4.727	0.0
51	*Setophaga coronata*	66.7	0.007	-4.951	0.0
52	*Spizella atrogularis*	16.7	0.002	-6.337	0.0
53	*Spizella breweri*	266.7	0.028	-3.564	0.1
54	*Spizella passerina*	66.7	0.007	-4.951	0.0
55	*Stelgidopteryx serripennis*	33.3	0.004	-5.644	0.0
56	*Streptopelia decaocto*	300.0	0.032	-3.446	0.1
57	*Toxostoma bendirei*	116.7	0.012	-4.391	0.1
58	*Toxostoma curvirostre*	266.7	0.028	-3.564	0.1
59	*Tyrannus melancholicus*	100.0	0.011	-4.545	0.0
60	*Tyrannus verticalis*	150.0	0.016	-4.140	0.1
61	*Tyrannus vociferans*	33.3	0.004	-5.644	0.0
62	*Vireo vicinior*	83.3	0.009	-4.727	0.0
63	*Zenaida asiatica*	300.0	0.032	-3.446	0.1
64	*Zenaida macroura*	50.0	0.005	-5.238	0.0
Índice de shannon - Wiener		**9,417**			**3.9**

Riqueza específica (S)	**64**
Índice de Margalef (SMg)	**9.94**
Índice de Shannon -Wiener (H)	**3.86**
Diversidad máxima (H max)	**4.16**
Equidad de Pielou (J)	**0.93**
Índice de Berger-Parker	**0.08**

La comunidad de ornitofauna registrada en la RE presentó una riqueza específica de 64 especies, lo que evidencia una composición amplia dentro del área evaluada. El índice de Margalef (SMg = 9.94), calculado con base en los 565 individuos efectivamente registrados, indica una alta riqueza específica, mientras que el índice de Shannon-Wiener (H' = 3.86) refleja una alta diversidad. La diversidad máxima estimada fue de Hmax = 4.16 y la equidad de Pielou alcanzó J = 0.93, lo que indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies y una baja concentración de abundancias.

Esta condición se confirma mediante el índice de Berger-Parker (0.08), cuyo bajo valor evidencia una escasa dominancia dentro de la comunidad. La especie con mayor representación fue *Campylorhynchus brunneicapillus*, con aproximadamente 8.5 % de la abundancia total, porcentaje insuficiente para considerar una dominancia marcada.

En conjunto, los resultados muestran que la ornitofauna de la RE presenta alta riqueza, diversidad y equidad, con una estructura comunitaria relativamente equilibrada y sin predominio acentuado de una sola especie dentro de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

CONSULTA PÚBLICA

b) Grupo de MASTOFAUNA

Índice de diversidad

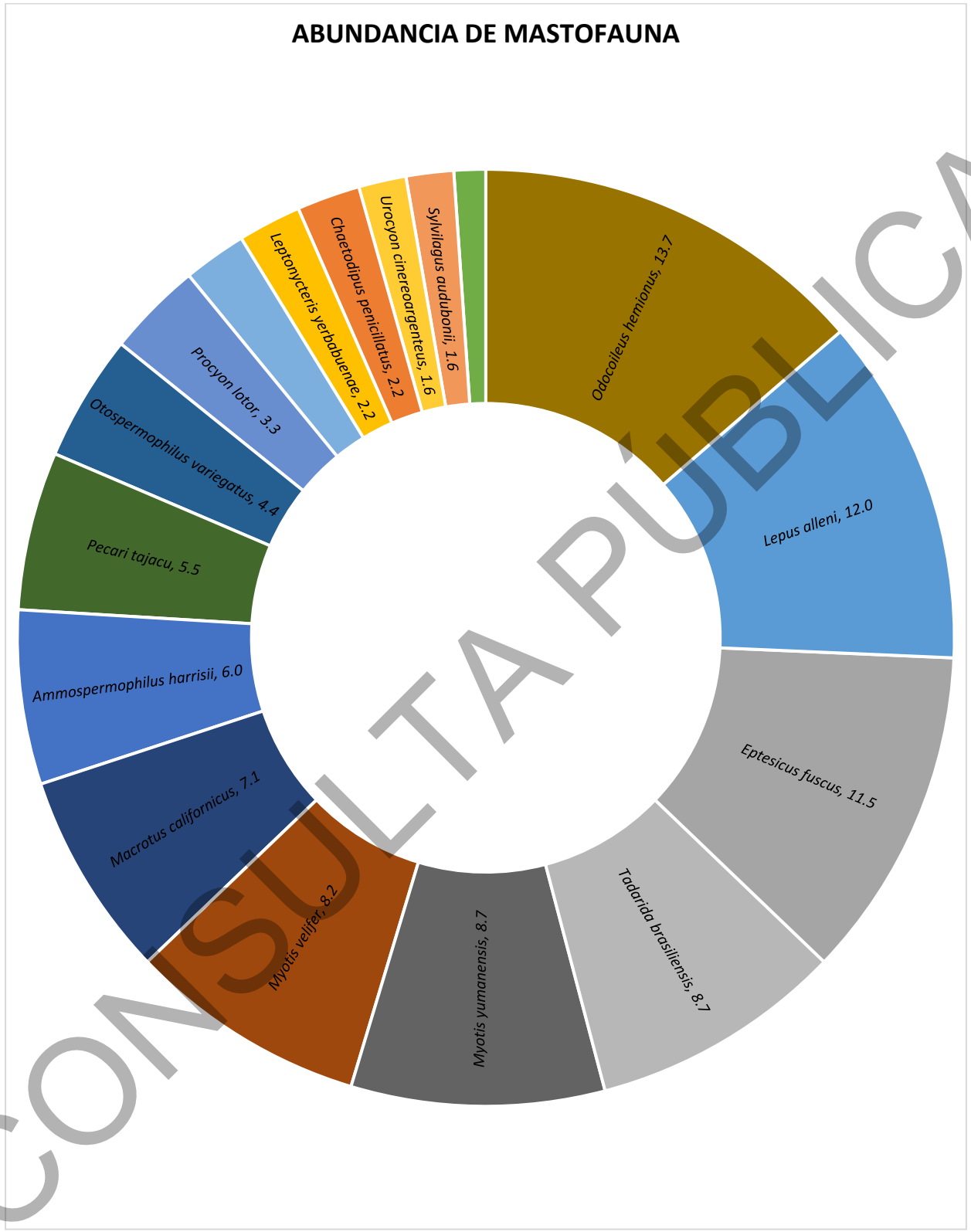
En la tabla siguiente se presenta la riqueza y abundancia de especies correspondiente al grupo de mamíferos registrados en la Región Ecológica (RE). Durante el muestreo se contabilizaron un total de 183 individuos, representados por 17 especies. De las especies registradas, *Leptonycteris yerbabuenae* (murciélago magueyero menor) se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr). Con base en la información recabada en campo, a continuación, se presentan los resultados de abundancia y biodiversidad correspondientes a la mastofauna.

Tabla 3. Registros de mastofauna para la RE

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope de Sonora	11	183.3	1.8	6.0
2	*Chaetodipus penicillatus*	Ratón de abazones desértico	4	66.7	0.7	2.2
3	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	21	350.0	3.5	11.5
4	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	4	66.7	0.7	2.2
5	*Lepus alleni*	Liebre antílope	22	366.7	3.7	12.0
6	*Lynx rufus*	Lince Americano	2	33.3	0.3	1.1
7	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	13	216.7	2.2	7.1
8	*Myotis velifer*	Miotis mexicano	15	250.0	2.5	8.2
9	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	16	266.7	2.7	8.7
10	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	25	416.7	4.2	13.7
11	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de roca	8	133.3	1.3	4.4
12	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	10	166.7	1.7	5.5
13	*Procyon lotor*	Mapache	6	100.0	1.0	3.3
14	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	3	50.0	0.5	1.6
15	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	16	266.7	2.7	8.7
16	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	3	50.0	0.5	1.6
17	*Xerospermophilus tereticaudus*	Ardillón cola redonda	4	66.7	0.7	2.2
Total			**183**	**3,050.0**	**30.5**	**100**

A continuación, se presenta una gráfica con la abundancia relativa de los individuos muestreados, para una mejor interpretación de los resultados obtenidos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 2. Abundancia de Mastofauna registrada en la RE

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la tabla de abundancia, se registró una densidad acumulada de 3,050 individuos/km², equivalente a 30.5 individuos/ha. La especie más abundante fue *Odocoileus hemionus* (venado bura), con 25 individuos y 13.7 %, seguida de *Lepus alleni* (liebre antílope), con 22 individuos y 12.0 %, y *Eptesicus fuscus* (murciélago moreno norteamericano), con 21 individuos y 11.5 %.

También destacaron *Myotis yumanensis* y *Tadarida brasiliensis*, con 16 individuos cada una (8.7 %), y *Myotis velifer*, con 15 individuos (8.2 %). Las especies con menor representación fueron *Lynx rufus*, con 2 individuos (1.1 %), y *Sylvilagus audubonii* y *Urocyon cinereoargenteus*, con 3 individuos cada una (1.6 %). En general, las abundancias se distribuyeron entre varias especies, sin observarse una dominancia marcada.

En conjunto, este patrón indica una comunidad mastofaunística típica de zonas desérticas, donde predominan especies adaptadas a condiciones secas y abiertas, con una estructura de abundancia moderadamente concentrada en lagomorfos y roedores, mientras que el resto de las especies presenta una representación menor dentro del área evaluada.

Tabla 4. Datos para el cálculo de índice de diversidad de mastofauna para la RE

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km²)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Ammospermophilus harrisii*	183.3	0.060	-2.812	0.2
2	*Chaetodipus penicillatus*	66.7	0.022	-3.823	0.1
3	*Eptesicus fuscus*	350.0	0.115	-2.165	0.2
4	*Leptonycteris yerbabuenae*	66.7	0.022	-3.823	0.1
5	*Lepus alleni*	366.7	0.120	-2.118	0.3
6	*Lynx rufus*	33.3	0.011	-4.516	0.0
7	*Macrotus californicus*	216.7	0.071	-2.645	0.2
8	*Myotis velifer*	250.0	0.082	-2.501	0.2
9	*Myotis yumanensis*	266.7	0.087	-2.437	0.2
10	*Odocoileus hemionus*	416.7	0.137	-1.991	0.3
11	*Otospermophilus variegatus*	133.3	0.044	-3.130	0.1
12	*Pecari tajacu*	166.7	0.055	-2.907	0.2
13	*Procyon lotor*	100.0	0.033	-3.418	0.1
14	*Sylvilagus audubonii*	50.0	0.016	-4.111	0.1
15	*Tadarida brasiliensis*	266.7	0.087	-2.437	0.2
16	*Urocyon cinereoargenteus*	50.0	0.016	-4.111	0.1
17	*Xerospermophilus tereticaudus*	66.7	0.022	-3.823	0.1
Índice de shannon - Wiener		**3,050.0**			**2.6**
			Riqueza específica (S)		**17**
			Índice de Margalef (SMg)		**3.07**
			Índice de Shannon-Wiener (H)		**2.61**
			Diversidad máxima (H max)		**2.83**
			Equidad de Pielou (J)		**0.92**
			Índice de Berger-Parker		**0.14**

La comunidad de mastofauna registrada en la RE presentó una riqueza específica de 17 especies. El índice de Margalef (SMg = 3.07), calculado con base en los 183 individuos registrados, corresponde a una riqueza media de acuerdo con los rangos metodológicos adoptados, mientras que el índice de Shannon-Wiener (H' = 2.61) refleja una diversidad relativamente alta considerando el número de especies registradas. La diversidad máxima

CONSULTA PÚBLICA

calculada fue de Hmax = 2.83 y la equidad de Pielou alcanzó J = 0.92, evidenciando una distribución homogénea de los individuos entre las especies.

Esta condición se confirma mediante el índice de Berger-Parker (0.14), cuyo valor indica una baja dominancia dentro de la comunidad. La especie con mayor representación fue *Odocoileus hemionus* (venado bura), con 13.7 % de la abundancia total, seguida de *Lepus alleni* (12.0 %) y *Eptesicus fuscus* (11.5 %), sin que alguna concentre una proporción dominante de los registros.

En conjunto, los resultados indican que la mastofauna de la RE presenta una comunidad diversa, con alta equidad y baja dominancia, cuya abundancia se encuentra distribuida entre varias especies.

c) Grupo de HERPETOFAUNA

Índice de diversidad

En la tabla siguiente se presenta la riqueza y abundancia de especies correspondientes al grupo de herpetofauna registrado en la Región Ecológica (RE). Durante el muestreo se contabilizaron 103 individuos, representados por 11 especies de reptiles, con una densidad acumulada de 1,716.7 individuos/km², equivalente a 17.2 individuos/ha. De las especies registradas, *Callisaurus draconoides* se encuentra catalogada como Amenazada (A) y *Crotalus atrox* como Sujeta a Protección Especial (Pr) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III vigente.

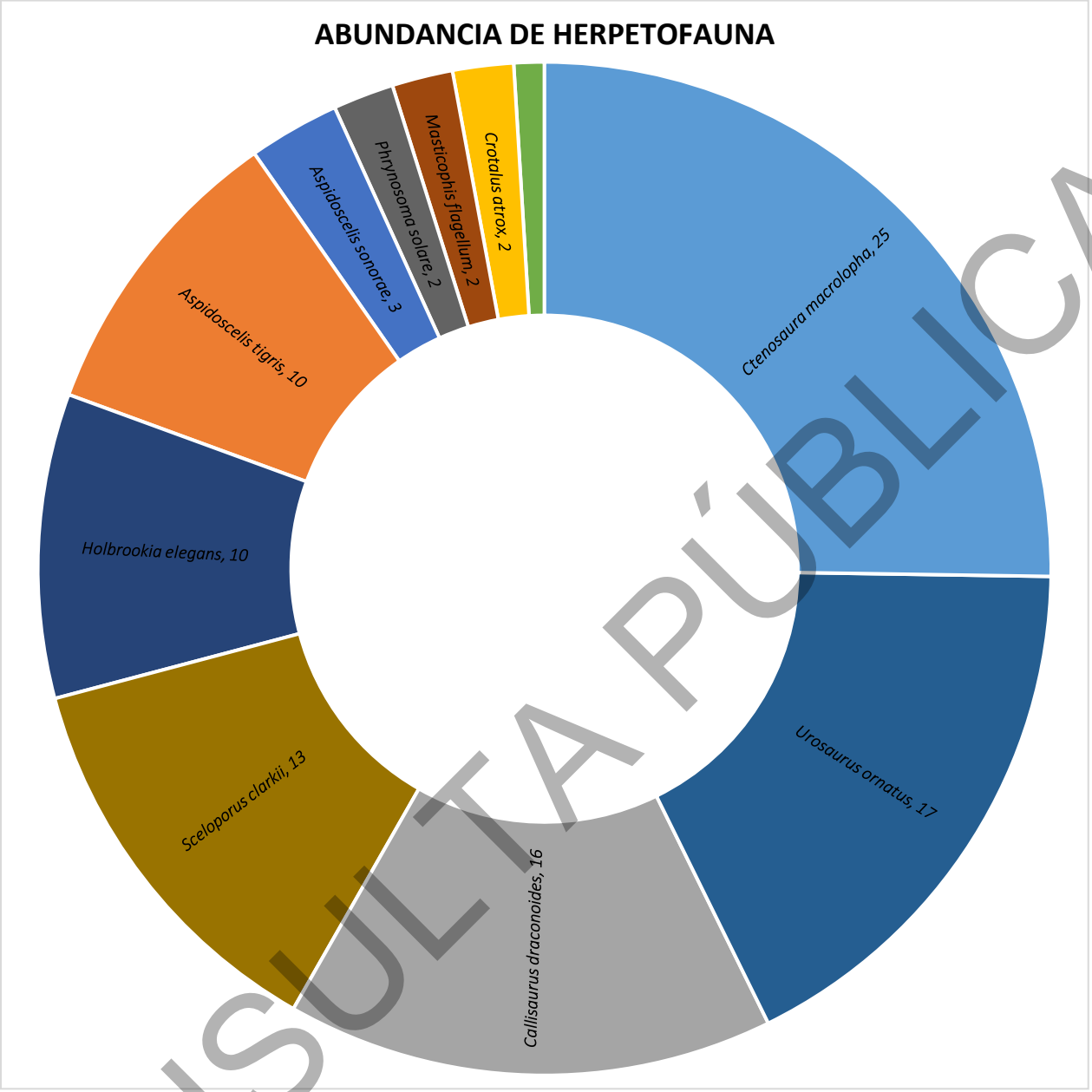
Con base en el análisis de la información recabada en campo, a continuación, se presentan los resultados respectivos de abundancia y diversidad para el grupo de herpetofauna registrada en la RE.

Tabla 5. Registros de Herpetofauna para la RE

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km²)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Aspidoscelis sonorae*	Huico manchado de Sonora	3	50.0	0.5	3
2	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	10	166.7	1.7	10
3	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	16	266.7	2.7	16
4	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	2	33.3	0.3	2
5	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	26	433.3	4.3	25
6	*Gopherus morafkai*	Tortuga del desierto de Sonora	1	16.7	0.2	1
7	*Holbrookia elegans*	Lagartija sorda elegante	10	166.7	1.7	10
8	*Masticophis flagellum*	Culebra chirrionera roja	2	33.3	0.3	2
9	*Phrynosoma solare*	Camaleón real	2	33.3	0.3	2
10	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa del noroeste	13	216.7	2.2	13
11	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	18	300.0	3.0	17
Total			**103**	**1,716.7**	**17.2**	**100**

Para una representación más clara de la abundancia relativa de dichas especies, a continuación, se muestra una gráfica de los individuos observados durante el recorrido.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 3. Abundancia de Herpetofauna registrada en la RE

CONSULTA PÚBLICA

La especie con mayor abundancia fue *Ctenosaura macrolopha*, con 26 individuos (25 %), seguida de *Urosaurus ornatus*, con 18 individuos (17 %), y *Callisaurus draconoides*, con 16 individuos (16 %). Posteriormente se registraron *Sceloporus clarkii* con 13 individuos (13 %), así como *Aspidoscelis tigris* y *Holbrookia elegans*, con 10 individuos cada una (10 %). Las especies con menor representación fueron *Gopherus morafkai*, con 1 individuo, y *Crotalus atrox*, *Masticophis flagellum* y *Phrynosoma solare*, con 2 individuos cada una.

Con respecto a la información obtenida en la tabla y gráfica anterior, se procedió a realizar el cálculo de los índices de diversidad para este grupo faunístico, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 6. Índice de diversidad de Herpetofauna para la RE

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Aspidoscelis sonorae*	50.0	0.029	-3.536	0.103
2	*Aspidoscelis tigris*	166.7	0.097	-2.332	0.226
3	*Callisaurus draconoides*	266.7	0.155	-1.862	0.289
4	*Crotalus atrox*	33.3	0.019	-3.942	0.077
5	*Ctenosaura macrolopha*	433.3	0.252	-1.377	0.347
6	*Gopherus morafkai*	16.7	0.010	-4.635	0.045
7	*Holbrookia elegans*	166.7	0.097	-2.332	0.226
8	*Masticophis flagellum*	33.3	0.019	-3.942	0.077
9	*Phrynosoma solare*	33.3	0.019	-3.942	0.077
10	*Sceloporus clarkii*	216.7	0.126	-2.070	0.261
11	*Urosaurus ornatus*	300.0	0.175	-1.744	0.305
Índice de shannon - Wiener		**1,716.7**			**2.0**
			Riqueza específica (S)		**11**
			Índice de Margalef (SMg)		**2.16**
			Índice de Shannon-Wiener (H)		**2.03**
			Diversidad máxima (H max)		**2.40**
			Equidad de Pielou (J)		**0.85**
			Índice de Berger-Parker		**0.25**

La comunidad de herpetofauna registrada en la RE presentó una riqueza específica de 11 especies. El índice de Margalef (SMg = 2.16), calculado con base en los 103 individuos registrados, corresponde a una riqueza media de acuerdo con los rangos metodológicos adoptados. El índice de Shannon-Wiener (H' = 2.03) indica una diversidad moderada considerando el número de especies registradas. La diversidad máxima fue de Hmax = 2.40 y la equidad de Pielou alcanzó J = 0.85, evidenciando una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies.

El índice de Berger-Parker (0.25) señala una dominancia moderada, asociada principalmente con *Ctenosaura macrolopha*, que representó aproximadamente el 25.2 % de los registros, seguida de *Urosaurus ornatus* (17.5 %) y *Callisaurus draconoides* (15.5 %).

En conjunto, los resultados indican que la herpetofauna de la RE presenta una comunidad con riqueza relativamente baja, diversidad moderada, alta equidad y una dominancia poco acentuada, con los individuos distribuidos entre varias de las especies registradas.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2 RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Enseguida se agrega una tabla general del total de especies de fauna registradas en la RE por grupo faunístico.

La estructura faunística registrada en la Región Ecológica (RE) para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) se encuentra integrada por 43 familias y 92 especies. La ornitofauna presentó la mayor riqueza, con 64 especies, seguida de la mastofauna con 17 especies y la herpetofauna con 11 especies. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), se registraron tres especies en categoría de riesgo: *Leptonycteris yerbabuenae* y *Crotalus atrox*, como Sujetas a Protección Especial (Pr), y *Callisaurus draconoides*, como Amenazada (A). Asimismo, se identificaron dos especies endémicas de México, *Polioptila nigriceps* y *Ctenosaura macrolopha*.

Tabla 7. Riqueza de especies por grupo faunístico para la RE en VSa/MKX

GRUPO FAUNÍSTICO	FAMILIAS	ESPECIES	CATEGORÍA DE RIESGO	ENDÉMICA
Ornitofauna	26	64	-	1
Mastofauna	11	17	1	-
Herpetofauna	6	11	2	1
TOTAL	**43**	**92**	**3**	**2**

Tabla 8. Índices de diversidad de los grupos de fauna por tipo de vegetación en la RE

UNIDAD DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	ORNITOFAUNA	MASTOFAUNA	HERPETOFAUNA
VSa/MKX	Riqueza de especies (S)	64	17	11
	Índice de Shannon (H)	3.86	2.61	2.03
	Equitatividad de Pielou (J)	0.93	0.92	0.85

De acuerdo con los valores actualizados para la unidad de análisis de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), el grupo faunístico con mayor riqueza de especies (S) fue la ornitofauna, con 64 especies, seguida de la mastofauna, con 17 especies, y la herpetofauna, con 11 especies. Estos resultados muestran que la ornitofauna constituye el grupo mejor representado en términos de riqueza específica dentro del área evaluada.

En cuanto al índice de Shannon-Wiener (H), la ornitofauna registró el valor más alto (3.86), lo que indica una alta diversidad, seguida de la mastofauna con 2.61, correspondiente a una diversidad media con tendencia a alta. La herpetofauna presentó el valor menor (2.03), aunque este resultado refleja una diversidad moderada considerando su menor riqueza específica.

Respecto a la equitatividad de Pielou (J), los tres grupos presentaron valores elevados. La ornitofauna alcanzó 0.93, la mastofauna 0.92 y la herpetofauna 0.85, lo que indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies registradas y una baja concentración de abundancias en pocas especies.

En conjunto, los resultados muestran que la ornitofauna presenta la mayor riqueza y diversidad, mientras que la mastofauna y la herpetofauna, aunque con menor número de especies, mantienen también una distribución relativamente equilibrada de sus abundancias.

CONSULTA PÚBLICA

I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP)

I.2.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD DE FAUNA

I.2.1.1 Metodología

Utilizando los registros del muestreo de las especies encontradas se calculó la riqueza de especies, densidad, Índice de Shannon-Wiener e Índice de Equidad de Pielou para la fauna, siguiendo la misma metodología que en el caso de la flora. A continuación, se hace una breve descripción de la metodología a usar.

1. 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.

2. Densidad

Para el cálculo de la densidad de fauna silvestre se utilizó la siguiente formula, propuesta por Gallina y López, 2011:

$$D = \frac{n}{2wL}$$

Donde:

D = Densidad
W = Ancho medio del transecto
L = Longitud total del transecto

3) Índice de Margalef

El índice de Margalef es un índice de riqueza que relaciona el número total de especies con el número total de individuos observados en la muestra (Moreno, 2001). Para su cálculo, N corresponde al número de individuos efectivamente registrados durante el muestreo y no a la densidad extrapolada por unidad de superficie.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{ln\,(N)}$$

Dónde:

DMg = índice de riqueza de Margalef.
S = número de especies.
N = número total de individuos.

De acuerdo con Campo y Duval en el 2014, una comunidad o área ecológica integra una baja diversidad cuando los valores obtenidos mediante este índice tienden ser inferiores a 2, una diversidad media cuando los valores corresponden de 2 a 5, y una alta diversidad si los valores son superiores a 5.

CONSULTA PÚBLICA

4) Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener es el más utilizado en ecología para el análisis de comunidades, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (House P., *et. al*. 2006). Este índice nos da como resultado la diversidad existente para una determinada área de estudio, es decir, entre mayor sea el grado de incertidumbre mayor será la diversidad.

$$\boldsymbol{H = -\sum p_i ln(p_i)}$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-Wiener.
Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
LnPi= logaritmo natural de Pi.

El Índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S (Riqueza específica), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. (Magurran, 1988).

El Índice de Shannon-Wiener nos describe un parámetro de 0 a 5 donde 0 (Cero o nulo) refiere que dos individuos en el sitio pertenecen todos a la misma especie, de 0 a 2 refiere que la muestra obtiene una diversidad baja, valores entre 2 a 3 refiere una diversidad media y valores mayores a 3 describe una diversidad alta.

5) Diversidad Máxima

El máximo valor de este índice para un número determinado de especies se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Hmax = ln(S)}$$

6) Equitatividad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{J = \frac{H'}{ln(S)}}$$

Donde:

J= Equitatividad de Pielou.
H = Índice de diversidad de Shannon.
Ln (S)= Logaritmo natural del número de especies (o riqueza).

Los rangos para medir la significancia de este índice se basan entre 0-1, una baja equidad (heterogéneo) cuando el índice adquiere valores de 0 a 0.35, una equidad media al comprender valores de 0.36 a 0.70, y una alta equidad (Homogéneo) cuando el valor obtenido es mayor a 0.71, (Aguirre, 2013).

CONSULTA PÚBLICA

7) Índice de Berger-Parker

Este índice nos expresa la proporción que representa la especie más dominante, en relación con el resto de las especies, este índice adolece de un bajo poder discriminante, es poco sensible al tamaño muestral y cuanto más alto es su valor, menor equitatividad presentará la muestra analizada, (Magurran, 1988).

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde:

d = Índice de Berger-Parker
N_{max} = Número de individuos de la especie más dominante.
N = Número de individuos de toda la muestra.

Al igual que con la diversidad, el índice de uniformidad considera que todas las especies de la comunidad están representadas en la muestra. Pielou adopta valores entre 0 y 1, el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad (Martella M.B., *et. al*. 2012). Al respecto se anexa la hoja de cálculo en formato Excel **(ANEXO 24)**.

I.2.1.2 Resultados y análisis

De acuerdo con la información recabada en campo, a continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada grupo faunístico en el AP, calculando posteriormente los índices de diversidad alfa.

* Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

Durante el muestreo de fauna silvestre realizado dentro del Área del Proyecto (AP), se registró una riqueza total de 67 especies, distribuidas en 34 familias y agrupadas en ornitofauna, mastofauna y herpetofauna. Del total registrado, dos especies se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), catalogada como Amenazada (A), y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr).

De los tres grupos faunísticos evaluados, la ornitofauna presentó la mayor riqueza, con 48 especies, seguida de la mastofauna con 12 especies, de las cuales cuatro corresponden a quirópteros, y finalmente la herpetofauna con 7 especies. En conjunto, estos resultados muestran una mayor representación de las aves dentro de la comunidad faunística registrada en el AP, mientras que la presencia de especies bajo categoría de riesgo resalta la necesidad de considerar medidas específicas de protección, rescate y manejo de fauna durante el desarrollo del proyecto.

A continuación, se presentan los resultados de los índices de diversidad para cada uno de los grupos faunísticos.

CONSULTA PÚBLICA

a) Grupo de ORNITOFAUNA

Índice de diversidad

En la siguiente tabla se presenta la riqueza y abundancia de especies de aves registradas mediante los puntos de conteo establecidos en los transectos de fauna realizados dentro del AP. Durante el muestreo se contabilizaron 346 individuos, correspondientes a 48 especies de aves. De acuerdo con la revisión de su estatus de protección, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).

Tabla 9. Registros de Ornitofauna para el AP

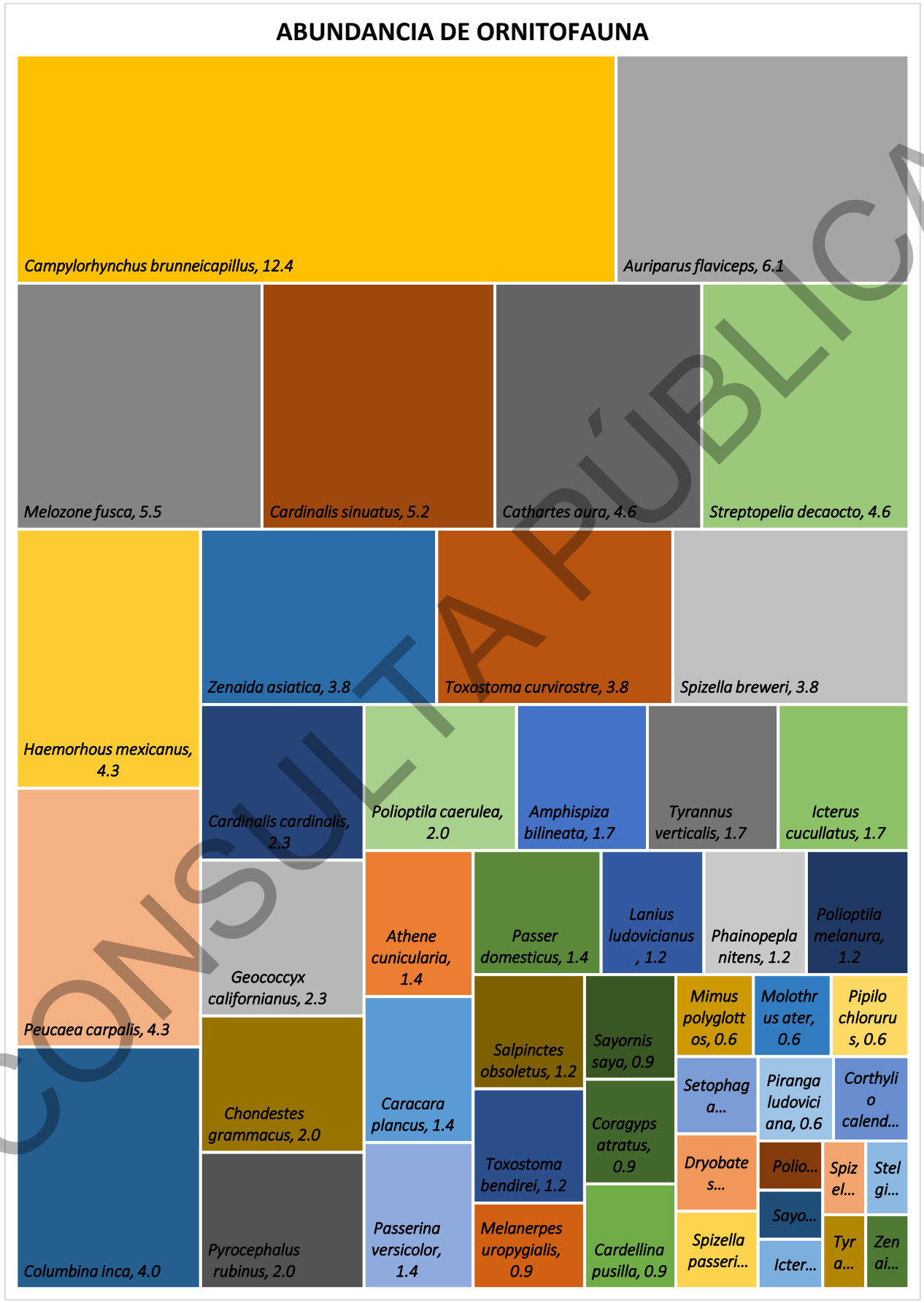
N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	6	100.0	1.0	1.7
2	*Athene cunicularia*	Tecolote llanero	5	83.3	0.8	1.4
3	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	21	350.0	3.5	6.1
4	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	43	716.7	7.2	12.4
5	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	5	83.3	0.8	1.4
6	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	3	50.0	0.5	0.9
7	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	8	133.3	1.3	2.3
8	*Cardinalis sinuatus*	Cardenal Desértico	18	300.0	3.0	5.2
9	*Cathartes aura*	Zopilote aura	16	266.7	2.7	4.6
10	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	7	116.7	1.2	2.0
11	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	14	233.3	2.3	4.0
12	*Coragyps atratus*	Zopilote común	3	50.0	0.5	0.9
13	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	2	33.3	0.3	0.6
14	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	2	33.3	0.3	0.6
15	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	8	133.3	1.3	2.3
16	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	15	250.0	2.5	4.3
17	*Icterus bullockii*	Calandria Cejas Naranjas	1	16.7	0.2	0.3
18	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	6	100.0	1.0	1.7
19	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	4	66.7	0.7	1.2
20	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	3	50.0	0.5	0.9
21	*Melozone fusca*	Rascador Viejita	19	316.7	3.2	5.5
22	*Mimus polyglottos*	Sinsonte norteño	2	33.3	0.3	0.6
23	*Molothrus ater*	Tordo cabeza café	2	33.3	0.3	0.6
24	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	5	83.3	0.8	1.4
25	*Passerina versicolor*	Colorín morado	5	83.3	0.8	1.4
26	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	15	250.0	2.5	4.3
27	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	4	66.7	0.7	1.2
28	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	2	33.3	0.3	0.6
29	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	2	33.3	0.3	0.6
30	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgrís	7	116.7	1.2	2.0
31	*Polioptila melanura*	Perlita del desierto	4	66.7	0.7	1.2
32	*Polioptila nigriceps*	Perlita sinaloense	1	16.7	0.2	0.3
33	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	7	116.7	1.2	2.0
34	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	4	66.7	0.7	1.2
35	*Sayornis nigricans*	Papamoscas negro	1	16.7	0.2	0.3
36	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	3	50.0	0.5	0.9
37	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	2	33.3	0.3	0.6
38	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	1	16.7	0.2	0.3

CONSULTA PÚBLICA

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
39	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	13	216.7	2.2	3.8
40	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	2	33.3	0.3	0.6
41	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	1	16.7	0.2	0.3
42	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	16	266.7	2.7	4.6
43	*Toxostoma bendirei*	Cuicacoche pico corto	4	66.7	0.7	1.2
44	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	13	216.7	2.2	3.8
45	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	6	100.0	1.0	1.7
46	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	1	16.7	0.2	0.3
47	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	13	216.7	2.2	3.8
48	*Zenaida macroura*	Huilota Común	1	16.7	0.2	0.3
TOTAL			**346**	**5,766.7**	**57.7**	**100**

Para una representación más clara de la abundancia relativa de dichas especies, a continuación, se muestra una gráfica de los individuos observados durante el recorrido.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 4. Abundancia registrada de Ornitofauna para el AP

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la tabla de abundancia, en el AP se registró un total de 346 individuos de ornitofauna, correspondientes a 48 especies. A diferencia de una comunidad dominada por una sola especie, los resultados muestran una distribución relativamente más repartida entre varias especies, ya que ninguna concentró por sí sola una proporción mayor al 13 % del total de individuos registrados.

La especie con mayor abundancia fue *Campylorhynchus brunneicapillus* (matraca del desierto), con 43 individuos, equivalente al 12.4 % del total. Le siguieron *Auriparus flaviceps* (baloncillo), con 21 individuos y 6.1 %; *Melozone fusca* (rascador viejita), con 19 individuos y 5.5 %; y *Cardinalis sinuatus* (cardenal desértico), con 18 individuos y 5.2 %. Estas cuatro especies concentraron en conjunto aproximadamente el 29.2 % de los individuos observados, lo que indica que, si bien existen especies relativamente más abundantes, no se presenta una dominancia numérica extrema dentro del ensamblaje avifaunístico.

En un nivel intermedio de abundancia se registraron *Cathartes aura* (zopilote aura) y *Streptopelia decaocto* (paloma de collar turca), ambas con 16 individuos y 4.6 %; *Haemorhous mexicanus* (pinzón mexicano) y *Peucaea carpalis* (zacatonero hombros canela), con 15 individuos y 4.3 % cada una; así como *Columbina inca* (tortolita cola larga), con 14 individuos y 4.0 %. Por su parte, *Spizella breweri*, *Toxostoma curvirostre* y *Zenaida asiatica* presentaron 13 individuos cada una, equivalentes al 3.8 % del total.

El resto de las especies presentó abundancias relativamente bajas, generalmente inferiores al 3 % del total. Entre las especies con menor representación se encuentran *Icterus bullockii*, *Polioptila nigriceps*, *Sayornis nigricans*, *Spizella atrogularis*, *Stelgidopteryx serripennis*, *Tyrannus vociferans* y *Zenaida macroura*, cada una registrada con un solo individuo, equivalente aproximadamente al 0.3 % de la abundancia total.

En términos generales, la estructura de abundancia observada corresponde a una comunidad en la que varias especies características de ambientes áridos y semiáridos presentan abundancias intermedias, mientras que un número considerable de especies ocurre con frecuencias bajas. La mayor representación de especies como *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Auriparus flaviceps*, *Melozone fusca* y *Cardinalis sinuatus* es consistente con su asociación a ambientes abiertos, matorrales y vegetación xerófila. No obstante, a partir exclusivamente de los valores de abundancia no resulta adecuado afirmar una baja equidad, por lo que este atributo deberá sustentarse con los índices de diversidad y equidad calculados para la comunidad de ornitofauna.

Para la determinación del índice de diversidad para este grupo faunístico se tomó en cuenta la densidad por hectárea, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 10. Datos del cálculo para el índice de diversidad de Ornitofauna para el AP

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Amphispiza bilineata*	100.0	0.017	-4.055	0.1
2	*Athene cunicularia*	83.3	0.014	-4.237	0.1
3	*Auriparus flaviceps*	350.0	0.061	-2.802	0.2
4	*Campylorhynchus brunneicapillus*	716.7	0.124	-2.085	0.3
5	*Caracara plancus*	83.3	0.014	-4.237	0.1
6	*Cardellina pusilla*	50.0	0.009	-4.748	0.0
7	*Cardinalis cardinalis*	133.3	0.023	-3.767	0.1
8	*Cardinalis sinuatus*	300.0	0.052	-2.956	0.2
9	*Cathartes aura*	266.7	0.046	-3.074	0.1
10	*Chondestes grammacus*	116.7	0.020	-3.901	0.1
11	*Columbina inca*	233.3	0.040	-3.207	0.1

CONSULTA PÚBLICA

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
12	*Coragyps atratus*	50.0	0.009	-4.748	0.0
13	*Corthylio calendula*	33.3	0.006	-5.153	0.0
14	*Dryobates scalaris*	33.3	0.006	-5.153	0.0
15	*Geococcyx californianus*	133.3	0.023	-3.767	0.1
16	*Haemorhous mexicanus*	250.0	0.043	-3.138	0.1
17	*Icterus bullockii*	16.7	0.003	-5.846	0.0
18	*Icterus cucullatus*	100.0	0.017	-4.055	0.1
19	*Lanius ludovicianus*	66.7	0.012	-4.460	0.1
20	*Melanerpes uropygialis*	50.0	0.009	-4.748	0.0
21	*Melozone fusca*	316.7	0.055	-2.902	0.2
22	*Mimus polyglottos*	33.3	0.006	-5.153	0.0
23	*Molothrus ater*	33.3	0.006	-5.153	0.0
24	*Passer domesticus*	83.3	0.014	-4.237	0.1
25	*Passerina versicolor*	83.3	0.014	-4.237	0.1
26	*Peucaea carpalis*	250.0	0.043	-3.138	0.1
27	*Phainopepla nitens*	66.7	0.012	-4.460	0.1
28	*Pipilo chlorurus*	33.3	0.006	-5.153	0.0
29	*Piranga ludoviciana*	33.3	0.006	-5.153	0.0
30	*Polioptila caerulea*	116.7	0.020	-3.901	0.1
31	*Polioptila melanura*	66.7	0.012	-4.460	0.1
32	*Polioptila nigriceps*	16.7	0.003	-5.846	0.0
33	*Pyrocephalus rubinus*	116.7	0.020	-3.901	0.1
34	*Salpinctes obsoletus*	66.7	0.012	-4.460	0.1
35	*Sayornis nigricans*	16.7	0.003	-5.846	0.0
36	*Sayornis saya*	50.0	0.009	-4.748	0.0
37	*Setophaga coronata*	33.3	0.006	-5.153	0.0
38	*Spizella atrogularis*	16.7	0.003	-5.846	0.0
39	*Spizella breweri*	216.7	0.038	-3.281	0.1
40	*Spizella passerina*	33.3	0.006	-5.153	0.0
41	*Stelgidopteryx serripennis*	16.7	0.003	-5.846	0.0
42	*Streptopelia decaocto*	266.7	0.046	-3.074	0.1
43	*Toxostoma bendirei*	66.7	0.012	-4.460	0.1
44	*Toxostoma curvirostre*	216.7	0.038	-3.281	0.1
45	*Tyrannus verticalis*	100.0	0.017	-4.055	0.1
46	*Tyrannus vociferans*	16.7	0.003	-5.846	0.0
47	*Zenaida asiatica*	216.7	0.038	-3.281	0.1
48	*Zenaida macroura*	16.7	0.003	-5.846	0.0
Índice de Shannon - Wiener		5,766.7			3.4

Riqueza específica (S)	48
Índice de Margalef (SMg)	8.04
Índice de Shannon-Wiener (H)	3.44
Diversidad máxima (H max)	3.87
Equidad de Pielou (J)	0.89
Índice de Berger-Parker	0.12

CONSULTA PÚBLICA

La comunidad de ornitofauna registrada en el AP presentó una riqueza específica de 48 especies, lo que refleja una composición relativamente amplia. El índice de Margalef (SMg = 8.04) indica una riqueza específica alta, mientras que el índice de Shannon-Wiener (H' = 3.44) evidencia una diversidad elevada dentro de la comunidad de aves. Este valor se aproxima a la diversidad máxima teórica calculada (H max = 3.87), lo que sugiere una distribución relativamente equilibrada de los individuos entre las especies registradas.

Esta condición se confirma mediante la equidad de Pielou (J = 0.89), cuyo valor cercano a 1 indica una alta uniformidad en la distribución de las abundancias. De manera congruente, el índice de Berger-Parker (0.12) evidencia una baja dominancia, ya que la especie más abundante, *Campylorhynchus brunneicapillus*, representa aproximadamente el 12.4 % de la densidad total estimada. Por lo tanto, no se observa una concentración marcada de individuos en una sola especie, sino una comunidad cuya abundancia se encuentra distribuida entre un número considerable de taxones.

En conjunto, los resultados muestran que la ornitofauna del AP presenta alta riqueza específica, elevada diversidad y alta equidad, acompañadas de una baja dominancia. Esta estructura indica una comunidad de aves relativamente heterogénea y equilibrada, en el que ninguna especie ejerce una dominancia numérica marcada sobre el resto de la comunidad.

b) Grupo de MASTOFAUNA

Índice de diversidad

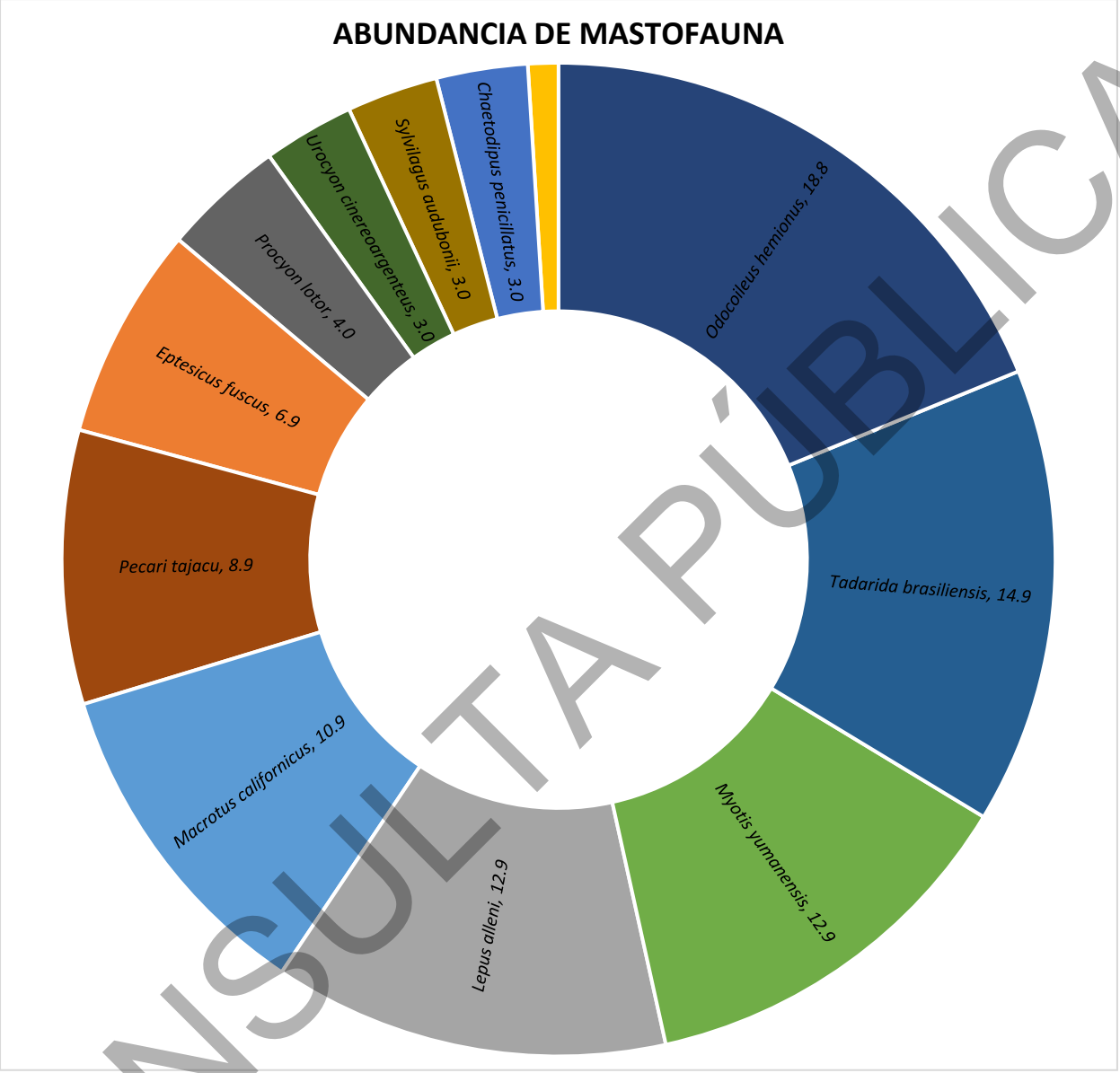
Para este grupo se registró una riqueza específica de 12 especies, con un total de 101 individuos, de las cuales ninguna se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019). La mastofauna registrada estuvo integrada por mamíferos terrestres y quirópteros, estos últimos representados por cuatro especies: *Eptesicus fuscus*, *Macrotus californicus*, *Myotis yumanensis* y *Tadarida brasiliensis*.

Tabla 11. Registros de mastofauna para el AP

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Chaetodipus penicillatus*	Ratón de abazones desértico	3	50.0	0.5	3.0
2	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	7	116.7	1.2	6.9
3	*Lepus alleni*	Liebre antílope	13	216.7	2.2	12.9
4	*Lynx rufus*	Lince Americano	1	16.7	0.2	1.0
5	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	11	183.3	1.8	10.9
6	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	13	216.7	2.2	12.9
7	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	19	316.7	3.2	18.8
8	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	9	150.0	1.5	8.9
9	*Procyon lotor*	Mapache	4	66.7	0.7	4.0
10	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	3	50.0	0.5	3.0
11	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	15	250.0	2.5	14.9
12	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	3	50.0	0.5	3.0
Total			**101**	**1,683.3**	**16.8**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se presenta una gráfica con la abundancia relativa de los individuos muestreados, para una mejor interpretación de los resultados obtenidos.



Gráfica. 5. Abundancia de Mastofauna registrada en el AP

De acuerdo con la tabla de abundancia, en el AP se registró un total de 101 individuos de mastofauna, correspondientes a 12 especies, observándose una distribución de abundancias relativamente equilibrada, sin una dominancia excesiva de una sola especie. La especie con mayor abundancia fue *Odocoileus hemionus* (venado bura), con 19 individuos y una abundancia relativa de 18.8 %, seguida de *Tadarida brasiliensis* (murciélago cola suelta), con 15 individuos y 14.9 %. Por su parte, *Lepus alleni* (liebre antílope) y *Myotis yumanensis* (miotis de Yuma) registraron 13 individuos cada una, equivalentes al 12.9 %, mientras que *Macrotus californicus* (murciélago orejón californiano) presentó 11 individuos y 10.9 %.

En un nivel intermedio de abundancia se registraron *Pecari tajacu* (pecarí de collar), con 9 individuos y 8.9 %, y *Eptesicus fuscus* (murciélago moreno norteamericano), con 7 individuos y 6.9 %. Las especies con menor

CONSULTA PÚBLICA

representación fueron *Procyon lotor* (mapache), con 4 individuos y 4.0 %; *Chaetodipus penicillatus* (ratón de abazones desértico), *Sylvilagus audubonii* (conejo del desierto) y *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), con 3 individuos y 3.0 % cada una; mientras que *Lynx rufus* (lince americano) presentó el menor registro, con un individuo y 1.0 %.

En conjunto, las cinco especies más abundantes concentraron aproximadamente el 70.4 % de los registros, aunque ninguna superó individualmente el 20 % del total. Este patrón indica que la comunidad de mastofauna presenta una riqueza moderada y una distribución de abundancias sin una dominancia marcada, integrada tanto por mamíferos terrestres como por quirópteros asociados a los ambientes áridos y semiáridos presentes en el área de estudio.

Para la determinación del índice de diversidad para este grupo faunístico se tomó en cuenta el número de individuos muestreados, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 12. Datos para el cálculo de índice de diversidad de mastofauna para el AP

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Chaetodipus penicillatus*	50.0	0.030	-3.517	0.1
2	*Eptesicus fuscus*	116.7	0.069	-2.669	0.2
3	*Lepus alleni*	216.7	0.129	-2.050	0.3
4	*Lynx rufus*	16.7	0.010	-4.615	0.0
5	*Macrotus californicus*	183.3	0.109	-2.217	0.2
6	*Myotis yumanensis*	216.7	0.129	-2.050	0.3
7	*Odocoileus hemionus*	316.7	0.188	-1.671	0.3
8	*Pecari tajacu*	150.0	0.089	-2.418	0.2
9	*Procyon lotor*	66.7	0.040	-3.229	0.1
10	*Sylvilagus audubonii*	50.0	0.030	-3.517	0.1
11	*Tadarida brasiliensis*	250.0	0.149	-1.907	0.3
12	*Urocyon cinereoargenteus*	50.0	0.030	-3.517	0.1
Índice de Shannon - Wiener		**1,683.3**			**2.3**
			Riqueza específica (S)		**12**
			Índice de Margalef (SMg)		**2.38**
			Índice de Shannon-Wiener (H)		**2.25**
			Diversidad máxima (H max)		**2.48**
			Equidad de Pielou (J)		**0.91**
			Índice de Berger-Parker		**0.19**

La comunidad de mastofauna registrada en el AP presentó una riqueza específica de 12 especies. El índice de Margalef (SMg = 2.38) indica una riqueza específica media; sin embargo, la estructura de la comunidad muestra una distribución bastante uniforme de los individuos entre las especies registradas.

El índice de Shannon-Wiener (H' = 2.25), cercano a la diversidad máxima teórica calculada para la comunidad (H max = 2.48), indica una diversidad relativamente alta considerando la riqueza registrada. Esta condición se refleja también en la equidad de Pielou (J = 0.91), cuyo valor próximo a 1 evidencia una alta uniformidad en la distribución de las abundancias, es decir, los registros no se encuentran concentrados de manera desproporcionada en unas cuantas especies.

De manera congruente, el índice de Berger-Parker (0.19) señala una baja dominancia dentro de la comunidad. La especie con mayor representación fue *Odocoileus hemionus* (venado bura), con aproximadamente 18.8 % de la densidad total estimada, seguida de *Tadarida brasiliensis* con 14.9 %, mientras que *Lepus alleni* y *Myotis*

CONSULTA PÚBLICA

yumanensis representaron 12.9 % cada una. Ninguna especie concentró por sí sola una proporción elevada de los registros.

En conjunto, los resultados indican que la mastofauna del AP presenta una riqueza específica relativamente baja, pero una diversidad y equidad altas, acompañadas de una baja dominancia. Esto refleja una comunidad de mamíferos con abundancias comparativamente bien distribuidas entre las especies registradas, sin evidencia de una dominancia numérica marcada por un solo taxón.

d) Grupo de HERPETOFAUNA

Índice de diversidad

Para el grupo de herpetofauna se registró una riqueza específica de 7 especies, con un total de 66 individuos. De las especies registradas, dos se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), catalogada como Amenazada (A), y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr).

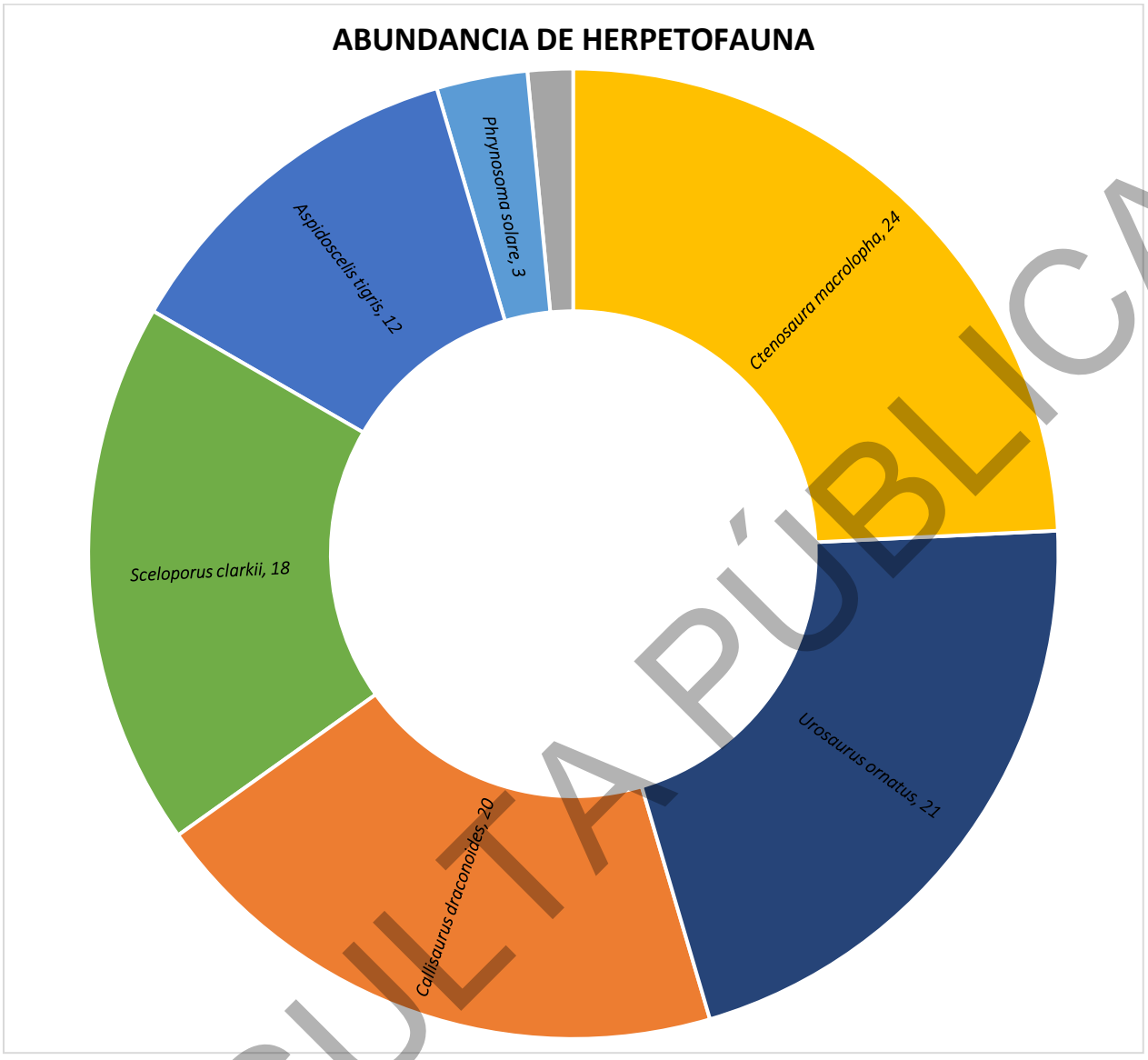
Con base en el análisis de la información recabada en campo, a continuación, se presentan los resultados respectivos de abundancia y diversidad para el grupo de herpetofauna registrada en el AP.

Tabla 13. Registros de Herpetofauna para el AP

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	IND. AVISTADOS MUESTREO	DENSIDAD (km^2)	DENSIDAD (ha)	ABUNDANCIA
1	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	8	133.3	1.3	12
2	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	13	216.7	2.2	20
3	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	1	16.7	0.2	2
4	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana de cola espinosa sonorense	16	266.7	2.7	24
5	*Phrynosoma solare*	Camaleón real	2	33.3	0.3	3
6	*Sceloporus clarkii*	Lagartija espinosa del noroeste	12	200.0	2.0	18
7	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de árbol norteña	14	233.3	2.3	21
Total			**66**	**1,100.0**	**11.0**	**100**

Para una representación más clara de la abundancia relativa de dichas especies, a continuación, se muestra una gráfica de los individuos observados durante el recorrido.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 6. Abundancia de Herpetofauna registrada en el AP

De acuerdo con la tabla de abundancia, en la herpetofauna del AP se registró un total de 66 individuos, correspondientes a 7 especies, observándose una distribución de abundancias relativamente equilibrada, aunque con mayor representación de algunas especies. La especie más abundante fue *Ctenosaura macrolopha* (iguana de cola espinosa sonorense), con 16 individuos y una abundancia relativa de 24 %, seguida de *Urosaurus ornatus* (lagartija de árbol norteña), con 14 individuos y 21 %, y *Callisaurus draconoides* (cachora arenera), con 13 individuos y 20 %.

En un nivel similar de abundancia se registró *Sceloporus clarkii* (lagartija espinosa del noroeste), con 12 individuos y 18 %, mientras que *Aspidoscelis tigris* (huico tigre del noroeste) presentó 8 individuos y 12 %. Las especies con menor representación fueron *Phrynosoma solare* (camaleón real), con 2 individuos y 3 %, y *Crotalus atrox* (cascabel de diamantes), con un individuo y 2 % del total registrado.

En conjunto, estos resultados muestran que la herpetofauna del AP presenta una riqueza moderada y una distribución de abundancias sin una dominancia excesiva de una sola especie, ya que las cuatro especies más

CONSULTA PÚBLICA

abundantes concentran la mayor parte de los registros, pero ninguna supera individualmente el 25 % del total. Asimismo, la presencia de especies características de ambientes áridos y semiáridos refleja la afinidad de este grupo con las condiciones ecológicas presentes en el área de estudio.

Con respecto a la información obtenida en la tabla y gráfica anterior, se procedió a realizar el cálculo de los índices de diversidad para este grupo faunístico, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 14. Índice de diversidad de Herpetofauna para el AP

N°	ESPECIE	DENSIDAD (km^2)	PI	LN DE PI	-PI*LN(PI)
1	*Aspidoscelis tigris*	133.3	0.121	-2.110	0.256
2	*Callisaurus draconoides*	216.7	0.197	-1.625	0.320
3	*Crotalus atrox*	16.7	0.015	-4.190	0.063
4	*Ctenosaura macrolopha*	266.7	0.242	-1.417	0.344
5	*Phrynosoma solare*	33.3	0.030	-3.497	0.106
6	*Sceloporus clarkii*	200.0	0.182	-1.705	0.310
7	*Urosaurus ornatus*	233.3	0.212	-1.551	0.329
Índice de Shannon - Wiener		**1,100.0**			**1.7**
			Riqueza específica (S)		**7**
			Índice de Margalef (SMg)		**1.43**
			Índice de Shannon-Wiener (H)		**1.73**
			Diversidad máxima (H max)		**1.95**
			Equidad de Pielou (J)		**0.89**
			Índice de Berger-Parker		**0.24**

La comunidad de herpetofauna registrada en el AP presentó una riqueza específica de 7 especies. El índice de Margalef (SMg = 1.43) indica una riqueza específica baja; sin embargo, la distribución de los individuos entre las especies registradas mostró un grado elevado de uniformidad.

El índice de Shannon-Wiener (H' = 1.73) se encuentra próximo a la diversidad máxima teórica calculada para la comunidad (H max = 1.95), lo que indica una diversidad relativamente alta en función de la riqueza registrada. Esta condición se confirma mediante la equidad de Pielou (J = 0.89), cuyo valor cercano a 1 evidencia una alta uniformidad en la distribución de las abundancias, sin una concentración excesiva de individuos en una sola especie.

De manera congruente, el índice de Berger-Parker (0.24) refleja una dominancia relativamente baja, siendo *Ctenosaura macrolopha* (iguana de cola espinosa sonorense) la especie con mayor representación, al concentrar aproximadamente el 24.2 % de la densidad total estimada. Le siguen *Urosaurus ornatus* con 21.2 %, *Callisaurus draconoides* con 19.7 % y *Sceloporus clarkii* con 18.2 %, lo que demuestra que la mayor parte de los registros se encuentra distribuida entre varias especies y no concentrada exclusivamente en una de ellas.

En conjunto, los resultados indican que la herpetofauna del AP presenta una riqueza específica baja, pero una diversidad relativamente alta respecto de su riqueza, una elevada equidad y una baja dominancia. Este patrón refleja una comunidad con abundancias comparativamente bien distribuidas entre las especies registradas, aunque algunas, principalmente *Ctenosaura macrolopha*, presentan una mayor representación dentro del área evaluada.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2 RESUMEN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD ENTRE LOS GRUPOS FAUNÍSTICOS EVALUADOS

La composición faunística registrada en el AP estuvo representada por 34 familias y una riqueza total de 67 especies. El grupo con mayor representatividad fue la ornitofauna, con 48 especies distribuidas en 20 familias, seguido de la mastofauna, con 12 especies pertenecientes a 10 familias, y finalmente la herpetofauna, con 7 especies agrupadas en 4 familias.

De las especies registradas, dos se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), ambas correspondientes al grupo de herpetofauna: *Callisaurus draconoides*, catalogada como Amenazada (A), y *Crotalus atrox*, considerada Sujeta a Protección Especial (Pr). Asimismo, se registraron dos especies endémicas de México: *Polioptila nigriceps*, perteneciente a la ornitofauna, y *Ctenosaura macrolopha*, correspondiente a la herpetofauna.

Tabla 15. Riqueza de especies por grupo faunístico para el AP en VSa/MKX

GRUPO FAUNÍSTICO	FAMILIAS	ESPECIES	CATEGORÍA DE RIESGO	ENDÉMICA
Ornitofauna	20	48	0	1
Mastofauna	10	12	0	0
Herpetofauna	4	7	2	1
TOTAL	**34**	**67**	**2**	**2**

En el AP, la ornitofauna presentó la mayor riqueza, con 48 especies, seguida de la mastofauna con 12 especies, dentro de las cuales se integran cuatro especies de quirópteros, y la herpetofauna con 7 especies. A continuación, se muestran los resultados de diversidad para cada grupo faunístico.

Tabla 16. Resumen de los índices de diversidad para los grupos faunísticos

UNIDAD DE ANÁLISIS	ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD	ORNITOFAUNA	MASTOFAUNA	HERPETOFAUNA
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	Riqueza de especies (S)	48	12	7
	Índice de Shannon (H)	3.44	2.25	1.73
	Equitatividad de Pielou (J)	0.89	0.91	0.89

De acuerdo con los valores obtenidos para la unidad de análisis correspondiente a la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) dentro del AP, el grupo faunístico con mayor riqueza específica (S) fue la ornitofauna, con 48 especies, seguido de la mastofauna, incluyendo dentro de este grupo a los quirópteros, con 12 especies, y finalmente la herpetofauna, con 7 especies. Estos resultados indican que la comunidad de aves constituye el componente faunístico mejor representado en términos de riqueza, al concentrar aproximadamente el 71.6 % de las 67 especies registradas en el área de estudio.

En relación con el índice de Shannon-Wiener (H'), la ornitofauna presentó el valor más alto (H' = 3.44), seguida de la mastofauna (H' = 2.25) y la herpetofauna (H' = 1.73). Este comportamiento evidencia una mayor diversidad en la comunidad de aves, resultado asociado tanto a su elevada riqueza específica como a una distribución relativamente uniforme de las abundancias. La mastofauna presentó una diversidad intermedia respecto de los demás grupos evaluados, mientras que la herpetofauna registró el menor valor de Shannon, condición relacionada principalmente con su menor número de especies.

CONSULTA PÚBLICA

Respecto a la equitatividad de Pielou (J), los tres grupos presentaron valores elevados y cercanos a la unidad. La mastofauna registró el valor más alto (J = 0.91), mientras que la ornitofauna y la herpetofauna presentaron valores iguales de J = 0.89. Estos resultados indican que, a pesar de las diferencias en riqueza y diversidad entre los grupos, la distribución de los individuos entre las especies fue relativamente homogénea, sin una concentración excesiva de la abundancia en unas cuantas especies.

En conjunto, los resultados muestran que la ornitofauna constituye el grupo con mayor riqueza y diversidad dentro de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) del AP. Por su parte, la mastofauna, incluyendo a los quirópteros, presentó la mayor equidad en la distribución de sus abundancias, mientras que la herpetofauna, aunque presentó la menor riqueza y diversidad de los tres grupos, mantuvo una distribución de abundancias comparativamente uniforme. En términos generales, los valores obtenidos reflejan comunidades faunísticas con alta equidad y baja concentración de individuos en especies dominantes, aun cuando existen diferencias importantes en el número de especies que conforman cada grupo.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2.1 Uso actual que sufre la fauna silvestre

A continuación, se presenta una tabla con la fauna que se encontró durante el muestreo realizado en el AP, así como el uso que el ser humano le da a cada especie silvestre.

Tabla 17. Usos que se le da a la fauna Silvestre en VSa/MKX

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	USO ACTUAL							
		CINEGÉTICA	ALIMENTICIO	ORNAMENTAL	VENTA DE PIEL	MASCOTA	MEDICINAL	CETRERÍA	OTRO
AVES-ORNITOFAUNA									
Amphispiza bilineata	Zacatonero garganta negra	–	–	–	–	–	–	–	–
Athene cunicularia	Tecolote llanero	–	–	–	–	–	–	–	–
Auriparus flaviceps	Baloncillo	–	–	X	–	–	–	–	–
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	–	–	–	–	–	–	–	–
Caracara plancus	Caracara quebrantahuesos	–	–	–	–	–	–	–	–
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	–	–	–	–	–	–	–	–
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo	–	–	X	–	X	–	–	–
Cardinalis sinuatus	Cardenal desértico	–	–	X	–	–	–	–	–
Cathartes aura	Zopilote aura	–	–	–	–	–	X	–	–
Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	–	–	–	–	–	–	–	–
Columbina inca	Tortolita cola larga	–	X	X	–	–	–	–	–
Coragyps atratus	Zopilote común	–	–	–	–	–	X	–	–
Corthylio calendula	Reyezuelo matraquita	–	–	–	–	–	–	–	–
Dryobates scalaris	Carpintero mexicano	–	–	–	–	–	–	–	–
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	–	–	–	–	–	–	–	–
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	–	–	X	–	X	–	–	–
Icterus bullockii	Calandria cejas naranjas	–	–	–	–	X	–	–	–
Icterus cucullatus	Calandria dorso negro menor	–	–	X	–	X	–	–	–
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	–	–	–	–	–	–	–	–
Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	–	–	–	–	–	–	–	–
Melozone fusca	Rascador viejita	–	–	–	–	–	–	–	–
Mimus polyglottos	Sinsonte norteño	–	–	X	–	X	–	–	–
Molothrus ater	Tordo cabeza café	–	–	X	–	X	–	–	–
Passer domesticus	Gorrión doméstico	–	–	X	–	X	–	–	–
Passerina versicolor	Colorín morado	–	–	X	–	X	–	–	–
Peucaea carpalis	Zacatonero hombros canela	–	–	–	–	–	–	–	–
Phainopepla nitens	Capulinero negro	–	–	X	–	–	–	–	–
Pipilo chlorurus	Rascador cola verde	–	–	–	–	–	–	–	–
Piranga ludoviciana	Piranga capucha roja	–	–	–	–	–	–	–	–
Polioptila caerulea	Perlita azulgrís	–	–	–	–	–	–	–	–
Polioptila melanura	Perlita del desierto	–	–	–	–	–	–	–	–
Polioptila nigriceps	Perlita sinaloense	–	–	–	–	–	–	–	–
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	–	–	–	–	–	–	–	–

CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	USO ACTUAL							
		CINEGÉTICA	ALIMENTICIO	ORNAMENTAL	VENTA DE PIEL	MASCOTA	MEDICINAL	CETRERÍA	OTRO
Salpinctes obsoletus	Saltapared de rocas	–	–	–	–	–	–	–	–
Sayornis nigricans	Papamoscas negro	–	–	–	–	–	–	–	–
Sayornis saya	Papamoscas llanero	–	–	–	–	–	–	–	–
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	–	–	–	–	–	–	–	–
Spizella atrogularis	Gorrión barba negra	–	–	–	–	–	–	–	–
Spizella breweri	Gorrión de Brewer	–	–	–	–	–	–	–	–
Spizella passerina	Gorrión cejas blancas	–	–	X	–	X	–	–	–
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina alas aserradas	–	–	–	–	–	–	–	–
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	X	–	–	–	–	–	–	–
Toxostoma bendirei	Cuicacoche pico corto	–	–	–	–	–	–	–	–
Toxostoma curvirostre	Cuicacoche pico curvo	–	–	X	–	X	–	–	–
Tyrannus verticalis	Tirano pálido	–	–	–	–	–	–	–	–
Tyrannus vociferans	Tirano chibiú	–	–	–	–	–	–	–	–
Zenaida asiatica	Paloma alas blancas	X	X	–	–	X	–	–	–
Zenaida macroura	Huilota común	X	X	–	–	–	–	–	–
MASTOFAUNA									
Chaetodipus penicillatus	Ratón de abazones desértico	–	–	–	–	–	–	–	–
Eptesicus fuscus	Murciélago moreno norteamericano	–	–	–	–	–	–	–	–
Lepus alleni	Liebre antílope	X	X	–	–	–	–	–	–
Lynx rufus	Lince americano	X	–	–	X	–	–	–	–
Macrotus californicus	Murciélago orejón californiano	–	–	–	–	–	–	–	–
Myotis yumanensis	Miotis de Yuma	–	–	–	–	–	–	–	–
Odocoileus hemionus	Venado bura	X	X	–	–	–	–	–	–
Pecari tajacu	Pecarí de collar	X	X	–	X	X	–	–	–
Procyon lotor	Mapache	X	X	–	–	X	–	–	–
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	X	X	–	–	X	–	–	–
Tadarida brasiliensis	Murciélago cola suelta	–	–	–	–	–	–	–	–
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	X	–	–	–	X	–	–	–
ANFIBIOS Y REPTILES-HERPETOFAUNA									
Aspidoscelis tigris	Huico tigre del noroeste	–	–	–	–	–	–	–	–
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	–	–	–	–	–	–	–	–
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	–	X	X	X	X	X	–	X
Ctenosaura macrolopha	Iguana de cola espinosa sonorense	–	X	–	–	–	–	–	–
Phrynosoma solare	Camaleón real	–	–	–	–	–	–	–	–
Sceloporus clarkii	Lagartija espinosa del noroeste	–	–	–	–	–	–	–	–
Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	–	–	–	–	–	–	–	–

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 23

MEMORIA DE CÁLCULO Y ANÁLISIS DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE FLORA

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN 1
I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 1
I.1.1 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA 1
I.1.1.1 METODOLOGÍA UTILIZADA 1
I.1.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS 3
I.1.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SHANNON Y EQUIDAD DE ESPECIES 10
I.1.2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA 11
I.1.2.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS PARA LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 13
I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP) 18
I.2.1 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA 18
I.2.1.1 METODOLOGÍA UTILIZADA 18
I.2.1.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS 20
I.2.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SHANNON Y EQUIDAD DE PIELOU 28
I.2.2.1 METODOLOGÍAS UTILIZADAS 28
I.2.2.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS 30

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LISTADO DE PARÁMETROS ECOLÓGICOS PARA LAS COMUNIDADES VEGETALES EN LA CH 2
TABLA 2. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO-JUVENILES PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 3
TABLA 3. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 4
TABLA 4. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO DE CACTÁCEAS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 6
TABLA 5. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO DE BEJUCOS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 7
TABLA 6. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 9
TABLA 7. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO-JUVENILES PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 13
TABLA 8. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO ARBUSTIVO PARA EL TIPO DE VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 14
TABLA 9. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO DE CACTÁCEAS PARA LA VEGETACIÓN VSA/MKX EN LA RE 15
TABLA 10. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO DE BEJUCOS PARA LA VEGETACIÓN VSA/MKX EN LA RE 16
TABLA 11. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN LA RE 16
TABLA 12. PARÁMETROS ECOLÓGICOS PARA LA COMUNIDAD VEGETAL EN EL ÁREA DEL CUSTF 19
TABLA 13. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO-JUVENILES PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL CUSTF 20
TABLA 14. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL CUSTF 21
TABLA 15. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO CACTÁCEAS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 23

CONSULTA PÚBLICA

TABLA 16. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO BEJUCOS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 24
TABLA 17. VALORES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 26
TABLA 18. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO ARBÓREO-JUVENILES PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 30
TABLA 19. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO ARBUSTIVO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 31
TABLA 20. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO CACTÁCEAS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 32
TABLA 21. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO BEJUCOS PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 33
TABLA 22. VALORES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES QUE CONFORMAN EL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VEGETACIÓN DE VSA/MKX EN EL AP 34

CONSULTA PÚBLICA

I ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN

Los datos obtenidos del muestreo realizado en campo fueron capturados en hojas de cálculo Excel, donde mediante tablas dinámicas se obtuvieron los datos de una forma sintetizada.

Posteriormente se realizaron los cálculos del índice de valor de importancia (IVIE), índice de Shannon- Wiener e índice de Equidad de Pielou y la riqueza de especies.

I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

I.1.1 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA

I.1.1.1 Metodología utilizada

El índice de valor de importancia ecológico **(IVIE)** es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad. Este valor es resultado de la suma de sus tres componentes ecológicos; **Densidad relativa (Dr)**, **Dominancia Relativa (DR)**, y la **Frecuencia Relativa (FR)**, siendo 300 % el valor máximo (considerando que cada parámetro suma un 100 %); mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes (House P., *et. al*. 2006). A continuación, se establecen las definiciones de los elementos estructurales de la vegetación:

Abundancia. Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie respectivamente con el total de los individuos del ecosistema) (Montes, C.A. *et al*, 2014).

$$\boldsymbol{Abundancia\ por}\ \text{hectárea} = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$\boldsymbol{Densidad\ relativa} = \frac{Densidad\ por\ hectárea\ por\ especie}{Densidad\ por\ hectárea\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

Frecuencia. Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación con el total de parcelas inventariadas (en este caso sobre la muestra), o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje, la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Montes, C.A. *et al*, 2014).

$$\boldsymbol{Frecuencia\ absoluta} = \frac{Núm.de\ sitios\ en\ los\ que\ se\ presenta\ cada\ especie}{n\ (número\ de\ sitios\ muestreados)}$$

$$\boldsymbol{Frecuencia\ relativa} = \frac{Frecuencia\ por\ cada\ especie}{Frecuencia\ de\ todas\ las\ especies} x100$$

CONSULTA PÚBLICA

Dominancia. Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de las especies en el suelo (Montes, C.A. *et al*, 2014).

$$\boldsymbol{Cobertura\ de\ una\ especie} = \frac{\pi * (Diámetro\ mayor\ de\ copa + Diámetro\ menor\ de\ copa)2}{4}$$

$$\boldsymbol{Dominancia} = \frac{Cobertura\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$\boldsymbol{Dominancia\ relativa} = \frac{Área\ basal\ total\ de\ una\ especie}{Dominancia\ de\ todas\ las\ espcies} x100$$

Índice de dominancia relativa. También llamado Valor de Importancia Relativa contempla el porcentaje de cobertura de una especie con respecto a la cobertura de todas las especies más el porcentaje correspondiente al número de ejemplares de esa especie respecto al número total de individuos de todas las especies (Montes, C.A. *et al*, 2014).

Índice de Valor de Importancia ecológica(IVIE)

IVIE = Dominancia relativa + densidad relativa + frecuencia relativa

Los parámetros necesarios para el cálculo del IVIE se describe en la siguiente tabla.

Tabla 1. Listado de parámetros ecológicos para las comunidades vegetales en la CH

PARÁMETROS	ESTRATOS	
	ARBÓREO, ARBUSTIVO, BEJUCOS Y CACTÁCEAS.	HERBÁCEO
Abundancia	Número de individuos por unidad de superficie.	Número de individuos por unidad de superficie. Pastos: número de macollos de cada especie por unidad de superficie.
Densidad relativa	(Individuos por hectárea de una especie / total de individuos por hectárea de todas las especies) X 100.	(Individuos de una especie / total de individuos) X 100. Pastos: (Número de macollos de una especie/total de individuos) x 100.
Abundancia por hectárea	Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos.	Número de individuos de una especie / Área muestreada
Frecuencia	Número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras	Número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras.
Frecuencia relativa	Frecuencia de una especie/ Frecuencia total de las especies x 100.	Frecuencia de una especie/ Frecuencia total de las especies x 100.
Dominancia	Dominancia en estructura horizontal: cobertura de copa de cada especie por unidad de superficie.	Dominancia en estructura vertical: Altura promedio de cada especie.
Dominancia relativa	(Dominancia de una especie / Dominancia de todas las especies) X 100.	(Dominancia de una especie / Dominancia de todas las especies) X 100.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del IVIE para cada estrato para el tipo la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), cabe mencionar que el IVIE, se expresó en una escala del 0 al 300 %. Se anexan hojas de cálculo en formato Excel (ANEXO 23).

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.2 Resultados y análisis

A continuación, se muestran los valores del Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) obtenidos del muestreo en campo por estrato para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

* Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

Estrato arbóreo-juveniles

En lo que respecta al estrato arbóreo y juveniles, se realizó un muestreo de 28 sitios, registrando un total de 169 individuos (con una densidad de 201 ind/ha), integrados en una riqueza específica de 9 especies. De estas, dos especies se encuentran catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Guaiacum coulteri* (Guayacán), en la categoría de Amenazada (A), y *Olneya tesota* (Palo fierro), bajo la categoría de Protección Especial (Pr).

Tabla 2. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato arbóreo-juveniles para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Bursera laxiflora*	Torote copal	15	18	8.9	13.0	13.8	35.7
2	*Bursera microphylla*	Torote rojo	5	6	3.0	7.4	5.5	15.9
3	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	8	10	4.7	3.7	7.6	16.0
4	*Jatropha cordata*	Torote chino	1	1	0.6	1.9	6.5	9.0
5	*Neltuma velutina*	Mezquite terciopelo	36	43	21.3	18.5	17.0	56.9
6	*Olneya tesota*	Palo fierro	40	48	23.7	22.2	28.4	74.3
7	*Parkinsonia aculeata*	Palo verde	1	1	0.6	1.9	0.3	2.7
8	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde matorralero	62	74	36.7	29.6	18.0	84.3
9	*Vachellia farnesiana*	Huizache	1	1	0.6	1.9	2.8	5.3
TOTAL			169	201	100	100	100	300

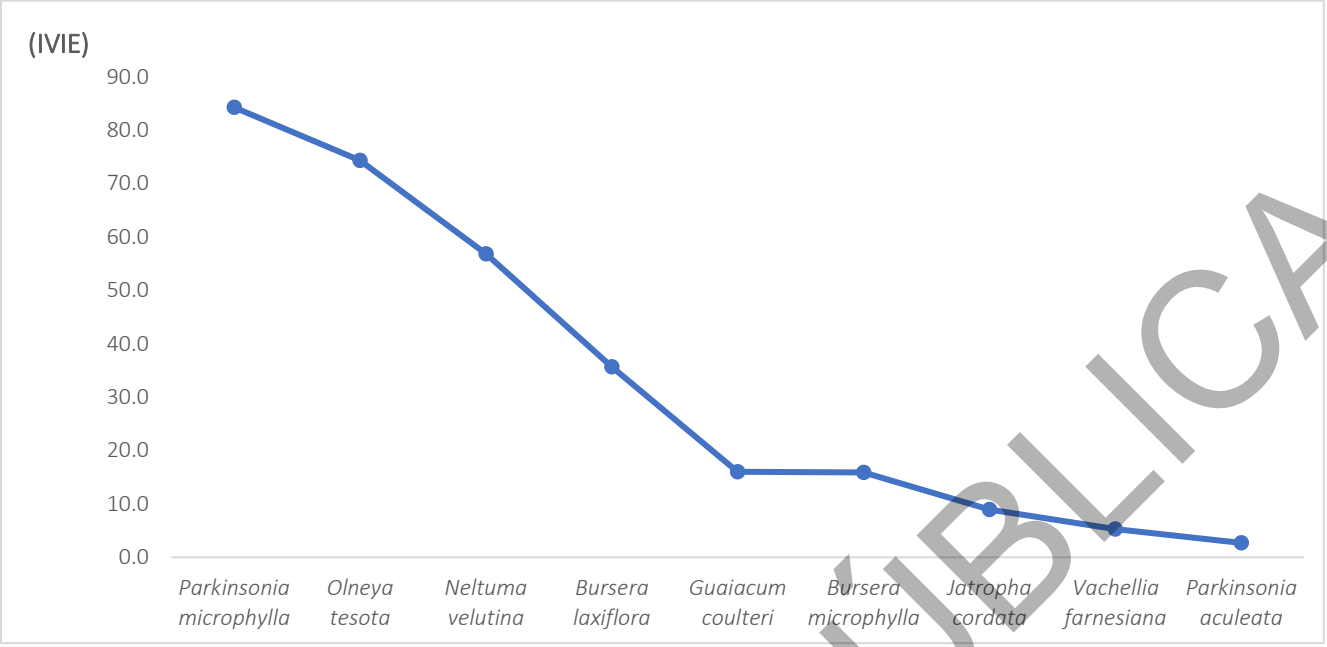
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

El estrato arbóreo y juveniles presenta una marcada importancia estructural liderada por *Parkinsonia microphylla* (Palo verde matorralero), la cual registró el mayor Indice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) con un 84.3%, sustentado por la densidad relativa más alta (36.7%) y mayor frecuencia relativa (29.6%). Le sigue en relevancia *Olneya tesota* (Palo fierro) con un IVIE del 74.3%, especie que destacó por presentar la mayor dominancia relativa del estrato (28.4%). En conjunto con *Neltuma velutina* (Mezquite terciopelo) (IVIE 56.9%), estas especies constituyen los elementos estructurales más importantes del sistema, aportando a la estabilidad del sustrato y la fijación de nitrógeno en el ecosistema.

Por su parte, *Bursera laxiflora* (Torote copal) presenta un IVIE de 35.7%, actuando como un componente secundario relevante dentro de la estructura de la vegetación. El resto de las especies registradas (*Guaiacum coulteri*, *Bursera microphylla*, *Jatropha cordata*, *Vachellia farnesiana* y *Parkinsonia aculeata*) complementan la heterogeneidad vertical y florística del área del proyecto con aportaciones menores al valor de importancia.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 1. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato arbóreo-juveniles en la RE

Estrato arbustivo

En lo que respecta al estrato arbustivo, se realizó un muestreo de 28 sitios, registrando un total de 737 individuos (con una densidad de 877 ind/ha), integrados en una riqueza específica de 21 especies, de las cuales ninguna se encuentra catalogada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni en su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019).

Tabla 3. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato arbustivo para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	23	27	3.1	3.4	2.7	9.2
2	*Celtis pallida*	Granjeno	1	1	0.1	1.1	4.9	6.1
3	*Colubrina viridis*	Palo colorado	3	4	0.4	1.1	1.9	3.4
4	*Condalia globosa*	Coronilla	6	7	0.8	4.5	4.1	9.4
5	*Croton sonorae*	Vara blanca	15	18	2.0	5.6	3.2	10.9
6	*Dianthera candicans*	Chuparrosa	17	20	2.3	3.4	0.2	5.9
7	*Encelia farinosa*	Incienso	458	545	62.1	21.3	2.7	86.2
8	*Eysenhardtia orthocarpa*	Palo dulce	2	2	0.3	1.1	4.1	5.5
9	*Forestiera angustifolia*	Panalero	2	2	0.3	1.1	1.9	3.3
10	*Fouquieria macdougalii*	Palo verde	1	1	0.1	1.1	11.6	12.8
11	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	7	8	0.9	2.2	21.6	24.8
12	*Jatropha cardiophylla*	Sangre de grado	24	29	3.3	10.1	2.3	15.7
13	*Jatropha cuneata*	Matacora	1	1	0.1	1.1	5.7	7.0
14	*Krameria erecta*	Mezquitillo	34	40	4.6	3.4	0.8	8.8
15	*Larrea tridentata*	Gobernadora	1	1	0.1	1.1	3.4	4.6
16	*Lycium andersonii*	Frutilla	14	17	1.9	4.5	3.8	10.2
17	*Lycium berlandieri*	Bachata	79	94	10.7	16.9	2.3	29.8
18	*Mimosa distachya*	Garcabato	35	42	4.7	9.0	7.2	20.9
19	*Mimosa dysocarpa*	Uña de gato terciopelo	3	4	0.4	1.1	12.8	14.4
20	*Randia thurberi*	Pápachi	10	12	1.4	5.6	2.9	9.9
21	*Senegalia greggii*	Uña de gato	1	1	0.1	1.1	0.1	1.4
TOTAL			737	877	100	100	100	300

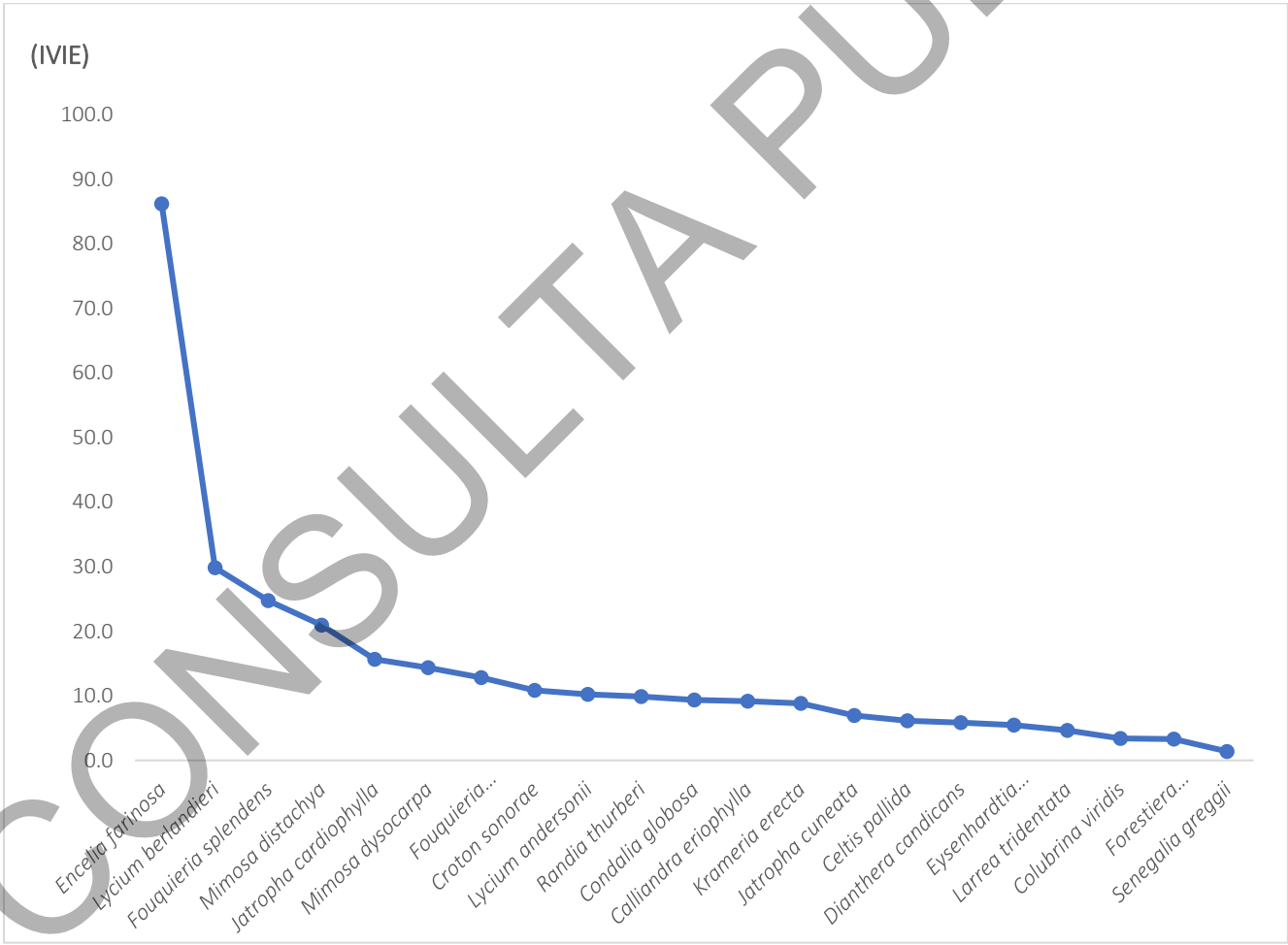
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

El estrato arbustivo presenta una marcada dominancia de *Encelia farinosa* (Incienso), la cual registró el mayor Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) con un 86.2%, sustentado principalmente por su elevada densidad relativa (62.1%) y su alta frecuencia relativa (21.3%), posicionándose como el elemento estructural dominante del estrato. Le siguen en orden de importancia ecológica *Lycium berlandieri* (Bachata) con un IVIE de 29.8% (destacando en densidad y frecuencia), *Fouquieria splendens* (Ocotillo) con un IVIE de 24.8% (impulsado por una dominancia relativa del 21.6%) y *Mimosa distachya* (Garcabato) con un IVIE de 20.9%.

Por su parte, especies como *Jatropha cardiophylla* (Sangre de grado) (IVIE 15.7%), *Mimosa dysocarpa* (Uña de gato terciopelo) (IVIE 14.4%) y *Fouquieria macdougalii* (Palo verde) (IVIE 12.8%) actúan como componentes secundarios de relevancia dentro de la estructura. El resto de las especies registradas complementan la diversidad y cobertura del estrato con aportaciones menores al valor de importancia global.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.



Gráfica. 2. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato arbustivo de VSa/MKX en la RE

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de cactáceas

Para la caracterización del estrato de cactáceas, el esfuerzo de muestreo abarcó 28 sitios, contabilizando un total de 225 ejemplares (con una densidad estimada de 268 ind/ha) distribuidos en 11 especies. Dentro de este grupo se registraron tres especies sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Cochemiea mainiae* (biznaguita de Main), *Cochemiea sheldonii* (biznaguita de Sheldon) y *Lophocereus schottii* (garambullo o sinita).

Tabla 4. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato de cactáceas para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	1	1	0.4	4.5	0.0	5.0
2	*Cochemiea sheldonii*	Biznaguita de Sheldon	15	18	6.7	9.1	0.1	15.8
3	*Cylindropuntia arbuscula*	Cholla sipiri	1	1	0.4	4.5	23.2	28.2
4	*Cylindropuntia fulgida*	Choya brincona	158	188	70.2	13.6	0.4	84.3
5	*Cylindropuntia leptocaulis*	Tasajillo	2	2	0.9	4.5	0.5	6.0
6	*Ferocactus emoryi*	Biznaga de Emory	1	1	0.4	4.5	0.3	5.3
7	*Lophocereus schottii*	Garambullo	31	37	13.8	27.3	9.8	50.9
8	*Pachycereus pringlei*	Cardón	1	1	0.4	4.5	0.4	5.4
9	*Peniocereus striatus*	Saguaro de la virgen	7	8	3.1	9.1	2.4	14.6
10	*Stenocereus alamosensis*	Sina	3	4	1.3	4.5	4.7	10.5
11	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya dulce	5	6	2.2	13.6	58.1	73.9
TOTAL			225	268	100	100	100	300

Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

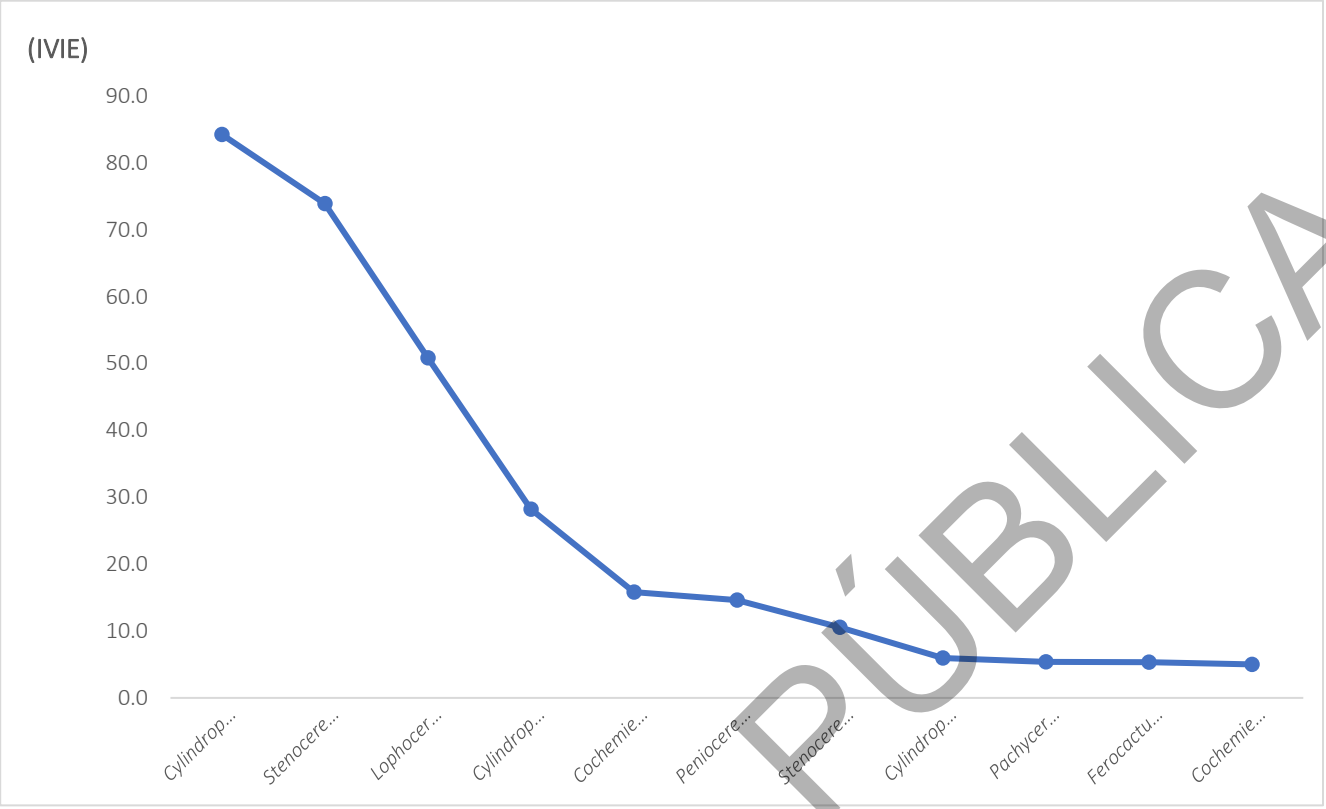
Para la caracterización del estrato de cactáceas, el esfuerzo de muestreo abarcó 28 sitios, contabilizando un total de 225 ejemplares (con una densidad estimada de 268 ind/ha) distribuidos en 11 especies. Dentro de este grupo se registraron tres especies sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019): *Cochemiea mainiae* (biznaguita de Main), *Cochemiea sheldonii* (biznaguita de Sheldon) y *Lophocereus schottii* (garambullo o sinita).

En términos de estructura ecológica, la comunidad se encuentra encabezada por *Cylindropuntia fulgida* (Choya brincona) con el mayor Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) alcanzando un 84.3%, empujado principalmente por su notable densidad relativa (70.2%). Le sigue en importancia *Stenocereus thurberi* (Pitahaya dulce) con un IVIE de 73.9%, cuya relevancia radica en su sobresaliente dominancia relativa (58.1%), así como *Lophocereus schottii* (Garambullo) con un IVIE del 50.9%, especie que registró la mayor frecuencia relativa del estrato (27.3%).

Adicionalmente, *Cylindropuntia arbuscula* (Cholla sipiri) destaca por su aporte a la cobertura (DR del 23.2%) finalizando con un IVIE de 28.2%, mientras que especies como *Cochemiea sheldonii* (IVIE 15.8%), *Peniocereus striatus* (IVIE 14.6%) y *Stenocereus alamosensis* (IVIE 10.5%) actúan como elementos complementarios de la estructura. El resto de las especies (*Cylindropuntia leptocaulis*, *Pachycereus pringlei*, *Ferocactus emoryi* y *Cochemiea mainiae*) presentan representaciones menores dentro de la composición florística del estrato.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 3. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato cactáceas de VSa/MKX en la RE

Estrato de bejucos

La representación del estrato de bejucos estuvo integrada por 4 especies, contabilizando 38 ejemplares en los 28 sitios evaluados (densidad de 45 ind/ha). Al cotejar el listado florístico con la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), se determinó que ninguna de las especies registradas presenta estatus de protección.

Tabla 5. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato de bejucos para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Cardiospermum corindum*	Farolito	2	2	5.3	12.5	25.5	43.3
2	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	10	12	26.3	12.5	10.0	48.8
3	*Ibervillea sonorae*	Guarequi	6	7	15.8	25.0	53.7	94.5
4	*Janusia gracilis*	Bejuco rojo	20	24	52.6	50.0	10.8	113.4
TOTAL			**38**	**45**	**100**	**100**	**100**	**300**

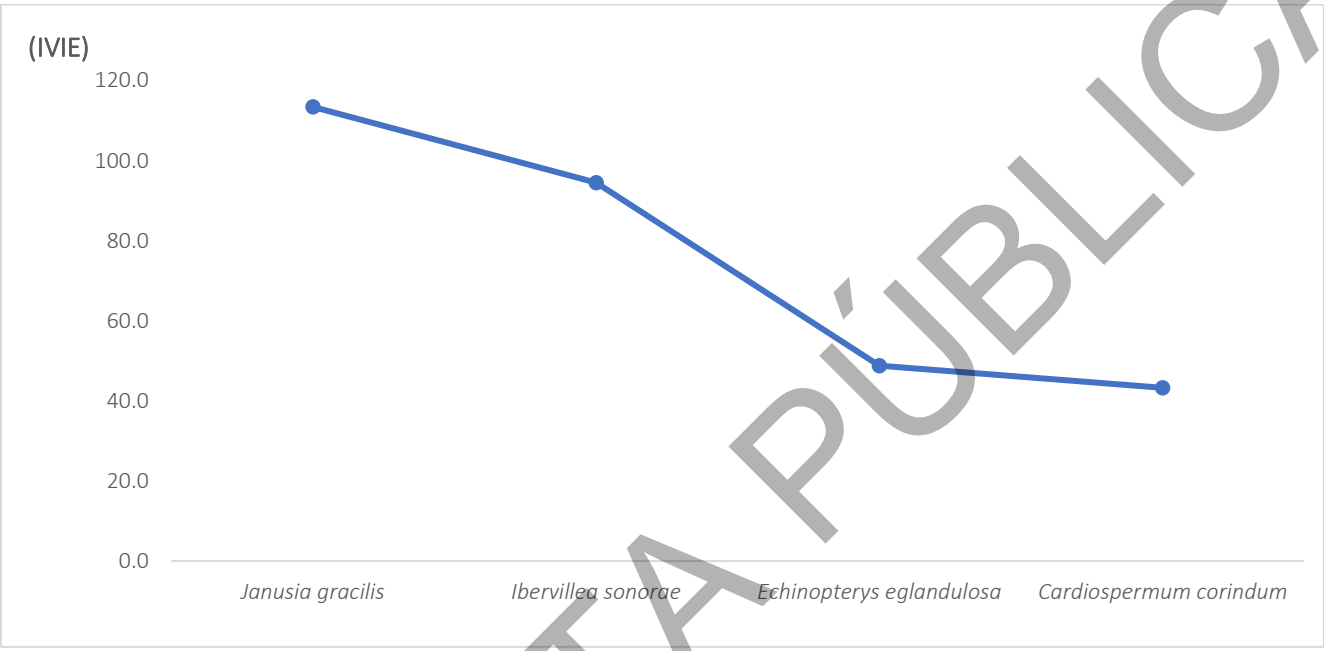
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

En el análisis de la estructura ecológica, *Janusia gracilis* (Bejuco rojo) se posiciona como la especie de mayor relevancia con un Indice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) del 113.4 %, sobresaliendo tanto por su alta densidad relativa (52.6 %) como por su presencia constante al registrar la mayor frecuencia relativa del estrato (50.0 %). Le sigue en jerarquía ecológica *Ibervillea sonorae* (Guarequi) con un IVIE del 94.5 %, destacando por aportar la mayor dominancia relativa de la comunidad trepadora (53.7 %).

CONSULTA PÚBLICA

Finalmente, *Echinopterys eglandulosa* (Bejuco de margarita) y *Cardiospermum corindum* (Farolito) completan la composición del estrato alcanzando valores de IVIE de 48.8 % y 43.3 % respectivamente, actuando como componentes complementarios dentro de la fisonomía vegetal.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.



Gráfica. 4. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato cactáceas de VSa/MKX en la RE

Estrato herbáceo

En lo que atañe al estrato herbáceo, el inventario realizado en los 28 sitios de muestreo registró un total de 1,705 individuos (densidad estimada de 152,232 ind/ha) pertenecientes a 20 especies. Al contrastar esta información con los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), se concluye que ninguna de las especies de este estrato se encuentra bajo alguna categoría de protección especial o de riesgo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 6. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato herbáceo para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Abutilon abutiloides*	Pintapan	52	4,643	3.0	4.4	7.6	15.1
2	*Allionia incarnata*	Hierba de la viuda	19	1,696	1.1	2.2	2.2	5.5
3	*Argythamnia serrata*	Hierba del cáncer	78	6,964	4.6	6.6	4.7	15.9
4	*Aristida californica*	Zacate tres barbas	428	38,214	25.1	19.8	4.9	49.8
5	*Boerhavia erecta*	Cabaña	69	6,161	4.0	2.2	8.7	15.0
6	*Boerhavia triquetra*	Hierba de la hormiga	98	8,750	5.7	3.3	8.7	17.8
7	*Boerhavia xanti*	Mochicohi	355	31,696	20.8	12.1	8.1	41.0
8	*Bouteloua aristidoides*	Aceitilla	91	8,125	5.3	3.3	6.5	15.2
9	*Bouteloua barbata*	Navajita barbado	125	11,161	7.3	8.8	7.1	23.2
10	*Bouteloua diversispicula*	Zacate navajita	122	10,893	7.2	7.7	5.3	20.1
11	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	27	2,411	1.6	5.5	9.1	16.2
12	*Datura discolor*	Toloache	2	179	0.1	1.1	4.4	5.6
13	*Euphorbia florida*	Golondrina	75	6,696	4.4	6.6	2.2	13.2
14	*Euphorbia hirta*	Golondrina	26	2,321	1.5	2.2	2.2	5.9
15	*Evolvulus arizonicus*	Campanilla azul	7	625	0.4	1.1	2.2	3.7
16	*Kallstroemia grandiflora*	Baistema	10	893	0.6	2.2	2.6	5.4
17	*Marina parryi*	Marina	26	2,321	1.5	2.2	3.3	7.0
18	*Pectis filipes*	Limoncillo	34	3,036	2.0	3.3	2.9	8.2
19	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	54	4,821	3.2	3.3	5.8	12.3
20	*Tidestromia lanuginosa*	Hierba lanuda	7	625	0.4	2.2	1.5	4.1
TOTAL			1,705	152,232	100	100	100	300

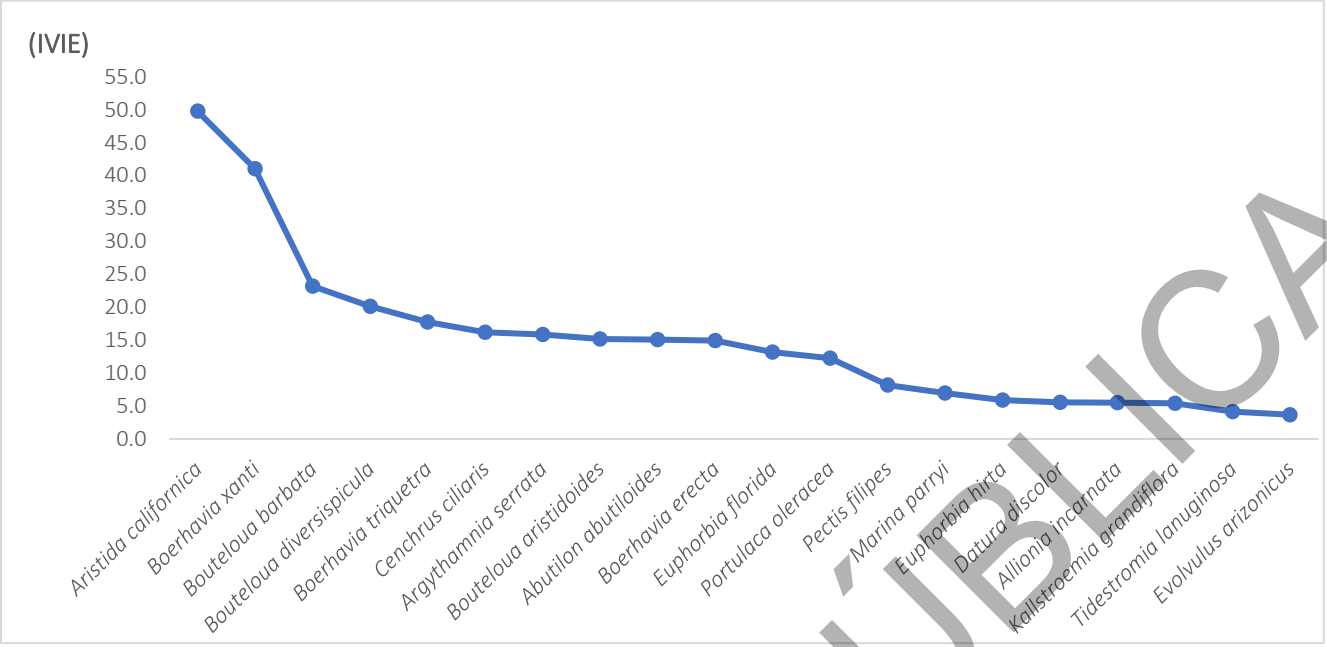
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

Desde la perspectiva de la composición y estructura ecológica, la comunidad está predominantemente liderada por *Aristida californica* (Zacate tres barbas), la cual alcanzó el mayor Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) con un 49.8 %, respaldado por su alta densidad relativa (25.1 %) y la máxima frecuencia del estrato (19.8 %). Le sigue en jerarquía *Boerhavia xanti* (Mochicohi) con un IVIE del 41.0 %, destacando también en densidad (20.8 %) y frecuencia (12.1 %).

De igual forma, gramíneas como *Bouteloua barbata* (Navajita barbado) (IVIE 23.2 %) y *Bouteloua diversispicula* (Zacate navajita) (IVIE 20.1 %) representan componentes de relevante valor estructural en la cobertura del suelo. Por su parte, especies como *Boerhavia triquetra* (IVIE 17.8 %), *Cenchrus ciliaris* (IVIE 16.2 %), *Argythamnia serrata* (IVIE 15.9 %), *Bouteloua aristidoides* (IVIE 15.2 %), *Abutilon abutiloides* (IVIE 15.1 %) y *Boerhavia erecta* (IVIE 15.0 %) participan de manera activa en la heterogeneidad del estrato. Las 10 especies restantes completan la composición florística con aportes secundarios al IVIE.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 5. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato herbáceo en la VSa/MKX

I.1.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SHANNON Y EQUIDAD DE ESPECIES

La diversidad alfa representa la diversidad de especies a lo largo de todas las subunidades (o escalas) locales relevantes (es este caso por tipo de vegetación), y por definición abarca dos variables importantes: la riqueza de especies, y la abundancia relativa de especies. Existen muchos índices para calcular diversidad alfa. La gran mayoría de estos índices de diversidad utilizan los valores de riqueza y abundancia relativa, solamente que las operaciones matemáticas de estos valores se organizan de diferentes formas.

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equidad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitatividad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitatividad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitatividad).

Para describir la diversidad de las comunidades vegetales registradas en la RE se utilizaron las siguientes métricas de riqueza, diversidad, equidad y dominancia.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.1 Metodología utilizada

A continuación, se presentan las principales metodologías para poder determinar las diferentes métricas de diversidad.

1) Riqueza especifica

Por lo general es la manera más sencilla para poder medir la biodiversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en una comunidad particular, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas.

2) Índice de Margalef

El índice de Margalef se considera uno de los índices más simples para poder medir la riqueza de especies, este índice se basa en el número total de especies con relación al total de individuos observados, el resultado nos expresa la alta o baja diversidad que el ecosistema presenta (Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{ln\,(N)}$$

Dónde:

DMg = índice de riqueza de Margalef.
S = número de especies.
N = número total de individuos.

De acuerdo con Campo y Duval en el 2014, una comunidad o área ecológica integra una baja diversidad cuando los valores obtenidos mediante este índice tienden ser inferiores a 2, una diversidad media cuando los valores corresponden de 2 a 5, y una alta diversidad si los valores son superiores a 5.

3) Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener es el más utilizado en ecología para el análisis de comunidades, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (House P., *et. al*. 2006). Este índice nos da como resultado la diversidad existente para una determinada área de estudio, es decir, entre mayor sea el grado de incertidumbre mayor será la diversidad.

$$H = -\sum p_i ln(p_i)$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-Wiener.
Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
LnPi= logaritmo natural de Pi.

El Índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S (Riqueza específica), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. (Magurran, 1988). El Índice de Shannon-Wiener nos describe un parámetro de 0 a 5 donde 0 (Cero o nulo) refiere que dos individuos

CONSULTA PÚBLICA

en el sitio pertenecen todos a la misma especie, de 0 a 2 refiere que la muestra obtiene una diversidad baja, valores entre 2 a 3 refiere una diversidad media y valores mayores a 3 describe una diversidad alta.

4) Diversidad Máxima

El máximo valor de este índice para un número determinado de especies se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Hmax = ln(S)}$$

5) Equitatividad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{J = \frac{H'}{ln(S)}}$$

Donde:

J= Equitatividad de Pielou.
H = Índice de diversidad de Shannon.
Ln (S)= Logaritmo natural del número de especies (o riqueza).

Los rangos para medir la significancia de este índice se basan entre 0-1, una baja equidad (heterogéneo) cuando el índice adquiere valores de 0 a 0.35, una equidad media al comprender valores de 0.36 a 0.70, y una alta equidad (Homogéneo) cuando el valor obtenido es mayor a 0.71, (Aguirre, 2013).

6) Índice de Berger-Parker

Este índice nos expresa la proporción que representa la especie más dominante, en relación con el resto de las especies, este índice adolece de un bajo poder discriminante, es poco sensible al tamaño muestral y cuanto más alto es su valor, menor equitatividad presentará la muestra analizada, (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{d = \frac{N_{max}}{N}}$$

Donde:

d = Índice de Berger-Parker
N_{max} = Número de individuos de la especie más dominante.
N = Número de individuos de toda la muestra.

Los resultados obtenidos de los índices antes descritos se presentan a continuación para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), por estrato (arbóreo, arbustivo, cactáceas y herbáceo). Se anexan hojas de cálculo en formato Excel (ANEXO 23).

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.2 Resultados y análisis para la Región Ecológica (RE)

A continuación, se presentan los índices de valor de importancia para cada estrato para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

Estrato arbóreo-juveniles

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad.

Tabla 7. Valores de diversidad de especies del estrato arbóreo-juveniles para el tipo de vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Bursera laxiflora*	Torote copal	15	18	0.09	-2.42	0.21
2	*Bursera microphylla*	Torote rojo	5	6	0.03	-3.52	0.10
3	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	8	10	0.05	-3.05	0.14
4	*Jatropha cordata*	Torote chino	1	1	0.01	-5.13	0.03
5	*Neltuma velutina*	Mezquite terciopelo	36	43	0.21	-1.55	0.33
6	*Olneya tesota*	Palo fierro	40	48	0.24	-1.44	0.34
7	*Parkinsonia aculeata*	Palo verde	1	1	0.01	-5.13	0.03
8	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde matorralero	62	74	0.37	-1.00	0.37
9	*Vachellia farnesiana*	Huizache	1	1	0.01	-5.13	0.03
Total			**169**	**201**	**-**	**-**	**1.6**
				Riqueza específica (S)			**9**
				Índice de Margalef (SMg)			**1.56**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.59**
				Diversidad máxima (H max)			**2.20**
				Equidad de Pielou (J)			**0.72**
				Índice de Berger-Parker			**0.37**

El análisis estructural de la comunidad arbórea y de juveniles refleja una riqueza de 9 especies distribuidas en un total de 169 individuos (201 ind/ha). La dominancia del estrato se encuentra concentrada principalmente en *Parkinsonia microphylla* (Palo verde matorralero), la cual registra la mayor abundancia relativa (Pi = 0.37) y una densidad de 74 ind/ha, seguida de *Olneya tesota* (Palo fierro; Pi = 0.24) y *Neltuma velutina* (Mezquite terciopelo; Pi = 0.21). En conjunto, estas tres especies representan más del 80 % de los individuos registrados, mientras que especies como Jatropha cordata, *Parkinsonia aculeata* y *Vachellia farnesiana* presentan una presencia marginal (Pi = 0.01).

En relación con los índices de biodiversidad, el índice de Margalef (DMg = 1.56) muestra una riqueza de especies moderada para la superficie evaluada. Por su parte, el índice de Shannon-Wiener (H' = 1.59) indica una diversidad alfa intermedia en comparación con la diversidad máxima esperada (H'máx = 2.20), influenciada de manera directa por la concentración de abundancia en las especies dominantes. Esto se complementa con el índice de Berger-Parker (d = 0.37), el cual confirma que la especie más abundante abarca poco más del tercio de la población total del estrato.

Finalmente, la equitativa distribución de las abundancias se evalúa mediante la equidad de Pielou (J' = 0.72). Este valor sugiere una uniformidad media-alta en la representatividad de los taxones dentro de la comunidad vegetal, señalando que, a pesar de la marcada dominancia de P. microphylla, el resto de los componentes florísticos mantiene una proporción relativamente equilibrada que sostiene la estructura y funcionalidad del estrato arbóreo-juvenil.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato arbustivo

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad.

Tabla 8. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato arbustivo para el tipo de vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	23	27	0.03	-3.47	0.11
2	*Celtis pallida*	Granjeno	1	1	0.00	-6.60	0.01
3	*Colubrina viridis*	Palo colorado	3	4	0.00	-5.50	0.02
4	*Condalia globosa*	Coronilla	6	7	0.01	-4.81	0.04
5	*Croton sonorae*	Vara blanca	15	18	0.02	-3.89	0.08
6	*Dianthera candicans*	Chuparrosa	17	20	0.02	-3.77	0.09
7	*Encelia farinosa*	Incienso	458	545	0.62	-0.48	0.30
8	*Eysenhardtia orthocarpa*	Palo dulce	2	2	0.00	-5.91	0.02
9	*Forestiera angustifolia*	Panalero	2	2	0.00	-5.91	0.02
10	*Fouquieria macdougalii*	Palo verde	1	1	0.00	-6.60	0.01
11	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	7	8	0.01	-4.66	0.04
12	*Jatropha cardiophylla*	Sangre de grado	24	29	0.03	-3.42	0.11
13	*Jatropha cuneata*	Matacora	1	1	0.00	-6.60	0.01
14	*Krameria erecta*	Mezquitillo	34	40	0.05	-3.08	0.14
15	*Larrea tridentata*	Gobernadora	1	1	0.00	-6.60	0.01
16	*Lycium andersonii*	Frutilla	14	17	0.02	-3.96	0.08
17	*Lycium berlandieri*	Bachata	79	94	0.11	-2.23	0.24
18	*Mimosa distachya*	Garcabato	35	42	0.05	-3.05	0.14
19	*Mimosa dysocarpa*	Uña de gato terciopelo	3	4	0.00	-5.50	0.02
20	*Randia thurberi*	Pápachi	10	12	0.01	-4.30	0.06
21	*Senegalia greggii*	Uña de gato	1	1	0.00	-6.60	0.01
Total			**737**	**877**	-	-	**1.5**
				Riqueza específica (S)			**21**
				Índice de Margalef (SMg)			**3.03**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.55**
				Diversidad máxima (H max)			**3.04**
				Equidad de Pielou (J)			**0.51**
				Índice de Berger-Parker			**0.62**

El análisis estructural del estrato arbustivo revela una riqueza específica de 21 especies con un total de 737 individuos registrados (877 ind/ha). La comunidad presenta una dominancia absoluta encabezada por *Encelia farinosa* (Incienso), especie que concentra el 62 % de la abundancia total del estrato (PI = 0.62) y alcanza una densidad de 545 ind/ha. Le siguen con representaciones menores Lycium berlandieri (Bachata; PI = 0.11), *Mimosa distachya* (Garcabato; PI = 0.05) y *Krameria erecta* (Mezquitillo; PI = 0.05). Por el contrario, un grupo nutrido de especies como *Celtis pallida, Jatropha cuneata y Larrea tridentata* registran presencias muy escasas (PI = 0.00).

En lo referente a los parámetros de biodiversidad, el índice de Margalef (SMg = 3.03) indica una riqueza alta de especies para esta sinusia. Sin embargo, el índice de Shannon-Wiener (H = 1.55) muestra una diversidad alfa baja en relación con la diversidad máxima posible (H max = 3.04), lo cual refleja un sesgo importante en la estructura del estrato generado por el carácter dominante de *E. farinosa*. Esto queda respaldado por el índice de Berger-Parker (0.62), el cual confirma que casi dos terceras partes de la población total pertenecen a una sola especie.

Finalmente, la equidad de Pielou (J = 0.51) arroja una uniformidad intermedia-baja, señalando que la abundancia de los individuos no se distribuye de manera homogénea entre las 21 especies registradas, sino que se encuentra mayoritariamente supeditada al predominio de la especie principal dentro de la cobertura de matorral.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de Cactáceas

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad.

Tabla 9. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato de cactáceas para la vegetación VSa/MKX en la RE

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	1	1	0.00	-5.42	0.02
2	*Cochemiea sheldonii*	Biznaguita de Sheldon	15	18	0.07	-2.71	0.18
3	*Cylindropuntia arbuscula*	Cholla sipiri	1	1	0.00	-5.42	0.02
4	*Cylindropuntia fulgida*	Choya brincona	158	188	0.70	-0.35	0.25
5	*Cylindropuntia leptocaulis*	Tasajillo	2	2	0.01	-4.72	0.04
6	*Ferocactus emoryi*	Biznaga de Emory	1	1	0.00	-5.42	0.02
7	*Lophocereus schottii*	Garambullo	31	37	0.14	-1.98	0.27
8	*Pachycereus pringlei*	Cardón	1	1	0.00	-5.42	0.02
9	*Peniocereus striatus*	Saguaro de la virgen	7	8	0.03	-3.47	0.11
10	*Stenocereus alamosensis*	Sina	3	4	0.01	-4.32	0.06
11	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya dulce	5	6	0.02	-3.81	0.08
Total			**225**	**268**	**1**	**-**	**1.1**
				Riqueza específica (S)			**11**
				Índice de Margalef (SMg)			**1.85**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.09**
				Diversidad máxima (H max)			**2.40**
				Equidad de Pielou (J)			**0.45**
				Índice de Berger-Parker			**0.70**

El análisis estructural del estrato de cactáceas exhibe una riqueza específica de 11 especies y un total de 225 ejemplares registrados (268 ind/ha). La composición muestra una marcada concentración poblacional en *Cylindropuntia fulgida* (Choya brincona), la cual abarca el 70 % de la abundancia total (PI = 0.70) con una densidad de 188 ind/ha. Le siguen en representatividad *Lophocereus schottii* (Garambullo; PI = 0.14) y *Cochemiea sheldonii* (Biznaguita de Sheldon; PI = 0.07), mientras que cactáceas de mayor porte como *Pachycereus pringlei* o especies más conspicuas como *Ferocactus emoryi* y *Cochemiea mainiae* presentan registros mínimos (PI = 0.00).

En cuanto a los índices de biodiversidad, el índice de Margalef (SMg = 1.85) señala una riqueza de especies moderada para el área evaluada. El índice de Shannon-Wiener (H = 1.09) refleja una diversidad alfa reducida respecto a su valor máximo potencial (H max = 2.40), condicionada fuertemente por la dominancia de C. fulgida. Esta concentración de la abundancia en un solo taxón se valida con el índice de Berger-Parker (0.70), confirmando que el 70 % de la población del estrato corresponde a la misma especie.

Por último, la equidad de Pielou (J = 0.45) registra un valor bajo, lo que indica una distribución marcadamente heterogénea de los individuos entre las especies del estrato, denotando una comunidad de cactáceas donde la representatividad está fuertemente polarizada hacia la especie dominante dentro del matorral.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de bejucos

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad.

Tabla 10. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato de bejucos para la vegetación VSa/MKX en la RE

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Cardiospermum corindum*	Farolito	2	2	0.05	-2.94	0.15
2	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	10	12	0.26	-1.34	0.35
3	*Ibervillea sonorae*	Guarequi	6	7	0.16	-1.85	0.29
4	*Janusia gracilis*	Bejuco rojo	20	24	0.53	-0.64	0.34
Total			**38**	**45**	**1**	**-**	**1.1**
				Riqueza específica (S)			**4**
				Índice de Margalef (SMg)			**0.82**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.14**
				Diversidad máxima (H max)			**1.39**
				Equidad de Pielou (J)			**0.82**
				Índice de Berger-Parker			**0.53**

El análisis estructural del estrato de bejucos evidencia una riqueza reducida de 4 especies con un total de 38 individuos registrados (45 ind/ha). La dominancia del estrato se encuentra encabezada por *Janusia gracilis* (Bejuco rojo), la cual representa más de la mitad de los ejemplares de la comunidad (PI = 0.53) con una densidad de 24 ind/ha. Le siguen en importancia poblacional *Echinopterys eglandulosa* (Bejuco de margarita; PI = 0.26) e *Ibervillea sonorae* (Guarequi; PI = 0.16), mientras que *Cardiospermum corindum* (Farolito) presenta la participación más baja en el estrato (PI = 0.05).

En relación con los parámetros de biodiversidad, el índice de Margalef (SMg = 0.82) confirma una riqueza de especies baja, acorde al tipo de sinusia trepadora. No obstante, el índice de Shannon-Wiener (H = 1.14) refleja un valor relativamente cercano a la diversidad máxima esperada (H max = 1.39). Esto se ratifica con el índice de Berger-Parker (0.53), el cual señala que la especie principal abarca un poco más del 50 % de la abundancia total del estrato.

Finalmente, la equidad de Pielou (J = 0.82) muestra un valor elevado de uniformidad, lo que indica que, a pesar de la baja riqueza de especies, la abundancia de los individuos se encuentra distribuida de forma bastante equitativa entre los taxones presentes, manteniendo una composición proporcionalmente balanceada dentro de la estructura vegetal.

Estrato herbáceo

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad.

Tabla 11. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato herbáceo para la vegetación de VSa/MKX en la RE

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Abutilon abutiloides*	Pintapan	52	4,643	0.03	-3.49	0.11
2	*Allionia incarnata*	Hierba de la viuda	19	1,696	0.01	-4.50	0.05
3	*Argythamnia serrata*	Hierba del cáncer	78	6,964	0.05	-3.08	0.14
4	*Aristida californica*	Zacate tres barbas	428	38,214	0.25	-1.38	0.35
5	*Boerhavia erecta*	Cabaña	69	6,161	0.04	-3.21	0.13
6	*Boerhavia triquetra*	Hierba de la hormiga	98	8,750	0.06	-2.86	0.16
7	*Boerhavia xanti*	Mochicohi	355	31,696	0.21	-1.57	0.33
8	*Bouteloua aristidoides*	Aceitilla	91	8,125	0.05	-2.93	0.16

CONSULTA PÚBLICA

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
9	*Bouteloua barbata*	Navajita barbado	125	11,161	0.07	-2.61	0.19
10	*Bouteloua diversispicula*	Zacate navajita	122	10,893	0.07	-2.64	0.19
11	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	27	2,411	0.02	-4.15	0.07
12	*Datura discolor*	Toloache	2	179	0.00	-6.75	0.01
13	*Euphorbia florida*	Golondrina	75	6,696	0.04	-3.12	0.14
14	*Euphorbia hirta*	Golondrina	26	2,321	0.02	-4.18	0.06
15	*Evolvulus arizonicus*	Campanilla azul	7	625	0.00	-5.50	0.02
16	*Kallstroemia grandiflora*	Baistema	10	893	0.01	-5.14	0.03
17	*Marina parryi*	Marina	26	2,321	0.02	-4.18	0.06
18	*Pectis filipes*	Limoncillo	34	3,036	0.02	-3.91	0.08
19	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	54	4,821	0.03	-3.45	0.11
20	*Tidestromia lanuginosa*	Hierba lanuda	7	625	0.00	-5.50	0.02
Total			**1,705**	**152,232**	**-**	**-**	**2.4**

Riqueza específica (S)	**20**
Índice de Margalef (SMg)	**2.55**
Índice de Shannon-Wiener (H)	**2.40**
Diversidad máxima (H max)	**3.00**
Equidad de Pielou (J)	**0.80**
Índice de Berger-Parker	**0.25**

El análisis estructural del estrato herbáceo registra una riqueza específica de 20 especies con un total de 1,705 individuos contabilizados (152,232 ind/ha). La dominancia del estrato se encuentra encabezada por *Aristida californica* (Zacate tres barbas), la cual representa una cuarta parte de la abundancia total (PI = 0.25) con una densidad de 38,214 ind/ha. Le sigue en importancia *Boerhavia xanti* (Mochicohi; PI = 0.21) con 31,696 ind/ha, mientras que gramíneas como *Bouteloua barbata* (Navajita barbado; PI = 0.07) y *Bouteloua diversispicula* (Zacate navajita; PI = 0.07) aportan valores moderados. En contraste, especies como *Datura discolor*, *Evolvulus arizonicus* y *Tidestromia lanuginos*a registran una presencia marginal en la comunidad (PI = 0.00).

En cuanto a los parámetros de biodiversidad, el índice de Margalef (SMg = 2.55) indica una riqueza alta de especies para este tipo de vegetación. El índice de Shannon-Wiener (H = 2.40) refleja una elevada diversidad alfa en relación con la diversidad máxima esperada (H max = 3.00), lo que sugiere una estructura florística heterogénea. Esto se corrobora con el índice de Berger-Parker (0.25), el cual confirma una baja dominancia concentrada, dado que la especie más abundante abarca solo el 25 % de la población total del estrato.

Finalmente, la equidad de Pielou (J = 0.80) muestra un valor alto de uniformidad, lo que denota una distribución bastante homogénea y equilibrada en las abundancias de los individuos a lo largo de las 20 especies presentes, conformando un estrato herbáceo con una composición florística diversa y bien estructurada.

CONSULTA PÚBLICA

I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP)

Los datos obtenidos del muestreo realizado en campo dentro del área sujeta a CUSTF, fueron capturados en hojas de cálculo Excel, donde mediante tablas dinámicas se obtuvieron los datos de una forma sintetizada. A continuación, se presentan los cálculos obtenidos del valor de importancia y los diferentes índices de Shannon-Wiener.

I.2.1 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA

I.2.1.1 Metodología utilizada

El índice de valor de importancia ecológico **(IVIE)** es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad. Este valor es resultado de la suma de la **Densidad relativa (Dr)**, **Dominancia Relativa (DR)**, y la **Frecuencia Relativa (FR)**, siendo 300 % el valor máximo (considerando que cada parámetro suma un 100 %); mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes (House P., *et. al*. 2006).

A continuación, se establecen las definiciones de los elementos estructurales de la vegetación:

Abundancia. Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Montes, C.A. *et al*, 2014).

$$\textbf{\textit{Abundancia por hectárea}} = \frac{\textit{Número de individuos de una especie}}{\textit{Área muestreada}}$$

$$\textbf{\textit{Densidad relativa}} = \frac{\textit{Densidad por hectárea por especie}}{\textit{Densidad por hectárea de todas las especies}} x100$$

Frecuencia. Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas (en este caso sobre la muestra), o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje, la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Montes, C.A. *et al*, 2014).

$$\textbf{\textit{Frecuencia absoluta}} = \frac{\textit{Núm.de sitios en los que se presenta cada especie}}{n\ (\textit{número de sitios muestreados})}$$

$$\textbf{\textit{Frecuencia relativa}} = \frac{\textit{Frecuencia por cada especie}}{\textit{Frecuencia de todas las especies}} x100$$

Dominancia. Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo (Montes, C.A. *et al*, 2014).

CONSULTA PÚBLICA

$$\textbf{\textit{Cobertura de una especie}} = \frac{\pi * (Diámetro\ mayor\ de\ copa + Diámetro\ menor\ de\ copa)_2}{4}$$

$$\textbf{\textit{Dominancia}} = \frac{Cobertura\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$\textbf{\textit{Dominancia relativa}} = \frac{Área\ basal\ total\ de\ una\ especie}{Dominancia\ de\ todas\ las\ espcies} x100$$

Índice de valor de importancia ecológica (IVIE). Formulado por Curtis & Mc Intosh (1951), y se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia y la dominancia relativa. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVIE similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica.

***Índice de Valor de Importancia** ecológica(IVIE)*

IVIE = Dominancia relativa + densidad relativa + frecuencia relativa

Los parámetros necesarios para el cálculo del IVIE se describe en la siguiente tabla.

Tabla 12. Parámetros ecológicos para la comunidad vegetal en el área del CUSTF

PARÁMETROS	ESTRATOS	
	ARBÓREO, ARBUSTIVO, CACTÁCEAS Y BEJUCOS	HERBÁCEO
Abundancia	Número de individuos por unidad de superficie.	Número de individuos por unidad de superficie. Pastos: número de macollos de cada especie por unidad de superficie.
Densidad relativa	(Individuos por hectárea de una especie / total de individuos por hectárea de todas las especies) X 100.	(Individuos de una especie / total de individuos) X 100. Pastos: (Número de macollos de una especie/total de individuos) x 100.
Abundancia por hectárea	Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos.	Número de individuos de una especie / Área muestreada
Frecuencia	Número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras	Número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras.
Frecuencia relativa	Frecuencia de una especie/ Frecuencia total de las especies x 100.	Frecuencia de una especie/ Frecuencia total de las especies x 100.
Dominancia	Dominancia en estructura horizontal: cobertura de copa de cada especie por unidad de superficie.	Dominancia en estructura vertical: Altura promedio de cada especie.
Dominancia relativa	(Dominancia de una especie / Dominancia de todas las especies) X 100.	(Dominancia de una especie / Dominancia de todas las especies) X 100.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del IVIE por estratos para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX); cabe mencionar que el IVIE se expresó en una escala de 0 a 300 %. Se anexan hojas de cálculo en formato Excel (ANEXO 23).

CONSULTA PÚBLICA

I.2.1.2 Resultados y Análisis

Estrato arbóreo-juveniles

En lo que respecta al área forestal del proyecto para el estrato arbóreo-juveniles, se registró un total de 155 individuos dentro del muestreo, lo que representa una densidad promedio de 185 ind/ha. Este estrato está integrado por una riqueza específica de 5 especies, dentro de las cuales destaca la presencia de *Olneya tesota* (palo fierro), catalogada en la categoría de Sujeta a Protección Especial (**Pr**) de conformidad con la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su Anexo Normativo III vigente (DOF 14/11/2019).

Las 4 especies restantes de este grupo no se encuentran listadas en dicha norma ambiental.

Tabla 13. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato arbóreo-juveniles para la vegetación de VSa/MKX en el CUSTF

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Bursera laxiflora*	Torote copal	9	11	5.8	8.5	17.9	32.2
2	*Bursera microphylla*	Torote rojo	11	13	7.1	34.0	18.1	59.2
3	*Neltuma velutina*	Mezquite terciopelo	71	85	45.8	4.3	17.0	67.0
4	*Olneya tesota*	Palo fierro	24	29	15.5	34.0	29.2	78.7
5	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde matorralero	40	48	25.8	19.1	17.9	62.8
TOTAL			**155**	**185**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**300.0**

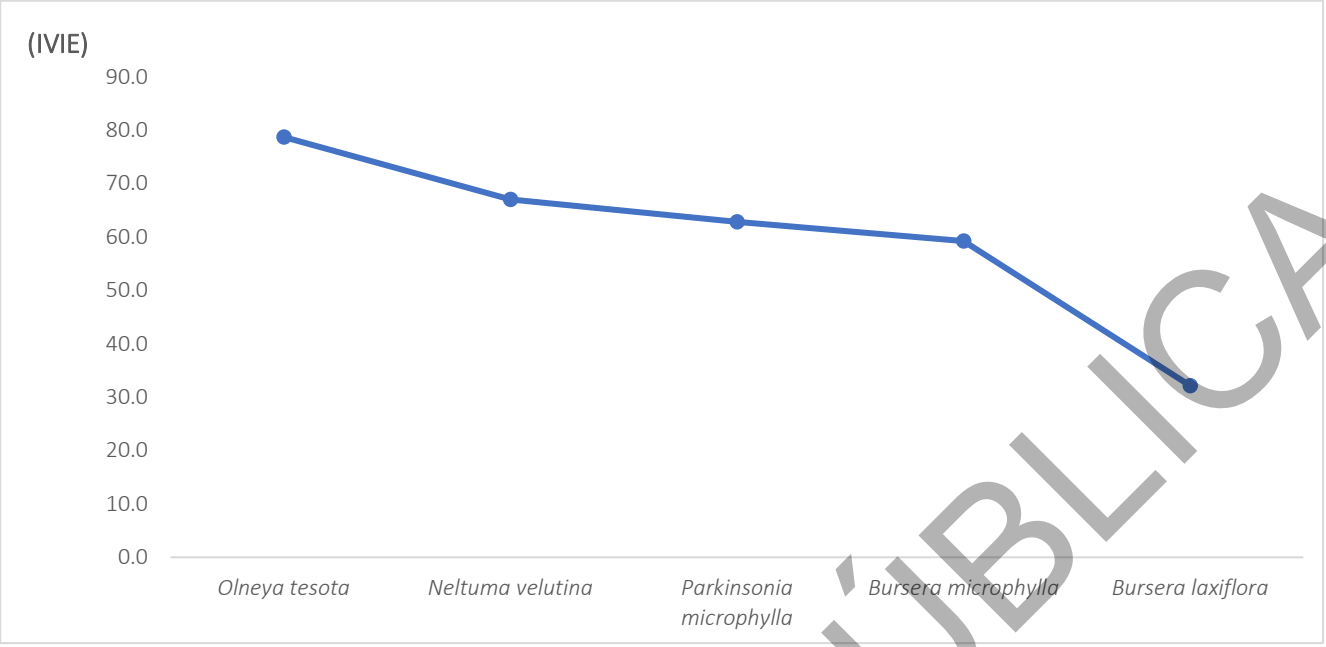
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

El estrato arbóreo-juveniles se encuentra estructuralmente dominado por *Olneya tesota* (palo fierro), el cual registra el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) más alto con un 78.7%, derivado de una destacada área basal (Dominancia Relativa del 34.0%) y una equitativa presencia en los sitios de muestreo (Frecuencia Relativa del 29.2%). Esta especie, catalogada como Sujeta a Protección Especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, constituye el principal nodrizo y eje funcional del sistema en términos de cobertura y microclima.

En orden de importancia ecológica le siguen *Neltuma velutina* (mezquite terciopelo) con un IVIE del 67.0%, especie que aporta la mayor Densidad Relativa del grupo (45.8%), y *Parkinsonia microphylla* (palo verde matorralero) con un IVIE del 62.8% y una densidad promedio de 48 ind/ha. Por su parte, los torotes (*Bursera microphylla* y *Bursera laxiflora*) complementan el estrato acumulando un IVIE combinado de 91.4%, destacando *B. microphylla* por su elevada frecuencia en el área (34.0%).

Esta codominancia de leguminosas y elementos arborescentes refleja una comunidad adaptada al estrés hídrico con funciones ecológicas clave en la estabilización de suelos y la captura de nitrógeno. Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 6. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato arbóreo-juveniles en el CUSTF

Estrato arbustivo

En lo que respecta al estrato arbustivo, se registró un total de 537 individuos dentro del muestreo, lo que representa una densidad promedio de 639 ind/ha. Este estrato se encuentra constituido por una riqueza específica de 16 especies, destacando que el 100% de los taxones son de origen nativo y ninguno se encuentra catalogado bajo alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III vigente (DOF 14/11/2019).

Tabla 14. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato arbustivo para la vegetación de VSa/MKX en el CUSTF

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	3	4	0.6	14.5	1.3	16.4
2	*Colubrina viridis*	Palo colorado	1	1	0.2	27.5	8.6	36.3
3	*Condalia globosa*	Coronilla	6	7	1.1	5.8	10.5	17.4
4	*Dianthera candicans*	Chuparrosa	11	13	2.0	4.3	0.4	6.8
5	*Encelia farinosa*	Incienso	340	405	63.3	1.4	1.9	66.7
6	*Forestiera angustifolia*	Panalero	4	5	0.7	10.1	16.0	26.9
7	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	1	1	0.2	5.8	8.0	13.9
8	*Jatropha cardiophylla*	Sangre de grado	17	20	3.2	2.9	5.1	11.1
9	*Krameria erecta*	Mezquitillo	29	35	5.4	1.4	0.8	7.6
10	*Larrea tridentata*	Gobernadora	2	2	0.4	1.4	6.1	7.9
11	*Lycium andersonii*	Frutilla	6	7	1.1	5.8	8.4	15.4
12	*Lycium berlandieri*	Bachata	62	74	11.5	1.4	4.7	17.7
13	*Mimosa distachya*	Garcabato	27	32	5.0	7.2	15.3	27.6
14	*Mimosa dysocarpa*	Uña de gato terciopelo	1	1	0.2	1.4	1.7	3.3
15	*Randia thurberi*	Pápachi	7	8	1.3	5.8	3.4	10.5
16	*Senegalia greggii*	Uña de gato	20	24	3.7	2.9	7.9	14.5
TOTAL			537	639	100.0	100.0	100.0	300.0

Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

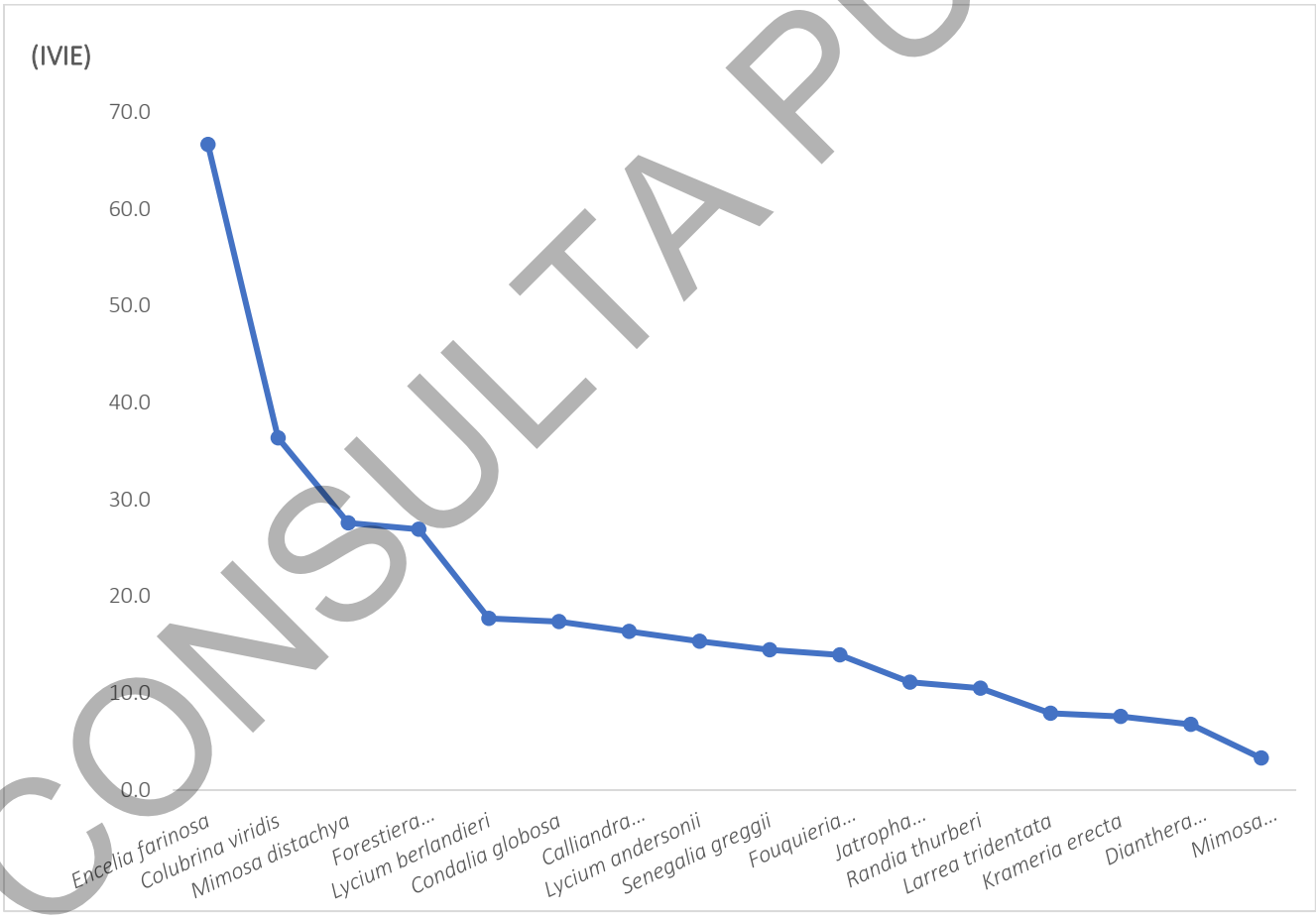
CONSULTA PÚBLICA

La estructura del estrato está fuertemente dominada por *Encelia farinosa* (incienso), la cual alcanza el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) más alto con un 66.7%, sustentado en su altísima abrumadora abundancia (Densidad Relativa del 63.3% y una densidad estimada de 405 ind/ha).

En orden de importancia le siguen *Colubrina viridis* (palo colorado) con un IVIE de 36.3%, especie que registra la mayor cobertura en los sitios (Frecuencia Relativa del 27.5%), *Mimosa distachya* (garcabato) con un IVIE del 27.6% y *Forestiera angustifolia* (panalero) con un 26.9%. Por su parte, *Lycium berlandieri* (bachata) aporta una densidad de 74 ind/ha y un IVIE del 17.7%.

El resto de las 11 especies representadas (*Condalia globosa*, *Calliandra eriophylla*, *Senegalia greggii*, entre otras) complementan la diversidad fisonómica del estrato con IVIES inferiores al 16.5%. Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.



Gráfica. 7. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato arbustivo en el CUSTF

Estrato de cactáceas

En lo que respecta al estrato de cactáceas, se registró un total de 188 individuos dentro del muestreo, lo que representa una densidad promedio estimada de 224 ind/ha. Este grupo está constituido por una riqueza específica

CONSULTA PÚBLICA

de 6 especies, de las cuales *Cochemiea mainiae* (biznaguita de Main), *Cochemiea sheldonii* (biznaguita de Sheldon) y *Lophocereus schottii* (garambullo o sinita) se encuentran catalogadas en la categoría de **Sujeta a Protección Especial (Pr)** dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su Anexo Normativo III vigente (DOF 14/11/2019). Las tres especies restantes de este grupo no se encuentran listadas en dicha norma nacional.

Nota: *Lophocereus schottii* se encuentra incluido a nivel de especie en el Anexo Normativo III vigente de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, bajo la categoría de **Sujeta a Protección Especial (Pr)**. Las formas y sinonimias asociadas se encuentran comprendidas dentro del tratamiento taxonómico de la especie en el listado normativo.

Tabla 15. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato cactáceas para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	1	1	0.5	9.1	0.2	9.8
2	*Cochemiea sheldonii*	Biznaguita de Sheldon	1	1	0.5	54.5	0.1	55.2
3	*Cylindropuntia fulgida*	Choya brincona	181	215	96.3	9.1	5.1	110.5
4	*Lophocereus schottii*	Garambullo	1	1	0.5	9.1	59.5	69.2
5	*Peniocereus striatus*	Saguaro de la virgen	3	4	1.6	9.1	7.2	17.8
6	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya dulce	1	1	0.5	9.1	27.8	37.5
TOTAL			188	224	100.0	100.0	100.0	300.0

Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

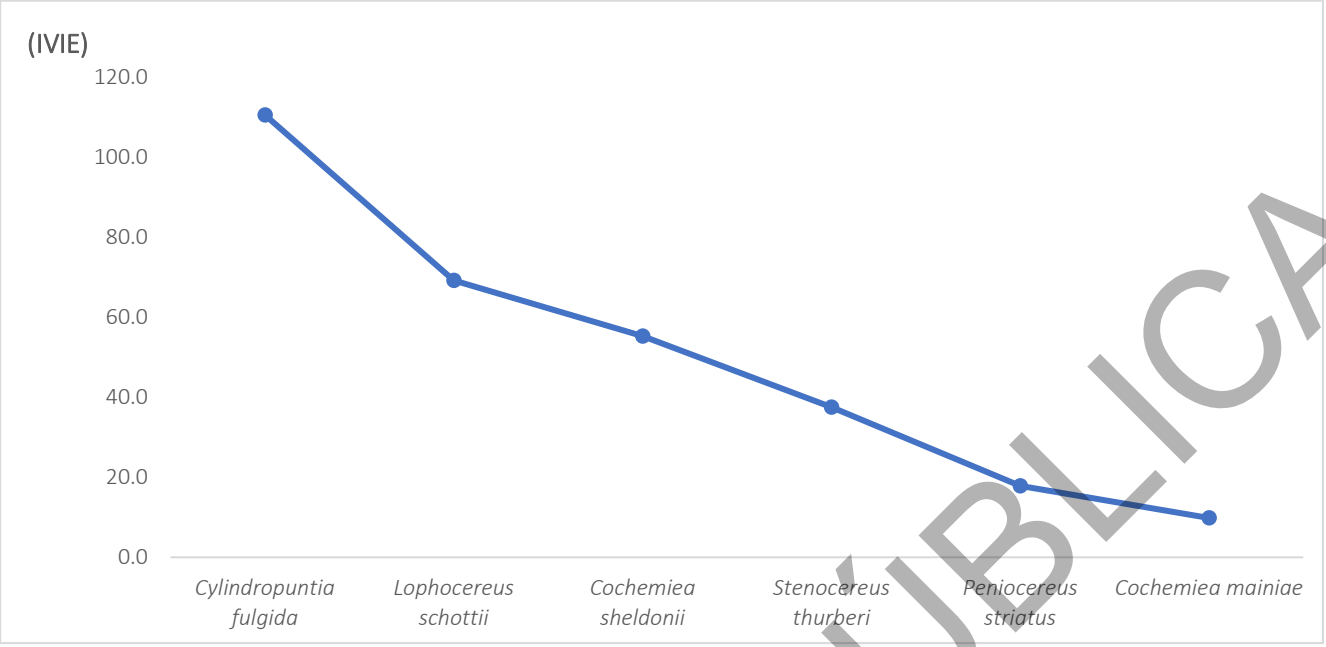
La estructura del estrato se encuentra fuertemente dominada por *Cylindropuntia fulgida* (choya brincona), la cual alcanza el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) más alto con un 110.5%, sustentado en su abrumadora abundancia numérica (Densidad Relativa del 96.3% y 215 ind/ha).

En cuanto al peso estructural y de cobertura, destaca *Lophocereus schottii* (garambullo) con un IVIE del 69.2% derivado de su elevada Dominancia Relativa (59.5%). Por su parte, *Cochemiea sheldonii* destaca por su constante distribución espacial (Frecuencia Relativa del 54.5%) con un IVIE del 55.2%, mientras que *Stenocereus thurberi* (pitahaya dulce) registra un IVIE del 37.5% (27.8% de dominancia).

Finalmente, *Peniocereus striatus* (17.8%) y *Cochemiea mainiae* (9.8%) complementan la diversidad de este estrato. Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 8. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato cactáceas en el AP

Estrato de bejucos

En lo que respecta al estrato de **bejucos** (trepadoras y escandentes), se registró un total de 13 individuos dentro del muestreo, lo que representa una densidad promedio estimada de 15 ind/ha. Este grupo se encuentra constituido por una riqueza específica de 3 especies (*Echinopterys eglandulosa*, *Ibervillea sonorae* y *Janusia gracilis*), destacando que el 100% de los taxones son de origen nativo y ninguno se encuentra catalogado bajo alguna categoría de riesgo dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y su Anexo Normativo III vigente (DOF 14/11/2019).

Tabla 16. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato bejucos para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	7	8	53.8	12.5	68.7	135.1
2	*Ibervillea sonorae*	Guarequi	2	2	15.4	75.0	22.2	112.6
3	*Janusia gracilis*	Bejuco rojo	4	5	30.8	12.5	9.0	52.3
TOTAL			13	15	100.0	100.0	100.0	300.0

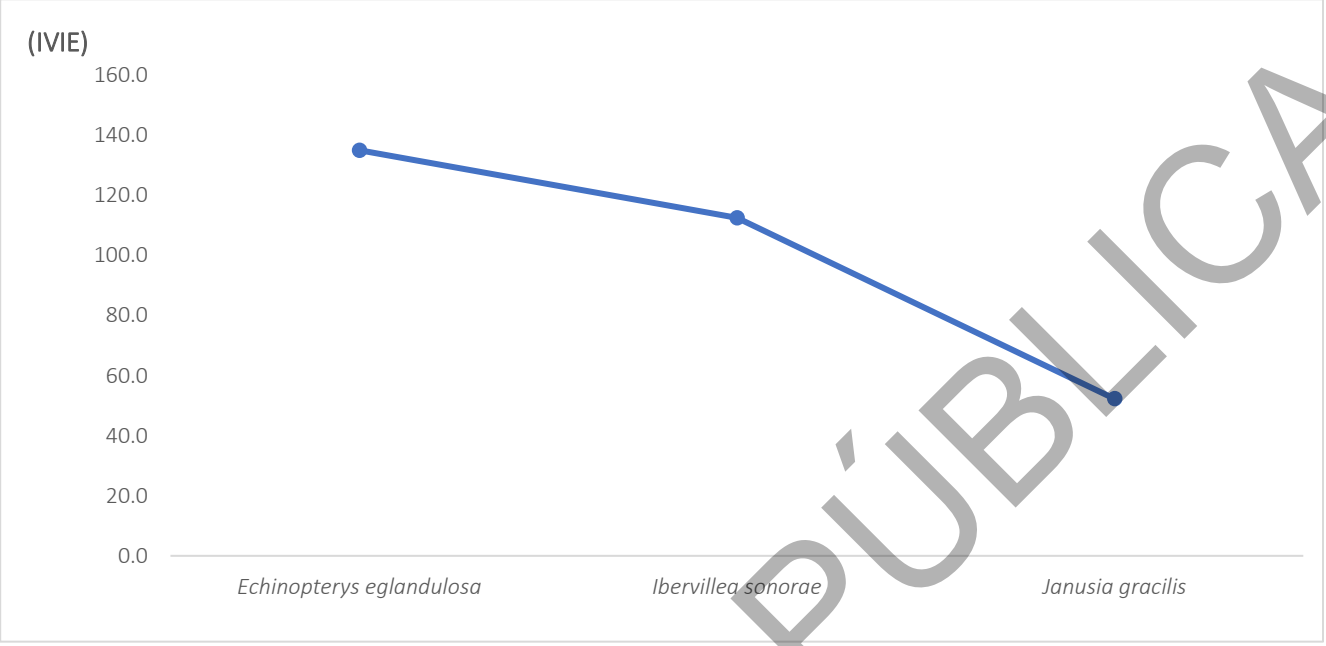
Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

La estructura del estrato se encuentra liderada por *Echinopterys eglandulosa* (bejuco de margarita), la cual registra el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) más alto con un 135.1%, sustentado en su dominancia numérica y de cobertura (Densidad Relativa del 53.8% y Dominancia Relativa del 68.7%). Le sigue *Ibervillea sonorae* (guarequi) con un IVIE del 112.6%, especie que destaca por presentar la mayor distribución espacial en el muestreo (Frecuencia Relativa del 75.0%).

Finalmente, *Janusia gracilis* (bejuco rojo) complementa el estrato con un IVIE del 52.3% y una densidad de 5 ind/ha (30.8% relativo). Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA

Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.



Gráfica. 9. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato bejucos en el AP

CONSULTA PÚBLICA

Estrato herbáceo

Para el estrato herbáceo, el inventario arrojó una abundancia de 1,601 individuos muestreados (142,946 ind/ha) distribuidos en 16 especies, de las cuales 14 son nativas (87.5 %) y dos son exóticas (12.5 %): *Cenchrus ciliaris* y *Portulaca oleracea*. Ningún taxón de este estrato figura dentro de los listados de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III, DOF 14/11/2019).

Tabla 17. Valores de importancia ecológica para las especies del estrato herbáceo para la vegetación de VSa/MKX en el AP

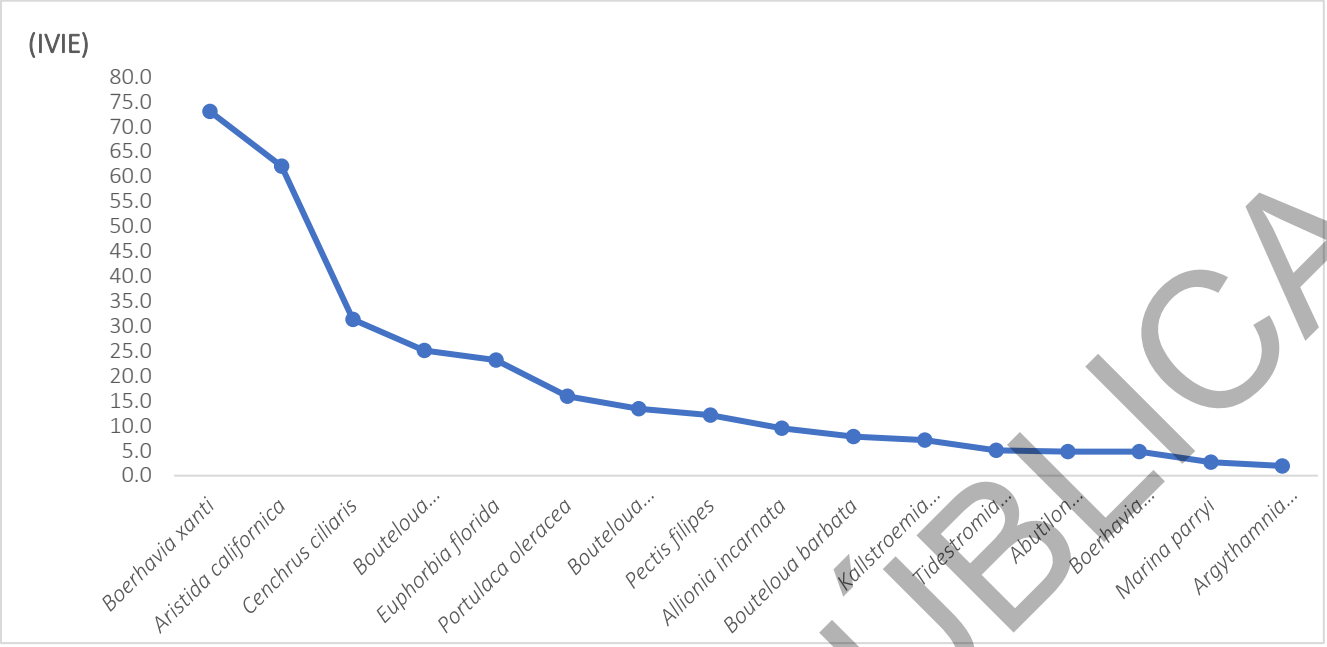
No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD	DENSIDAD (IND/HA)	Dr	FR	DR	IVIE %
1	*Abutilon abutiloides*	Malva de monte	4	357	0.2	1.2	3.4	4.8
2	*Allionia incarnata*	Hierba de la hormiga	22	1,964	1.4	3.7	4.5	9.5
3	*Argythamnia serrata*	Hierba del cáncer	1	89	0.1	1.2	0.7	2.0
4	*Aristida californica*	Tres barbas de California	480	42,857	30.0	23.2	8.9	62.1
5	*Boerhavia triquetra*	Mochicoba de tres ángulos	4	357	0.2	1.2	3.4	4.8
6	*Boerhavia xanti*	Mochicoba	645	57,589	40.3	20.7	12.0	73.1
7	*Bouteloua aristidoides*	Zacate aceitilla	34	3,036	2.1	1.2	10.1	13.4
8	*Bouteloua barbata*	Zacate navajita	22	1,964	1.4	2.4	4.0	7.8
9	*Bouteloua diversispicula*	Zacate navajita hilo	127	11,339	7.9	8.5	8.6	25.1
10	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	39	3,482	2.4	6.1	22.8	31.4
11	*Euphorbia florida*	Golondrina	105	9,375	6.6	13.4	3.2	23.1
12	*Kallstroemia grandiflora*	Amapola del campo	5	446	0.3	2.4	4.4	7.1
13	*Marina parryi*	Marina de Parry	2	179	0.1	1.2	1.3	2.7
14	*Pectis filipes*	Limoncillo	19	1,696	1.2	4.9	6.0	12.1
15	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	82	7,321	5.1	6.1	4.7	15.9
16	*Tidestromia lanuginosa*	Hierba ceniza	10	893	0.6	2.4	2.0	5.1
TOTAL			1,601	142,946	100.0	100.0	100.0	300.0

Dr= Densidad Relativa; **FR=** Frecuencia Relativa**; DR=** Dominancia Relativa; **IVIE**= Índice de Valor de Importancia Ecológica.

Boerhavia xanti y *Aristida californica* constituyen el eje estructural y numérico del estrato, registrando IVIES de 73.1% y 62.1% respectivamente, y sumando entre ambas más del 70% de la abundancia total del grupo. El aporte de cobertura complementario está dado por el zacate introducido *Cenchrus ciliaris* (IVIE del 31.4% y Dominancia Relativa del 22.8%), así como por las gramíneas y euforbiáceas nativas *Bouteloua diversispicula* (25.1%) y *Euphorbia florida* (23.1%).

Elementos como *Portulaca oleracea*, *Pectis filipes* y *Bouteloua aristidoides* aportan riqueza temporal y estabilidad a la matriz herbácea. Para una mejor interpretación de los datos antes descritos, se presenta la siguiente gráfica con la tendencia de los valores ecológicos.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 10. Valores de importancia ecológica obtenidos en las especies del estrato herbáceo en el AP

AP en general

En conjunto, el AP presenta una comunidad vegetal bien estructurada de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) con una riqueza total de 46 especies distribuidas en cinco formas de vida. El sistema muestra una dominancia compartida y funcionalmente eficiente liderada por especies clave en cada estrato: *Olneya tesota* (palo fierro, IVIE 78.7%) y *Neltuma velutina* (mezquite terciopelo, IVIE 67.0%) en el estrato arbóreo-juvenil; *Encelia farinosa* (incienso, IVIE 66.7%) en el arbustivo; *Cylindropuntia fulgida* (choya brincona, IVIE 110.5%) y *Lophocereus schottii* (garambullo, IVIE 69.2%) en las cactáceas; *Echinopterys eglandulosa* (IVIE 135.1%) y *Ibervillea sonorae* (IVIE 112.6%) en los bejucos; así como *Boerhavia xanti* (IVIE 73.1%) y *Aristida californica* (IVIE 62.1%) en el estrato herbáceo.

En conjunto, el área registra 46 especies de flora, con predominio de elementos nativos (95.65 %) y una participación reducida de especies exóticas (4.35 %), representadas por *Cenchrus ciliaris* y *Portulaca oleracea*. El estrato de cactáceas se encuentra representado por 6 especies. Asimismo, se registraron cuatro especies bajo la categoría de **Sujeta a Protección Especial (Pr)** de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**: *Olneya tesota*, *Cochemiea mainiae*, *Cochemiea sheldonii* y *Lophocereus schottii*.

Esta distribución fisonómica de porte bajo refleja un estado de conservación funcional óptimo para ambientes áridos, donde las especies leguminosas y suculentas desempeñan funciones ecológicas esenciales como la fijación de nitrógeno, la nodriza de plántulas, la estabilización de suelos frente a la erosión eólica e hídrica, y la provisión de refugio y alimento para la fauna silvestre regional.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SHANNON Y EQUIDAD DE PIELOU

I.2.2.1 Metodologías utilizadas

A continuación, se presentan las principales metodologías para poder determinar las diferentes métricas de diversidad.

1) Riqueza especifica

Por lo general es la manera más sencilla para poder medir la biodiversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en una comunidad particular, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas.

2) Índice de Margalef

El índice de Margalef se considera uno de los índices más simples para poder medir la riqueza de especies, este índice se basa en el número total de especies con relación al total de individuos observados, el resultado nos expresa la alta o baja diversidad que el ecosistema presenta (Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{ln\,(N)}$$

Dónde:

DMg = índice de riqueza de Margalef.
S = número de especies.
N = número total de individuos.

De acuerdo con Campo y Duval en el 2014, una comunidad o área ecológica integra una baja diversidad cuando los valores obtenidos mediante este índice tienden ser inferiores a 2, una diversidad media cuando los valores corresponden de 2 a 5, y una alta diversidad si los valores son superiores a 5.

3) Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener es el más utilizado en ecología para el análisis de comunidades, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (House P., *et. al*. 2006). Este índice nos da como resultado la diversidad existente para una determinada área de estudio, es decir, entre mayor sea el grado de incertidumbre mayor será la diversidad.

$$H = -\sum p_i ln(p_i)$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-Wiener.
Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
LnPi= logaritmo natural de Pi.

El Índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S (Riqueza específica), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. (Magurran, 1988).

CONSULTA PÚBLICA

El Índice de Shannon-Wiener nos describe un parámetro de 0 a 5 donde 0 (Cero o nulo) refiere que dos individuos en el sitio pertenecen todos a la misma especie, de 0 a 2 refiere que la muestra obtiene una diversidad baja, valores entre 2 a 3 refiere una diversidad media y valores mayores a 3 describe una diversidad alta.

4) Diversidad Máxima

El máximo valor de este índice para un número determinado de especies se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Hmax = ln(S)}$$

5) Equitatividad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{J = \frac{H'}{ln(S)}}$$

Donde:

J= Equitatividad de Pielou.
H = Índice de diversidad de Shannon.
Ln (S)= Logaritmo natural del número de especies (o riqueza).

Los rangos para medir la significancia de este índice se basan entre 0-1, una baja equidad (heterogéneo) cuando el índice adquiere valores de 0 a 0.35, una equidad media al comprender valores de 0.36 a 0.70, y una alta equidad (Homogéneo) cuando el valor obtenido es mayor a 0.71, (Aguirre, 2013).

6) Índice de Berger-Parker

Este índice nos expresa la proporción que representa la especie más dominante, en relación con el resto de las especies, este índice adolece de un bajo poder discriminante, es poco sensible al tamaño muestral y cuanto más alto es su valor, menor equitatividad presentará la muestra analizada, (Magurran, 1988).

$$\boldsymbol{d = \frac{N_{max}}{N}}$$

Donde:

d = Índice de Berger-Parker
N_{max} = Número de individuos de la especie más dominante.
N = Número de individuos de toda la muestra.

Los resultados obtenidos de los índices antes descritos se presentan a continuación para los estratos (arbóreo, arbustivo, cactáceas, bejucos y herbáceo). Se anexan hojas de cálculo en formato Excel **(ANEXO 23)**.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2.2 Resultados y análisis

A continuación, se presentan los índices de valor de importancia para cada estrato para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

Estrato arbóreo-juveniles

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para la determinación del índice de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo-juveniles.

Tabla 18. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato arbóreo-juveniles para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Bursera laxiflora*	Torote copal	9	11	0.06	-2.85	0.17
2	*Bursera microphylla*	Torote rojo	11	13	0.07	-2.65	0.19
3	*Neltuma velutina*	Mezquite terciopelo	71	85	0.46	-0.78	0.36
4	*Olneya tesota*	Palo fierro	24	29	0.15	-1.87	0.29
5	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde matorralero	40	48	0.26	-1.35	0.35
Total			**155**	**185**	**-**	**-**	**1.3**
				Riqueza específica (S)			**5**
				Índice de Margalef (SMg)			**0.79**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.35**
				Diversidad máxima (H max)			**1.61**
				Equidad de Pielou (J)			**0.84**
				Índice de Berger-Parker			**0.46**

Para el estrato arbóreo-juvenil, se registró una abundancia total de 155 individuos muestreados (densidad de 185 ind/ha) y una riqueza específica de 5 especies (S = 5). Estos valores se traducen en un índice de Margalef (DMg) de 0.79, el cual refleja una riqueza reducida, característica del estrato arborescente en ecosistemas áridos.

En lo que respecta al Índice de Shannon-Wiener (H'), este alcanzó un valor de 1.35. De acuerdo con el criterio de evaluación de la diversidad para este índice donde valores de 0 a 2 refieren una diversidad baja, de 2 a 3 una diversidad media y mayores a 3 una diversidad alta, el estrato arbóreo-juvenil se clasifica con una diversidad baja.

No obstante, al comparar este resultado con la diversidad máxima esperada (H'máx = 1.61), el área alcanza el 83.8% del potencial del sitio, lo cual se debe a una distribución equilibrada de las abundancias, como lo confirma el índice de equidad de Pielou (J') con 0.84.

Por su parte, el índice de Berger-Parker (d) registró un valor de 0.46, lo que indica una dominancia moderada dentro del estrato. *Neltuma velutina* (mezquite terciopelo) fue la especie con mayor representación, con 71 individuos, equivalente aproximadamente al 46 % de los registros. Le siguieron *Parkinsonia microphylla* y *Olneya tesota*, con participaciones cercanas al 26 % y 15 %, respectivamente. Estos resultados muestran que, aunque *N. velutina* presenta la mayor abundancia, la estructura del estrato no se encuentra concentrada exclusivamente en una sola especie, sino que existe una participación importante de otras especies arbóreo-juveniles.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato arbustivo

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para la determinación del índice de Shannon-Wiener para el presente estrato.

Tabla 19. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato arbustivo para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Calliandra eriophylla*	Cabeza de ángel	3	4	0.01	-5.19	0.03
2	*Colubrina viridis*	Palo colorado	1	1	0.00	-6.29	0.01
3	*Condalia globosa*	Coronilla	6	7	0.01	-4.49	0.05
4	*Dianthera candicans*	Chuparrosa	11	13	0.02	-3.89	0.08
5	*Encelia farinosa*	Incienso	340	405	0.63	-0.46	0.29
6	*Forestiera angustifolia*	Panalero	4	5	0.01	-4.90	0.04
7	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	1	1	0.00	-6.29	0.01
8	*Jatropha cardiophylla*	Sangre de grado	17	20	0.03	-3.45	0.11
9	*Krameria erecta*	Mezquitillo	29	35	0.05	-2.92	0.16
10	*Larrea tridentata*	Gobernadora	2	2	0.00	-5.59	0.02
11	*Lycium andersonii*	Frutilla	6	7	0.01	-4.49	0.05
12	*Lycium berlandieri*	Bachata	62	74	0.12	-2.16	0.25
13	*Mimosa distachya*	Garcabato	27	32	0.05	-2.99	0.15
14	*Mimosa dysocarpa*	Uña de gato terciopelo	1	1	0.00	-6.29	0.01
15	*Randia thurberi*	Pápachi	7	8	0.01	-4.34	0.06
16	*Senegalia greggii*	Uña de gato	20	24	0.04	-3.29	0.12
Total			**537**	**639**	-	-	**1.4**
				Riqueza específica (S)			**16**
				Índice de Margalef (SMg)			**2.39**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**1.44**
				Diversidad máxima (H max)			**2.77**
				Equidad de Pielou (J)			**0.52**
				Índice de Berger-Parker			**0.63**

En lo que respecta al estrato arbustivo, se registró un total de 537 individuos muestreados (densidad estimada de 639 ind/ha) y una riqueza específica de 16 especies (S = 16). El índice de Margalef (DMg) arrojó un valor de 2.39, lo que refleja una riqueza de especies media para este tipo de formación de matorral xerófilo.

El Índice de Shannon-Wiener (H') alcanzó un valor de 1.44, clasificando al estrato en la categoría de diversidad baja. Este resultado representa el 52% de su diversidad máxima esperada (H'máx = 2.77), comportamiento respaldado por el índice de equidad de Pielou (J' = 0.52), el cual evidencia una distribución de abundancias heterogénea y moderadamente desequilibrada.

El índice de Berger-Parker (d) presentó un valor de 0.63, evidenciando una dominancia marcada de *Encelia farinosa* (incienso), especie que concentró aproximadamente el 63.3 % de los individuos registrados en el estrato, con un total de 340 ejemplares. En menor proporción se registraron *Lycium berlandieri*, con 62 individuos, y *Krameria erecta*, con 29 individuos. La elevada representación de *E. farinosa* explica la distribución desigual de las abundancias observada en este estrato y es congruente con los valores obtenidos para los índices de Shannon-Wiener y equidad de Pielou.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de cactáceas

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para la determinación del índice de Shannon-Wiener para el presente estrato.

Tabla 20. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato cactáceas para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Cochemiea mainiae*	Biznaguita de Main	1	1	0.01	-5.24	0.03
2	*Cochemiea sheldonii*	Biznaguita de Sheldon	1	1	0.01	-5.24	0.03
3	*Cylindropuntia fulgida*	Choya brincona	181	215	0.96	-0.04	0.04
4	*Lophocereus schottii*	Garambullo	1	1	0.01	-5.24	0.03
5	*Peniocereus striatus*	Saguaro de la virgen	3	4	0.02	-4.14	0.07
6	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya dulce	1	1	0.01	-5.24	0.03
Total			**188**	**224**	**-**	**-**	**0.2**
				Riqueza específica (S)			**6**
				Índice de Margalef (SMg)			**0.95**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**0.21**
				Diversidad máxima (H max)			**1.79**
				Equidad de Pielou (J)			**0.12**
				Índice de Berger-Parker			**0.96**

En lo que respecta al estrato de cactáceas, se registró un total de 188 individuos muestreados (densidad estimada de 224 ind/ha) y una riqueza específica de 6 especies (S = 6). El índice de Margalef (DMg) arrojó un valor de 0.95, lo que refleja una riqueza específica reducida, acorde a la especialización funcional de este grupo en comunidades xerófilas.

El Índice de Shannon-Wiener (H') alcanzó un valor de 0.21, lo que clasifica al estrato en la categoría de diversidad baja. Este resultado representa apenas el 11.7% de su diversidad máxima esperada (H'máx = 1.79), comportamiento que se explica por una distribución marcadamente desigual de las abundancias entre sus especies, como lo confirma la baja equidad de Pielou (J' = 0.12).

El índice de Berger-Parker (d) alcanzó un valor de 0.96, lo que evidencia una dominancia muy alta de *Cylindropuntia fulgida* (choya brincona). Esta especie representó aproximadamente el 96.3 % de los individuos registrados en el estrato, con 181 ejemplares. En contraste, las cinco especies restantes (*Peniocereus striatus, Cochemiea mainiae, Cochemiea sheldonii, Lophocereus schottii* y *Stenocereus thurberi*) representaron en conjunto únicamente el 3.7 % de la abundancia total. Esta marcada concentración de individuos en una sola especie explica los bajos valores de diversidad y equidad obtenidos para este grupo.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato de bejucos

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para la determinación del índice de Shannon-Wiener para el presente estrato.

Tabla 21. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato bejucos para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Echinopterys eglandulosa*	Bejuco de margarita	7	8	0.54	-0.62	0.33
2	*Ibervillea sonorae*	Guarequi	2	2	0.15	-1.87	0.29
3	*Janusia gracilis*	Bejuco rojo	4	5	0.31	-1.18	0.36
Total			**13**	**15**	**-**	**-**	**1.0**
				Riqueza específica (S)			**3**
				Índice de Margalef (SMg)			**0.78**
				Índice de Shannon-Wiener (H)			**0.98**
				Diversidad máxima (H max)			**1.10**
				Equidad de Pielou (J)			**0.90**
				Índice de Berger-Parker			**0.54**

En lo que respecta al estrato de bejucos, se registró un total de 13 individuos muestreados (densidad estimada de 15 ind/ha) y una riqueza específica de 3 especies (S = 3). El índice de Margalef (DMg) arrojó un valor de 0.78, lo que indica una riqueza específica reducida, acorde a la naturaleza escandente de este grupo funcional.

El Índice de Shannon-Wiener (H') registró un valor de 0.98 nats/ind, clasificando al estrato dentro de la categoría de diversidad baja. A pesar de esta condición por su baja riqueza, el valor obtenido representa un 89.1% con respecto a su diversidad máxima esperada (H'máx = 1.10), lo cual responde a una distribución proporcionalmente equilibrada de sus abundancias, como lo demuestra el índice de equidad de Pielou (J' = 0.90).

Por su parte, el índice de Berger-Parker (d) registró un valor de 0.54, indicando una dominancia moderada dentro del estrato. *Echinopterys eglandulosa* (bejuco de margarita) fue la especie con mayor abundancia, con 7 de los 13 individuos registrados, seguida de *Janusia gracilis* (bejuco rojo), con 4 individuos, e *Ibervillea sonorae* (guarequi), con 2 individuos. Aunque *E. eglandulosa* presenta la mayor representación, las abundancias se encuentran relativamente distribuidas entre las tres especies, lo cual es consistente con el alto valor de equidad de Pielou obtenido para este estrato.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Herbáceo

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para la determinación del índice de Shannon-Wiener para el estrato herbáceo.

Tabla 22. Valores de diversidad de especies que conforman el estrato herbáceo para la vegetación de VSa/MKX en el AP

No.	Especie	Nombre común	Densidad	Densidad (Ind/ha)	PI	LN de PI	-PI*LN(PI)
1	*Abutilon abutiloides*	Malva de monte	4	357	0.00	-5.99	0.01
2	*Allionia incarnata*	Hierba de la hormiga	22	1,964	0.01	-4.29	0.06
3	*Argythamnia serrata*	Hierba del cáncer	1	89	0.00	-7.38	0.00
4	*Aristida californica*	Tres barbas de California	480	42,857	0.30	-1.20	0.36
5	*Boerhavia triquetra*	Mochicoba de tres ángulos	4	357	0.00	-5.99	0.01
6	*Boerhavia xanti*	Mochicoba	645	57,589	0.40	-0.91	0.37
7	*Bouteloua aristidoides*	Zacate aceitilla	34	3,036	0.02	-3.85	0.08
8	*Bouteloua barbata*	Zacate navajita	22	1,964	0.01	-4.29	0.06
9	*Bouteloua diversispicula*	Zacate navajita hilo	127	11,339	0.08	-2.53	0.20
10	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	39	3,482	0.02	-3.71	0.09
11	*Euphorbia florida*	Golondrina	105	9,375	0.07	-2.72	0.18
12	*Kallstroemia grandiflora*	Amapola del campo	5	446	0.00	-5.77	0.02
13	*Marina parryi*	Marina de Parry	2	179	0.00	-6.69	0.01
14	*Pectis filipes*	Limoncillo	19	1,696	0.01	-4.43	0.05
15	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	82	7,321	0.05	-2.97	0.15
16	*Tidestromia lanuginosa*	Hierba ceniza	10	893	0.01	-5.08	0.03
Total			**1,601**	**142,946**	-	-	**1.7**

Riqueza específica (S)	**16**
Índice de Margalef (SMg)	**2.03**
Índice de Shannon-Wiener (H)	**1.69**
Diversidad máxima (H max)	**2.77**
Equidad de Pielou (J)	**0.61**
Índice de Berger-Parker	**0.40**

En lo que respecta al estrato herbáceo, se registró un total de 1,601 individuos muestreados (densidad estimada de 142,946 ind/ha) y una riqueza específica de 16 especies (S = 16). El índice de Margalef (DMg) arrojó un valor de 2.03, lo que evidencia una riqueza de especies moderada para la cobertura de suelo en este tipo de vegetación xerófila.

El Índice de Shannon-Wiener (H') alcanzó un valor de 1.69, clasificando al estrato en la categoría de diversidad baja. Este resultado representa el 61% de su diversidad máxima esperada (H'máx = 2.77), comportamiento que se sustenta en un índice de equidad de Pielou (J' = 0.61), el cual refleja una distribución moderadamente desequilibrada en la abundancia de sus especies componentes.

El índice de Berger-Parker (d) presentó un valor de 0.40, lo que indica una dominancia moderada dentro del estrato herbáceo. *Boerhavia xanti* (mochicoba) fue la especie con mayor representación, con 645 individuos, equivalentes aproximadamente al 40 % de los registros, seguida por *Aristida californica* (tres barbas de California), con 480 individuos, que representan cerca del 30 %. En menor proporción se registraron *Bouteloua diversispicula* y *Euphorbia florida*, mientras que la especie exótica *Cenchrus ciliaris* (zacate buffel) presentó una participación reducida. En conjunto, estos resultados muestran que la abundancia se concentra principalmente en dos especies, aunque el resto de la comunidad continúa aportando a la composición del estrato.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 21

METODOLOGÍA DEL MUESTREO DE FAUNA

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD POR ESPECIE DE FAUNA 1
I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 1
I.1.1 DISEÑO DE MUESTREO 1
I.1.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO 3
I.1.2 MÉTODOS DE MUESTREO UTILIZADOS Y SUFICIENCIA DE MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO 6
I.1.2.1 HORARIO DE MUESTREO 6
I.1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA CADA GRUPO DE FAUNA 7
I.1.3 TAMAÑO DE MUESTRA 28
I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP) 35
I.2.1 DISEÑO DE MUESTREO 35
I.2.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO 38
I.2.2 MÉTODOS DE MUESTREO UTILIZADOS Y SUFICIENCIA DE MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO 40
I.2.2.1 HORARIO DE MUESTREO 40
I.2.2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA CADA GRUPO FAUNÍSTICO 41
I.2.3 TAMAÑO DE MUESTRA 58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. NÚMERO DE TRANSECTOS Y COORDENADAS DEL PUNTO DE COMIENZO Y FINAL DE DONDE SE REALIZÓ EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE DENTRO DE LA RE, UTM WGS84 ZONA 12 N 4
TABLA 2. MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS DURANTE EL MUESTREO DE FAUNA PARA CADA GRUPO FAUNÍSTICO 6
TABLA 3. HORARIOS DE MAYOR ACTIVIDAD DE LOS DIFERENTES GRUPOS FAUNÍSTICOS 6
TABLA 4. LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE QUIRÓPTEROS PARA LA RE 11
TABLA 5. RESULTADO DEL TAMAÑO DE MUESTRA O ESFUERZO DE MUESTREO MEDIANTE CHAO 2 29
TABLA 6. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 29
TABLA 7. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 31
TABLA 8. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 33
TABLA 9. NÚMERO DE TRANSECTOS Y COORDENADAS DEL PUNTO DE COMIENZO Y FINAL DE DONDE SE REALIZÓ EL MUESTREO DE FAUNA SILVESTRE DENTRO DEL AP, UTM WGS84 ZONA 12 N 38
TABLA 10. MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS DURANTE EL MUESTREO DE FAUNA PARA CADA GRUPO FAUNÍSTICO 40
TABLA 11. HORARIOS DE MAYOR ACTIVIDAD DE LOS DIFERENTES GRUPOS FAUNÍSTICOS 40
TABLA 12. LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE QUIRÓPTEROS PARA EL AP 44
TABLA 13. RESULTADO DEL TAMAÑO DE MUESTRA O ESFUERZO DE MUESTREO MEDIANTE CHAO 2 59
TABLA 14. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 60
TABLA 15. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 62
TABLA 16. DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN Y EL INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2 64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE UN TRANSECTO EN FRANJA. EL LARGO (L = 100 M) Y ANCHO (2W = 20 M) SON ESTABLECIDOS DESDE EL INICIO DEL MUESTREO 2
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO DE FAUNA EN LA RE 5
FIGURA 3. ESPECIES DE AVES OBSERVADAS EN CAMPO EN LA RE; A) CHORDEILES ACUTIPENNIS, B) CATHARTES AURA 7
FIGURA 4. ESPECIES DE AVES OBSERVADAS EN CAMPO EN LA RE; C) TYRANNUS VERTICALIS D) CALAMOSPIZA MELANOCORYS, E) CARACARA PLANCUS Y F) GEOCOCCYX CALIFORNIANUS 8
FIGURA 5. INSTALACIÓN DE LAS REDES DE NIEBLAS 9

CONSULTA PÚBLICA

FIGURA 6. COLOCACIÓN DE TRAMPAS SHERMAN, PARA MAMÍFEROS PEQUEÑOS EN LA RE 10
FIGURA 7. CAPTURA POR MEDIO DEL MÉTODO ACÚSTICO 13
FIGURA 8. ESPECTROGRAMA CON DIFERENTES VARIABLES DE PULSOS 14
FIGURA 9. PARÁMETROS ACÚSTICOS BÁSICOS DE UNA LLAMADA DE ECOLOCALIZACIÓN EN QUIRÓPTEROS 15
FIGURA 10. BIBLIOTECA DE SONIDO (JUAN CRUZADO) 15
FIGURA 11. LEPTONYCTERIS YERBABUENAE 16
FIGURA 12. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE LEPTONYCTERIS YERBABUENAE OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 17
FIGURA 13. MYOTIS VELIFER 17
FIGURA 14. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE MYOTIS VELIFER OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 18
FIGURA 15. EPTESICUS FUSCUS 18
FIGURA 16. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE EPTESICUS FUSCUS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 19
FIGURA 17. MACROTUS CALIFORNICUS 19
FIGURA 18. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE MACROTUS CALIFORNICUS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 20
FIGURA 19. TADARIDA BRASILIENSIS 20
FIGURA 20. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE TADARIDA BRASILIENSIS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 21
FIGURA 21. MYOTIS YUMANENSIS 21
FIGURA 22. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE MYOTIS YUMANENSIS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 22
FIGURA 23. TRAMPEO POR MEDIO DE REDES DE NIEBLA 22
FIGURA 24. ESPECIES REGISTRADA DURANTE EL MUESTREO EN LA CH; A) HUELLAS DE PROCYON LOTOR Y B) CORNAMENTA DE ODOCOILEUS HEMIONUS 23
FIGURA 25. ESPECIES REGISTRADAS DURANTE EL MUESTREO EN LA CH; A) AVISTAMIENTO DE ODOCOILEUS HEMIONUS Y B) AVISTAMIENTO DE EJEMPLARES JUVENILES Y ADULTOS DE PECARI TAJACU. 24
FIGURA 26. ESPECIES REGISTRADAS DURANTE EL MUESTREO EN LA CH; C) AVISTAMIENTO DE OTOSPERMOPHILUS VARIEGATUS Y D) AVISTAMIENTO DE EJEMPLAR DE LEPUS ALLENI. 24
FIGURA 27. COLOCACIÓN DE TRAMPAS TOMAHAWK EN LA CH 25
FIGURA 28. COLOCACIÓN DE CÁMARAS TRAMPAS 25
FIGURA 29. REGISTRO DE INDIVIDUO LYNX RUFUS MEDIANTE CÁMARA TRAMPA 26
FIGURA 30. REGISTRO DE INDIVIDUO PECARI TAJACU MEDIANTE CÁMARA TRAMPA 26
FIGURA 31. REGISTRO DE INDIVIDUO ODOCOILEUS HEMIONUS MEDIANTE CÁMARA TRAMPA 26
FIGURA 32. CAPTURA FOTOGRÁFICA DE LAS ESPECIES; A) CROTALUS ATROX B) PHRYNOSOMA SOLARE C) CALLISAURUS DRACONOIDES D) MASTICOPHIS FLAGELLUM, EN LA CH 27
FIGURA 33. DIAGRAMA DE UN TRANSECTO EN FRANJA. EL LARGO (L = 100 M) Y ANCHO (2W = 20 M) SON ESTABLECIDOS DESDE EL INICIO DEL MUESTREO 36
FIGURA 34. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO DE FAUNA EN AP 39
FIGURA 35. ESPECIES DE AVES OBSERVADAS EN CAMPO EN EL AP; A) TYRANNUS VOCIFERANS B) TOXOSTOMA CURVIROSTRE 41
FIGURA 36. ESPECIES DE AVES OBSERVADAS EN CAMPO EN EL AP; C) CATHARTES AURA, D) ZENAIDA ASIÁTICA, E) CARACARA PLANCUS Y F) TYRANNUS VERTICALIS 42
FIGURA 37. COLOCACIÓN DE REDES DE NIEBLA 43
FIGURA 38. COLOCACIÓN DE TRAMPAS SHERMAN, PARA MAMÍFEROS PEQUEÑOS EN EL AP 44
FIGURA 39. PROGRAMACIÓN Y COLOCACIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO MINIBAT 2. 47
FIGURA 40. ESPECTROGRAMA CON DIFERENTES VARIABLES DE PULSOS 48

CONSULTA PÚBLICA

FIGURA 41. PARÁMETROS ACÚSTICOS BÁSICOS DE UNA LLAMADA DE ECOLOCALIZACIÓN EN QUIRÓPTEROS. 49
FIGURA 42. BIBLIOTECA DE SONIDO (JUAN CRUZADO) 49
FIGURA 43. EPTESICUS FUSCUS 50
FIGURA 44. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE EPTESICUS FUSCUS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 50
FIGURA 45. MACROTUS CALIFORNICUS 51
FIGURA 46. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE MACROTUS CALIFORNICUS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 51
FIGURA 47. TADARIDA BRASILIENSIS 52
FIGURA 48. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE TADARIDA BRASILIENSIS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 52
FIGURA 49. MYOTIS YUMANENSIS 53
FIGURA 50. ESPECTROGRAMA DE UNA SECUENCIA DE LLAMADAS DE ECOLOCALIZACIÓN DE MYOTIS YUMANENSIS OBTENIDA MEDIANTE MONITOREO ACÚSTICO. 53
FIGURA 51. TRAMPEO POR MEDIO DE REDES DE NIEBLA. 54
FIGURA 52. ESPECIE REGISTRADA DURANTE EL MUESTREO EN EL AP; OSAMENTA DE PROCYON LOTOR 55
FIGURA 53. COLOCACIÓN DE TRAMPAS TOMAHAWK EN EL AP 55
FIGURA 54. COLOCACIÓN DE CÁMARAS TRAMPAS EN EL AP 56
FIGURA 55. CAPTURA FOTOGRÁFICA DE LAS ESPECIES; A) ASPIDOSCELIS TIGRIS, B) CALLISAURUS DRACONOIDES, C) CTENOSAURA MACROLOPHA Y D) CROTALUS ATROX EN EL AP 57

CONSULTA PÚBLICA

I ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y EQUIDAD POR ESPECIE DE FAUNA

I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

En este apartado se describe los métodos utilizados para obtener la información necesaria en la descripción y caracterización de la fauna silvestre existente en la RE, para la cual a continuación se presenta una descripción de dicha metodología.

I.1.1 DISEÑO DE MUESTREO

La metodología utilizada para determinar la riqueza y abundancia de especies de vertebrados terrestres dentro de la RE se basó en observaciones directas e indirectas en transectos ubicados en áreas con vegetación similar y donde de acuerdo con la experiencia previa se conoce que la fauna puede tener preferencia en cuerpos de agua.

A continuación, se describe el método de muestreo realizado:

* Muestreo de transecto en franja

En cuanto al método de muestreo a continuación se señala el respaldo de la literatura especializada.

- Gallina, S. (ed.) 2015. Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Bautista, F. (ed.) 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Gallina, S. & López, C. (ed.) 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, Qro., México.

De acuerdo con la literatura antes mencionada a continuación se justifica y se describe detalladamente la metodología y técnica utilizada para el muestreo de Fauna.

De acuerdo con Gallina, S. & López, C. (2011), este método consiste en una modificación del muestreo de cuadrante que facilita la tarea de contar todos los individuos en la unidad de muestreo. El **"cuadrante"** es una faja angosta y larga en forma de rectángulo que es recorrida por el (los) observador(es) a través de la línea central, contando todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura 2W (ancho efectivo), esto último se refiere a la anchura en ambos lados de la línea del transecto. La visibilidad es afectada por los siguientes factores: cobertura vegetal, relieve, hora y técnica de muestreo (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

CONSULTA PÚBLICA

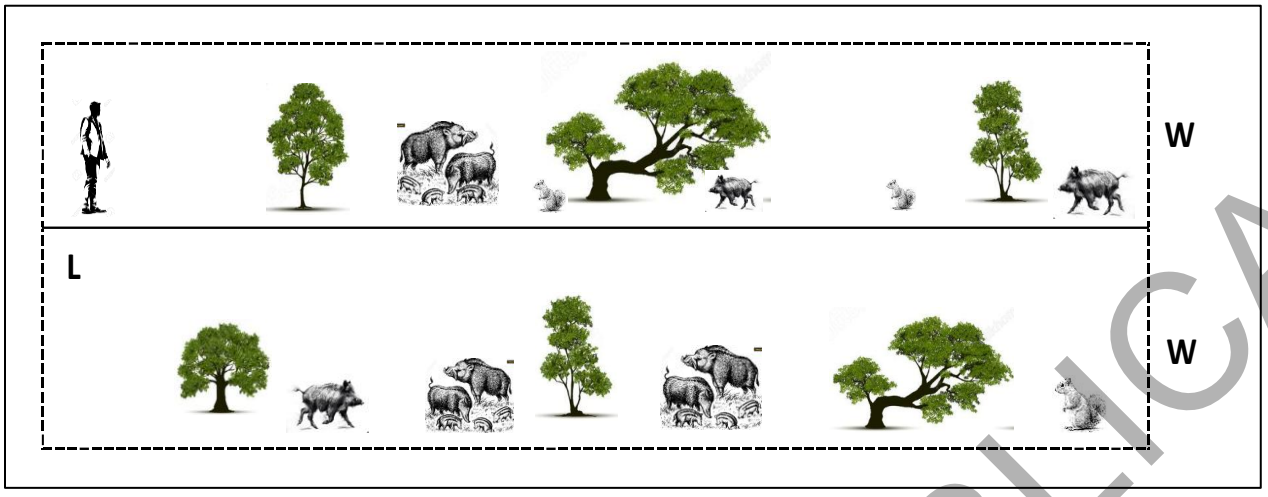


Figura 1. Diagrama de un transecto en franja. El largo (L = 100 m) y ancho (2w = 20 m) son establecidos desde el inicio del muestreo

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

1. Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados (p = 1.0).
2. Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
3. Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables a ser ahuyentadas.
4. Ningún individuo es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a individuos de todos tamaños, en una variedad de hábitat. Incluso individuos que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si ellos son ahuyentados por el observador. Este método aporta información bastante confiable para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

1. Que tan conspicuos o visibles son los individuos.
2. Condiciones meteorológicas.
3. Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
4. Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados.
5. Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.
6. Distancia desde el individuo o grupo avistado.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con las técnicas mencionadas, en el área del proyecto se consideró un método directo mediante el conteo a través de transectos, combinado con un método indirecto mediante la identificación de huellas y cantos de aves en el mismo transecto, esto fue para anfibios, reptiles y mamíferos. Para el caso del registro de aves, se realizó un conteo visual desde el centro del transecto.

Temporalidad:

Para que los estudios de fauna sean válidos, deben ser representativos de las condiciones ecológicas del sitio y precisar la época del año en que fueron realizados, a fin de facilitar una adecuada interpretación de los resultados. En este sentido, para el presente estudio se efectuó un monitoreo de campo durante agosto de 2026, el cual se considera suficiente y representativo debido a que el área de estudio corresponde a una comunidad de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), caracterizada por una estructura relativamente abierta, baja complejidad fisonómica y una composición faunística estrechamente asociada a condiciones ambientales áridas. No obstante, con el propósito de integrar la mayor cantidad posible de información disponible sobre la fauna del área y su zona de influencia, además del trabajo de campo se realizó una revisión y análisis de registros históricos y potenciales, con base en distintas fuentes especializadas, entre ellas el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), literatura científica y plataformas digitales de consulta biológica, lo que permitió complementar y fortalecer la caracterización faunística del sitio.

I.1.1.1 Distribución de los transectos de muestreo

Los transectos pueden ser ubicados de manera sistemática o de manera aleatoria, para el caso de este muestreo se eligió hacerlo de manera sistemática por el motivo de la facilidad de armar un muestreo donde las oportunidades de igualdad de búsqueda son iguales. Se realizaron un total de 30 transectos con una longitud de 100 metros (L) por 20 metros de ancho (2w).

Para poder hacer un análisis de la diversidad faunística encontradas en la RE y en el AP, se usó el mismo tamaño de muestra para ambos casos, es decir, se realizaron un total de 60 transectos (100 m x 20 m).

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los transectos efectuados en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 1. Número de transectos y coordenadas del punto de comienzo y final de donde se realizó el muestreo de fauna silvestre dentro de la RE, UTM WGS84 Zona 12 N

COORDENADAS UTM, ZONA 12 NORTE (WGS84)					
TIPO DE VEGETACIÓN	TRANSECTO	INICIO		FINAL	
		X	Y	X	Y
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	1	497,999.864	3,231,238.839	497,983.259	3,231,338.114
	2	498,365.929	3,231,246.536	498,384.901	3,231,368.851
	3	498,635.938	3,231,077.539	498,651.695	3,231,163.957
	4	499,051.778	3,231,102.758	499,083.865	3,231,220.087
	5	495,283.725	3,228,867.301	495,256.351	3,228,969.243
	6	497,557.085	3,231,142.201	497,561.875	3,231,265.847
	7	496,819.159	3,231,290.294	496,832.508	3,231,408.952
	8	496,136.458	3,230,566.017	496,232.507	3,230,590.138
	9	495,765.685	3,231,037.138	495,828.313	3,231,113.563
	10	495,427.087	3,230,946.527	495,504.877	3,231,014.081
	11	495,088.164	3,231,020.458	495,106.099	3,231,134.679
	12	494,580.881	3,230,871.336	494,511.227	3,230,959.673
	13	494,170.515	3,230,752.433	494,093.281	3,230,839.669
	14	493,742.603	3,230,738.589	493,714.567	3,230,841.533
	15	493,371.130	3,230,492.945	493,332.400	3,230,589.248
	16	494,472.457	3,226,570.121	494,447.221	3,226,667.743
	17	494,821.775	3,225,333.383	494,772.413	3,225,427.248
	18	494,414.046	3,225,241.838	494,378.018	3,225,348.883
	19	494,011.701	3,225,042.723	493,951.549	3,225,135.600
	20	493,635.273	3,224,778.682	493,540.971	3,224,845.322
	21	493,693.708	3,224,394.527	493,624.412	3,224,486.192
	22	493,069.030	3,224,762.614	492,994.292	3,224,850.298
	23	491,316.119	3,222,409.883	491,304.240	3,222,523.567
	24	490,909.385	3,222,390.367	490,872.014	3,222,491.551
	25	490,754.548	3,222,909.117	490,772.248	3,223,025.436
	26	490,901.776	3,223,465.405	490,931.755	3,223,613.291
	27	490,934.554	3,224,199.943	490,929.304	3,224,325.034
	28	491,533.097	3,224,447.995	491,504.680	3,224,556.927
	29	491,649.302	3,224,952.355	491,691.691	3,225,065.999
	30	492,215.638	3,225,828.781	492,214.269	3,225,961.513

En la siguiente figura se muestra la distribución de los transectos de muestreo realizados en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

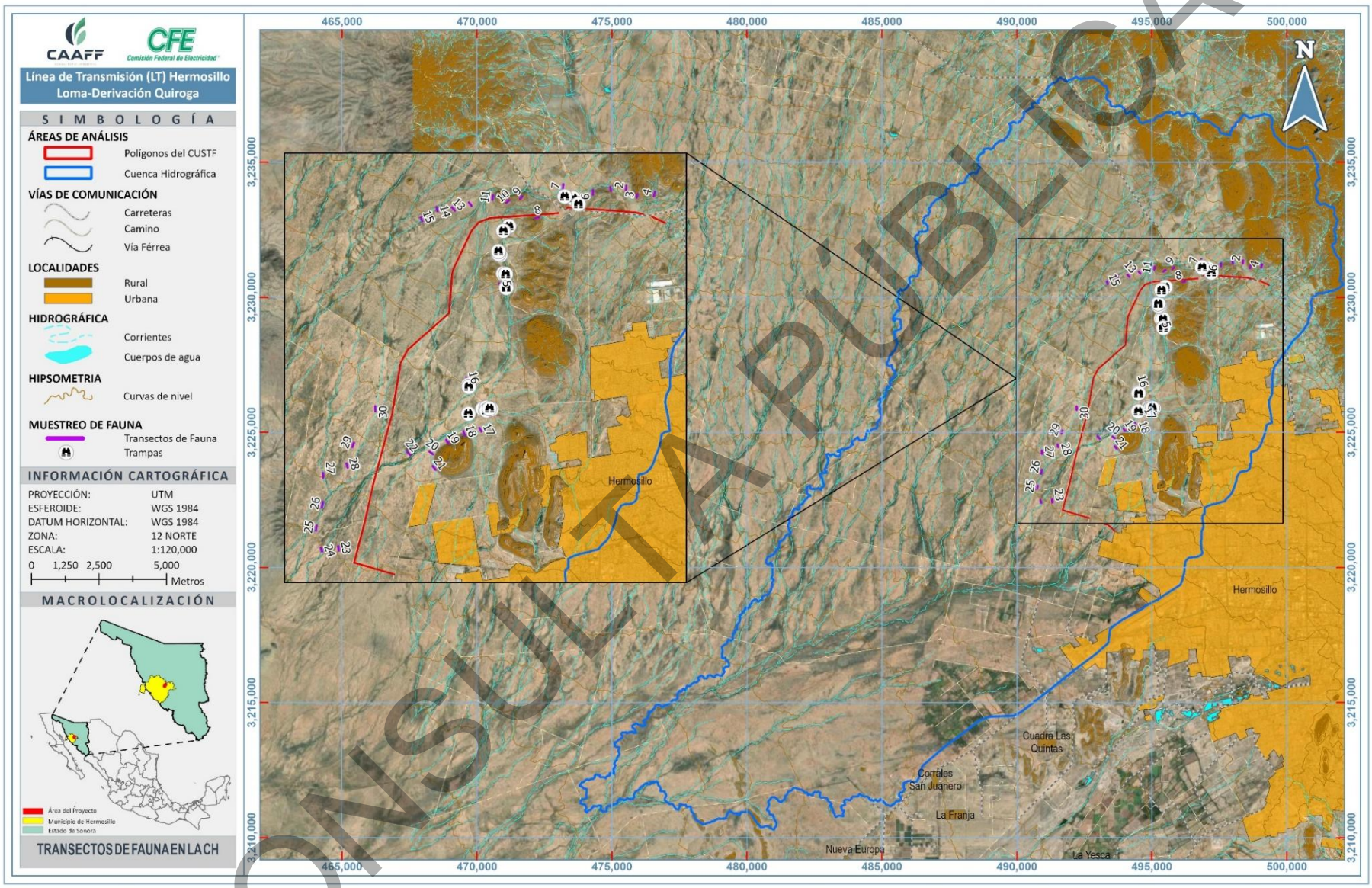


Figura 2. Ubicación de los transectos de muestreo de fauna en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2 MÉTODOS DE MUESTREO UTILIZADOS Y SUFICIENCIA DE MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO

La variable por evaluar para todos los grupos faunísticos fue la cantidad de individuos, a continuación, se enlistan los métodos y materiales que fueron utilizados durante el muestreo de fauna para cada grupo.

Tabla 2. Materiales y métodos utilizados durante el muestreo de fauna para cada grupo faunístico

GRUPO FAUNÍSTICO	VARIABLE POR EVALUAR	MÉTODO DE CONTEO	MATERIAL
Aves	Número de individuos	Avistamiento, canto, captura, nidos.	Redes de niebla, Cámara fotográfica y binoculares.
Mamíferos		Avistamiento, huellas, excretas, captura, madrigueras.	Trampas Sherman, Tomahawk, Cámara fotográfica y cámaras trampa.
Anfibios y Reptiles		Avistamiento, captura.	Cámara fotográfica, Gancho herpetológico.

I.1.2.1 Horario de muestreo

En los siguientes apartados se explica a detalle las actividades realizadas durante el muestreo, para la obtención de información por grupo faunístico.

En la siguiente tabla se enlistan los horarios óptimos para la observación de fauna silvestre de acuerdo con el grupo faunístico.

Tabla 3. Horarios de mayor actividad de los diferentes grupos faunísticos

GRUPO DE FAUNA	HORARIO DE MAYOR ACTIVIDAD
Aves	6:00 – 9:00 horas y 16:00 – 18:00 horas (Perovic et al.; 20081)
Mamíferos	Diurnos, crepusculares, nocturnos (Painter et al., 19992)
Anfibios	9:00 – 11:00 horas y 21:00 a 23:00 horas (Sanabria et al., 20073)
Reptiles	9:00 – 12:00 y 16:00 y 22:00 horas (Navas, 19994)

CONSULTA PÚBLICA

1 Perovic, P. et al. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad – Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provicional Copo, y Zona de Amortiguamento. APN/GEF/BIRF, Salta. 74 pp.
2 Painter, L. et al. 1999. Técnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre. Un manual del curso dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 86 pp.
3 Sanabria, E.; Quiroga l. & Acosta J. C. 2007. Anormalidades Morfológicas En Poblaciones De Chaunus Arenarum En Hábitats Agrícolas: Primer Registro Para La Provincia De San Juan. Resúmenes VIII Congreso Argentino De Herpetología, Córdoba Argentina: 121.
4 Arturo Navas, Carlos. "Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: una visión eco-fisiológica." Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. 23, 1999, p.

I.1.2.2 Descripción del método para cada grupo de fauna

A continuación, se mencionan los métodos usados para llevar a cabo los muestreos, esto de acuerdo con cada grupo faunístico estudiado.

a) Aves

Para conocer la estructura de la comunidad de aves dentro de la zona de estudio, se realizaron las siguientes actividades: registro de toda especie o individuo detectable (Clavell *et al*., 2005) que se observe en la zona de ubicación del proyecto mediante transecto en franja con puntos de conteo, así como la captura de aves con redes ornitológicas de sotobosque (Ralph *et al*. 1994). Esto con el fin de lograr una buena representatividad y obtener la mayor riqueza presente en los transectos de muestreo.

Transectos y puntos de conteo:

Para la observación y obtención del registro de las aves, se emplearon como método principal, el transecto en franja. Este consiste en recorrer a pie una línea preferentemente recta con una distancia de observación definida a cada lado de la línea de recorrido, dentro de la cual se reportaron todos los individuos de las especies observadas o escuchadas (Tellería, 1986; Bibby *et al*., 1992).

Se realizaron muestreos diurnos en los transectos establecidos. Cada transecto establecido fue de una longitud total de 100 m, con un ancho de franja de observación de 20 metros (10 metros por lado), distancia de visibilidad y de acuerdo a la metodología. Adicionalmente se aplicó la metodología de puntos fijos de conteo (cada punto con 25 m de radio) sobre los mismos transectos en franja. Ambos métodos complementarios se llevaron a cabo conjuntamente durante la mañana (7:30-10:30) debido a que son las horas del día donde las aves presentan su pico más alto de actividad.

La información que se obtuvo de estas actividades fue el nombre científico de cada especie reportada, así como el número de individuos registrados de forma auditiva y visualmente, dentro y fuera de la franja y/o radio de muestreo.



Figura 3. Especies de aves observadas en campo en la RE; A) *Chordeiles acutipennis*, B) *Cathartes aura*

CONSULTA PÚBLICA



Figura 4. Especies de aves observadas en campo en la RE; C) *Tyrannus verticalis* D) *Calamospiza melanocorys*, E) *Caracara plancus* y F) *Geococcyx californianus*

Redeos:

La captura directa de ejemplares se realizó dirigida a aquellas especies que por sus hábitos (especies "tímidas", que difícilmente pueden ser detectadas visual o auditivamente) o estancias temporales reducidas, pueden ser sorprendidas y capturadas rápidamente antes de que se desplacen fuera de las unidades de muestreo.

Esta técnica se empleó como un método de muestreo complementario, para incrementar fundamentalmente la información sobre la riqueza y diversidad de aves del área del proyecto. Se establecieron nueve puntos de redeo, esto con la finalidad de asegurar la efectividad del método. Para el muestreo se utilizó un conjunto de 2 redes de niebla de tamaño (12 x 2.50 m) y consistencia (luz de malla de 15 x 15 mm o 16 x 16 mm). Las revisiones se realizaron de 15 a 20 minutos, para evitar que pudieran sobrestresarse los individuos capturados. Los métodos descritos anteriormente son adecuados para obtener de manera rápida y confiable el mayor número de especies en períodos relativamente cortos (Ralph *et al*., 1994).

CONSULTA PÚBLICA

La identificación visual de las especies de las aves se llevó a cabo con el apoyo de las guías de campo especializadas de Howell y Webb (1995) y Mackinnon (2017). Por otro lado, la identificación auditiva de las especies de aves se obtuvo mediante la experiencia del observador y con apoyo de la aplicación *Merlin Bird ID de Cornell Lab para celular*.

Las especies de importancia para la conservación se determinaron con base en su inclusión en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), así como en las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y su condición de endemismo en México, considerando adicionalmente su distribución en la región del Desierto Sonorense.

Para la ornitofauna, el arreglo sistemático y la nomenclatura científica se basaron en la American Ornithological Society (AOS), mientras que los nombres comunes y la ocurrencia estacional se establecieron con base en fuentes especializadas para las aves de México.



Figura 5. Instalación de las redes de nieblas

b) Mamíferos

Para la localización e identificación de especies, se realizaron recorridos a lo largo de los transectos establecidos en el transcurso del día; durante los recorridos se hizo una búsqueda de rastros, huellas y madrigueras, con el objetivo de realizar la búsqueda activa de los individuos de mamíferos silvestres que pudieran estar presentes en el área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

Mamíferos pequeños:

Tomando como base transectos de 100 m x 20 m, se ubicaron trampas Sherman distribuidas dentro de los transectos de muestreo. Estas se dispusieron a manera de zig-zag (Hernandez-betancourt, 2010).

En cada transecto de muestreo se colocó una trampa Sherman de 8 × 9 × 23 cm, por lo que se instalaron 31 trampas en la RE. El muestreo se realizó durante 9 días, manteniendo un esfuerzo de muestreo equivalente en ambos sitios. Como cebo se utilizó una mezcla de hojuelas de avena comercial, crema de cacahuate comercial y esencia de vainilla. Para cada ejemplar capturado se registró: nombre científico, nombre común y estatus de conservación de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019).



Figura 6. Colocación de trampas Sherman, para mamíferos pequeños en la RE

Quirópteros:

Es importante señalar que, en el área de estudio, ubicada en la región de Hermosillo, Sonora, se reconoce la distribución potencial de especies de mamíferos voladores pertenecientes al orden Chiroptera, grupo que desempeña funciones ecológicas relevantes en los ecosistemas áridos y semiáridos, particularmente mediante el control de poblaciones de insectos, polinización y dispersión de semillas, contribuyendo al mantenimiento de diversos procesos ecológicos.

Con base en la información recopilada para el área de estudio, se identificaron 15 especies de murciélagos, pertenecientes a las familias Molossidae, Mormoopidae, Natalidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae. La composición registrada incluye especies características de ambientes desérticos del noroeste de México, entre ellas *Tadarida brasiliensis*, *Macrotus californicus*, *Antrozous pallidus*, *Eptesicus fuscus* y *Myotis yumanensis*. Asimismo, destaca la presencia potencial de *Leptonycteris yerbabuenae*, especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr).

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, la importancia de los quirópteros en la zona de Hermosillo no sólo se relaciona con su riqueza específica, sino también con los servicios ambientales que proporcionan dentro de los ecosistemas del Desierto Sonorense, particularmente en las áreas dominadas por Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Su presencia contribuye al funcionamiento ecológico del sistema mediante procesos de regulación de insectos, polinización y dispersión de semillas, por lo que este grupo constituye un componente relevante de la fauna asociada al área de estudio.

Tabla 4. Listado potencial de especies de Quirópteros para la RE

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	(IUCN)	(CITES)
Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago-barba arrugada	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Pteronotus fulvus*	Murciélago lomo pelón menor	Nativa	-	-	-
Mormoopidae	*Pteronotus mexicanus*	Murciélago bigotudo de Parnell	Endémica, Nativa	-	-	-
Natalidae	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	Nativa	-	LC	-
Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Nativa	Pr	DD	-
Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Antrozous pallidus*	Murciélago desértico norteño	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Corynorhinus townsendii*	Murciélago orejón de Townsend	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Lasiurus frantzii*	Murciélago rojo	Nativa	-	-	-
Vespertilionidae	*Lasiurus xanthinus*	Murciélago amarillo	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis velifer*	Miotis mexicano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Parastrellus hesperus*	Pipistrelo del oeste americano	Nativa	-	LC	-

A continuación, se presentan algunos aspectos relacionados con la importancia ecológica de los quirópteros en la zona de estudio:

En el estado de Sonora, los murciélagos constituyen un componente relevante de la mastofauna, debido tanto a su presencia en diversos ambientes áridos y semiáridos como a las funciones ecológicas que desempeñan. En la región de Hermosillo, caracterizada por condiciones propias del Desierto Sonorense, su importancia trasciende la riqueza específica, ya que participan activamente en procesos ecológicos que contribuyen al mantenimiento y funcionamiento de estos ecosistemas. Para el área de estudio se reconoce la distribución potencial de 15 especies de murciélagos, pertenecientes a las familias Molossidae, Mormoopidae, Natalidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae.

Uno de los principales servicios ambientales proporcionados por los quirópteros corresponde al control biológico de insectos. Diversas especies insectívoras consumen importantes cantidades de artrópodos durante sus periodos de actividad nocturna, contribuyendo a regular sus poblaciones. Esta función resulta particularmente relevante en ambientes áridos y semiáridos, donde los murciélagos participan en el mantenimiento del equilibrio ecológico y, de manera indirecta, pueden contribuir a disminuir la incidencia de organismos considerados plaga en áreas agrícolas y pecuarias próximas.

Adicionalmente, algunas especies desempeñan un papel importante en la polinización y dispersión de semillas, procesos esenciales para la reproducción, regeneración y permanencia de numerosas especies vegetales. En este sentido, destaca la presencia potencial de *Leptonycteris yerbabuenae*, murciélago nectarívoro asociado a la polinización de plantas propias de ambientes áridos, particularmente agaves y diversas cactáceas. Esta especie se

CONSULTA PÚBLICA

encuentra además incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr), lo que incrementa la relevancia de considerar medidas específicas para su protección.

En los ecosistemas del Desierto Sonorense, estas interacciones adquieren especial importancia debido a que numerosas especies vegetales dependen de la fauna para completar procesos de reproducción, dispersión y establecimiento. Por ello, la presencia de murciélagos contribuye a la conservación de la estructura y funcionalidad de comunidades como la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) presente en el área de estudio.

En este contexto, la conservación de los quirópteros en la región de Hermosillo resulta relevante tanto desde una perspectiva biológica como funcional. Las 15 especies con distribución potencial identificadas para el área de estudio representan un componente importante de la fauna local y participan en procesos como el control de insectos, la polinización y la dispersión de semillas. En consecuencia, su protección contribuye al mantenimiento de los procesos ecológicos y de los servicios ambientales asociados a los ecosistemas áridos y semiáridos presentes en la zona.

Monitoreo de Quirópteros.

Para la caracterización de la quiropterofauna presente en el área de estudio se aplicó el método acústico pasivo, mediante el uso de dos detectores ultrasónicos Mini Bat 2 (Wildlife Acoustics), equipos diseñados para registrar las señales ultrasónicas emitidas por los murciélagos durante sus actividades de desplazamiento y forrajeo. Dichos equipos cuentan con un ancho de banda efectivo de 1 a 192 kHz, un alcance máximo aproximado de 100 m y una direccionalidad óptima del micrófono de 30° en el plano vertical y 60° en el plano horizontal, lo que permite una detección eficiente de la actividad de quirópteros en condiciones adecuadas de instalación y operación.

Los detectores fueron colocados en sitios previamente seleccionados dentro del área de estudio, considerando la representatividad de las condiciones del hábitat, la presencia de espacios abiertos o corredores potenciales de vuelo, así como la minimización de interferencias físicas o sonoras que pudieran afectar la calidad de las grabaciones. La ubicación de los equipos se definió con el propósito de maximizar la probabilidad de detección de actividad acústica de murciélagos en la Cuenca hidrográfica evaluada.

El monitoreo se llevó a cabo durante un periodo de ocho noches efectivas de muestreo, utilizando de manera simultánea los dos equipos señalados. Para estandarizar el esfuerzo de muestreo, ambos detectores fueron programados para operar automáticamente en un horario comprendido entre las 19:00 horas y las 08:00 horas del día siguiente, cubriendo así el periodo nocturno de mayor actividad de los quirópteros.

CONSULTA PÚBLICA





Figura 7. Captura por medio del método acústico

Los archivos de audio generados durante cada jornada de monitoreo fueron almacenados en formato digital para su posterior análisis en gabinete. La identificación de las especies se realizó mediante la revisión de las señales ultrasónicas registradas, considerando atributos acústicos tales como la frecuencia, duración, estructura de la llamada, intervalo entre pulsos y patrón de emisión, los cuales fueron comparados con bibliografía especializada y referencias acústicas disponibles para las especies con distribución potencial en la región.

La aplicación de esta metodología permitió obtener evidencia de la presencia de quirópteros en el área de estudio de manera no invasiva, constituyendo una herramienta adecuada para complementar la caracterización faunística del sitio, particularmente para especies de hábitos nocturnos y de difícil detección mediante métodos de observación directa.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis acústico de murciélagos

Para el análisis de las grabaciones ultrasónicas, se utilizó el programa BatSound Pro (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia). Los sonogramas registrados se examinaron visualmente con las funciones Hanning window, Fast Fourier Transformation (FFT) = 1024, umbral = 26 y contraste = 3. Estos valores se seleccionaron para contrarrestar el "ruido de fondo" de las grabaciones.

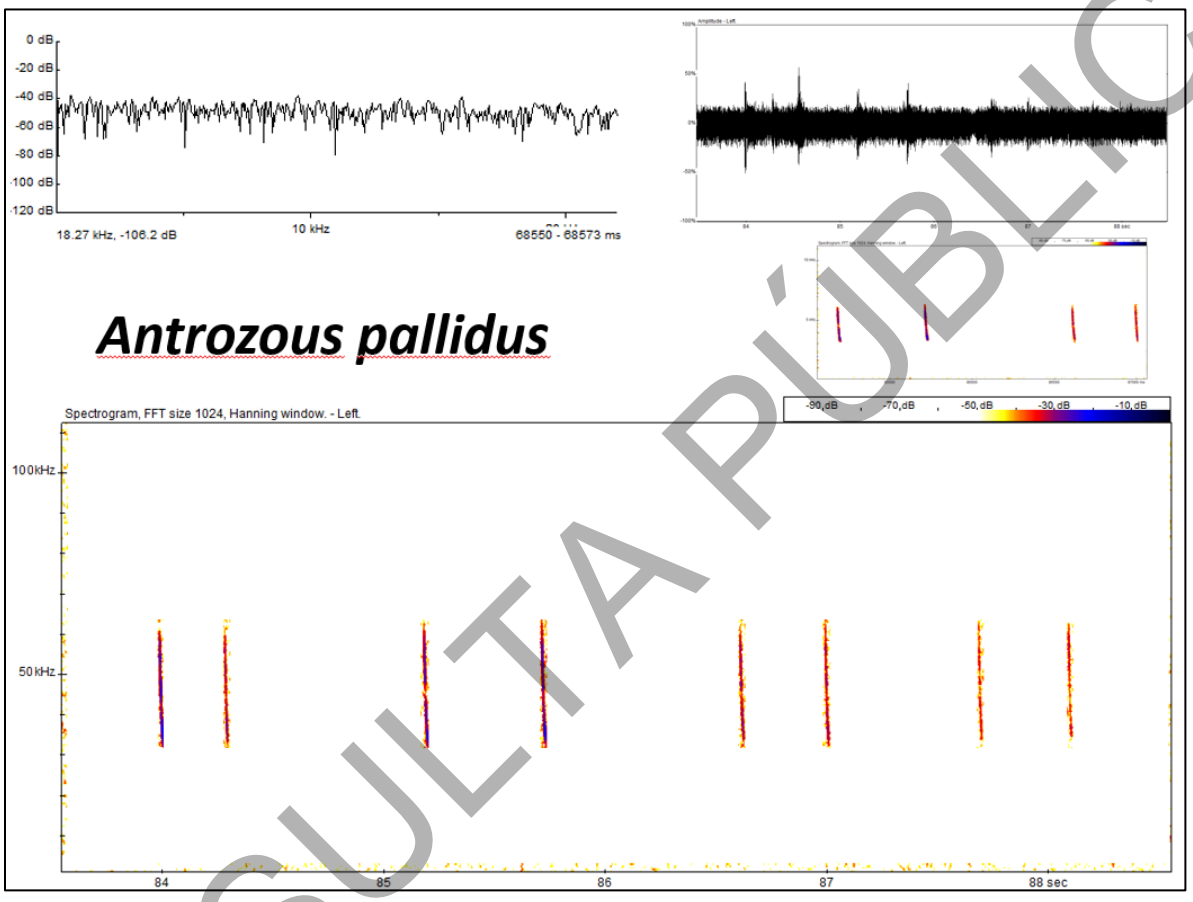


Figura 8. Espectrograma con diferentes variables de pulsos

Primeramente, se descartaron todos los sonidos no ultrasónicos que no corresponden a murciélagos, pero sí a insectos como grillos, chicharras, saltamontes y varios otros insectos con frecuencias bajas, menores a 15 KHz, así como sonidos ambientales de viento.

Para el análisis acústico, se consideran varios puntos importantes para la identificación. El primero es la forma de pulsos de ecolocalización, ya que, en la mayoría de los casos, permite una aproximación a nivel de familia o inclusive género; después se considera la frecuencia mínima y frecuencia máxima de cada pulso y la duración; con estas variables, es posible determinar a nivel de especie a la mayoría de los llamados.

CONSULTA PÚBLICA

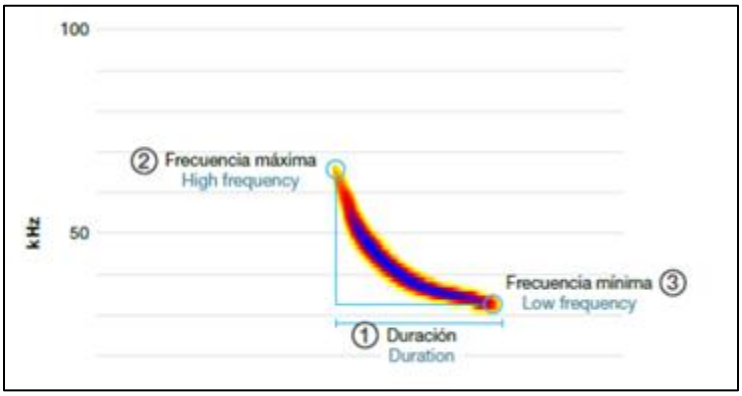


Figura 9. Parámetros acústicos básicos de una llamada de ecolocalización en quirópteros

Finalmente, las señales acústicas obtenidas fueron comparadas con bibliotecas de referencia especializadas, entre ellas la biblioteca personal del Biólogo Juan Cruzado, especialista en quirópteros, integrada a lo largo de casi una década de trabajo en monitoreo acústico, particularmente en parques eólicos. De manera complementaria, se utilizó como fuente de consulta la publicación Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros mexicanos (Ortega et al., 2022), a fin de fortalecer la identificación de las especies registradas.

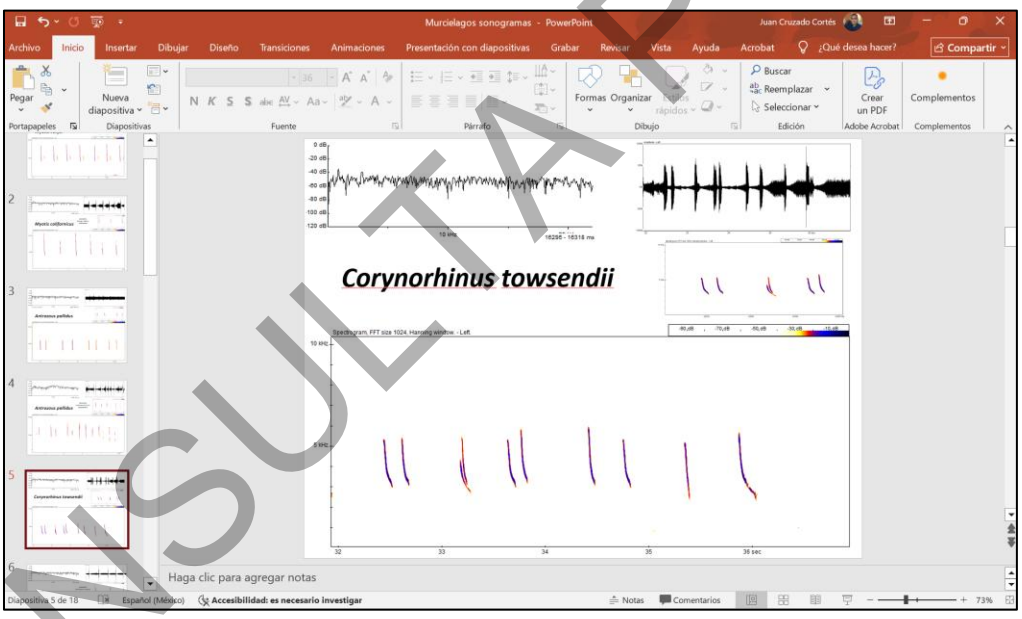


Figura 10. Biblioteca de sonido (Juan Cruzado)

CONSULTA PÚBLICA

Especies registradas durante el muestreo

A continuación, se presentan las especies de quirópteros registradas mediante los detectores ultrasónicos Mini Bat 2 durante el periodo de muestreo, con base en el análisis de las señales de ecolocalización obtenidas en campo.



Figura 11. *Leptonycteris yerbabuenae*

Leptonycteris yerbabuenae es un murciélago nectarívoro perteneciente a la familia Phyllostomidae. Presenta un rostro alargado y estrecho, adaptado para alimentarse del néctar y polen de flores. Es una especie principalmente asociada con ambientes áridos y semiáridos, donde desempeña un papel ecológico relevante como polinizador de agaves y cactáceas columnares, entre ellas especies de Stenocereus y Pachycereus. Presenta poblaciones migratorias que realizan desplazamientos estacionales entre distintas regiones de México y el suroeste de Estados Unidos, incluyendo el Desierto Sonorense. Utiliza principalmente cuevas como sitios de refugio y reproducción.

CONSULTA PÚBLICA

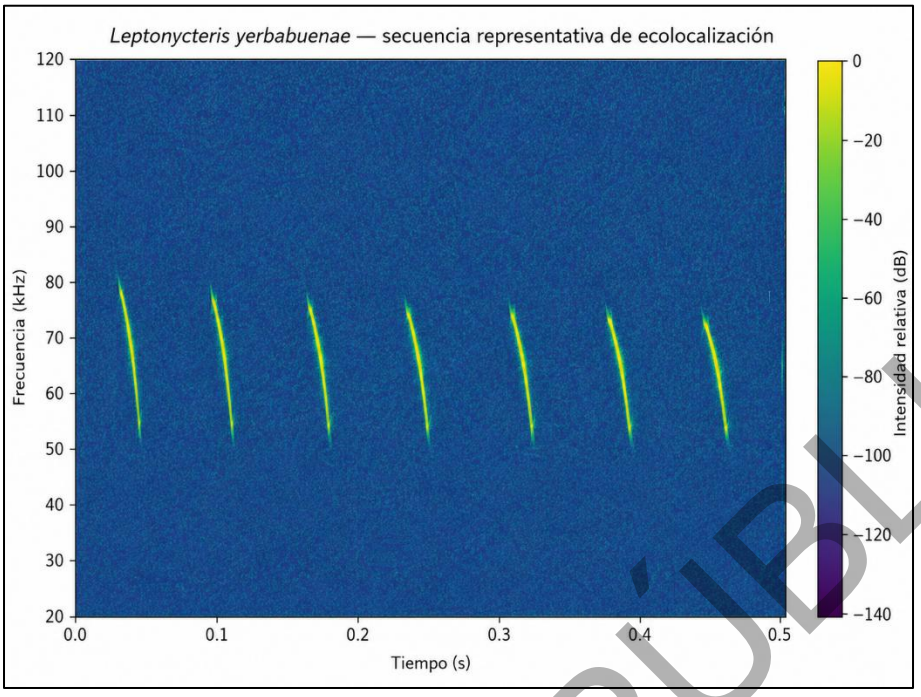


Figura 12. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Leptonycteris yerbabuenae* obtenida mediante monitoreo acústico.



Figura 13. *Myotis velifer*

Myotis velifer es un murciélago insectívoro perteneciente a la familia Vespertilionidae. Es una especie de tamaño mediano, con pelaje que varía de tonos café claros a café oscuro y región ventral generalmente más clara; presenta orejas relativamente desarrolladas y alas adaptadas para la captura de insectos durante el vuelo. Se alimenta principalmente de polillas, escarabajos, hormigas voladoras y otros insectos nocturnos, por lo que participa en el control natural de poblaciones de artrópodos. Se distribuye desde el suroeste de Estados Unidos hasta México y Centroamérica, y utiliza principalmente cuevas, minas, túneles, puentes y algunas construcciones como sitios de refugio, donde puede formar colonias numerosas.

CONFIDENCIAL PÚBLICA

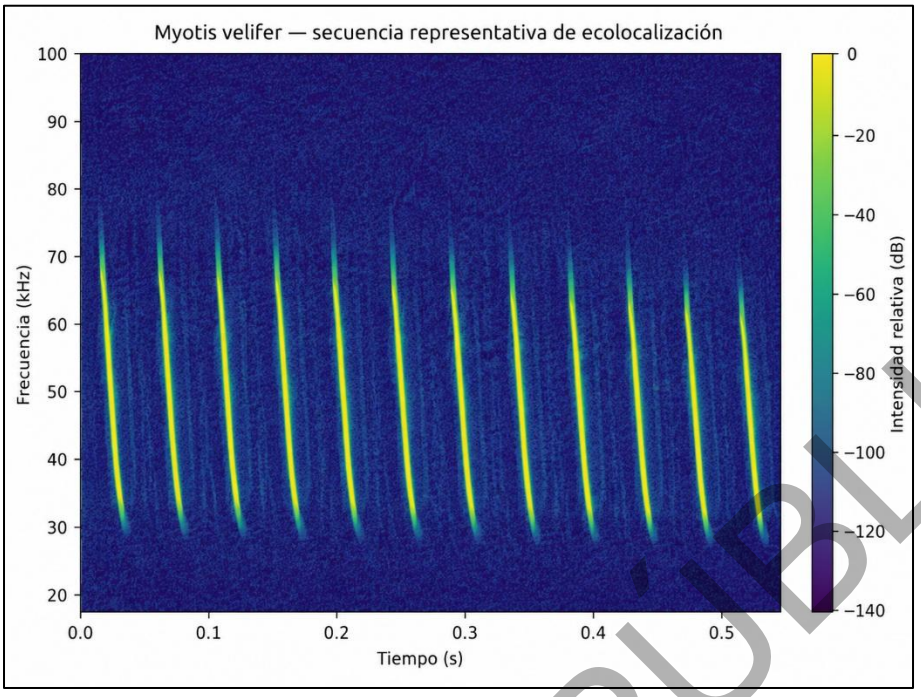


Figura 14. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Myotis velifer* obtenida mediante monitoreo acústico.



Figura 15. *Eptesicus fuscus*

Eptesicus fuscus es un murciélago insectívoro perteneciente a la familia Vespertilionidae. Es una especie de tamaño mediano, con pelaje dorsal de color pardo a café oscuro y región ventral ligeramente más clara. Presenta orejas relativamente cortas, gruesas y de tonalidad oscura, así como membranas alares negruzcas; sus alas son comparativamente cortas y anchas, características asociadas con un vuelo maniobrable. Su peso generalmente se encuentra entre 13 y 20 g. Se alimenta principalmente de insectos nocturnos, destacando escarabajos y otros artrópodos voladores. Presenta una distribución amplia en América del Norte, desde Canadá hasta México, y puede ocupar ambientes forestales, agrícolas, urbanos y desérticos, utilizando como refugio cavidades de árboles, construcciones, puentes y otras estructuras.

CONSULTA PÚBLICA

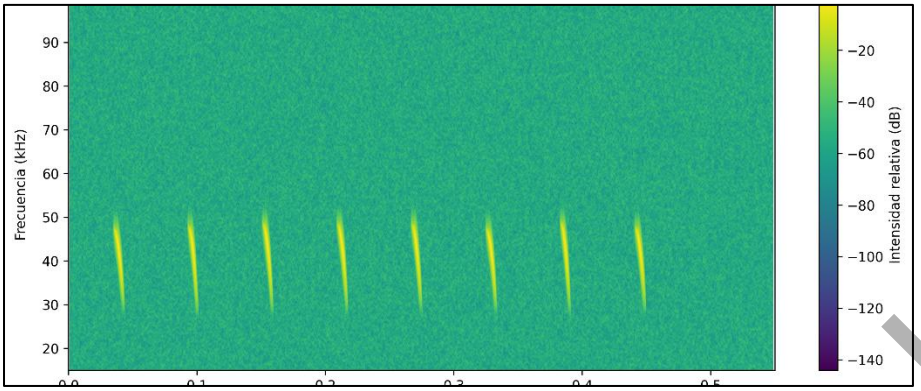


Figura 16. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Eptesicus fuscus* obtenida mediante monitoreo acústico.



Figura 17. *Macrotus californicus*

Macrotus californicus es un murciélago insectívoro de la familia Phyllostomidae, característico de regiones áridas del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México. Es de tamaño mediano, con pelaje dorsal gris a gris parduzco y región ventral más clara. Se distingue fácilmente por presentar orejas muy grandes y redondeadas, así como una hoja nasal erecta y bien desarrollada. Posee alas cortas y anchas que le permiten realizar vuelos lentos y altamente maniobrables cerca del suelo y entre la vegetación. A diferencia de muchas especies insectívoras que capturan a sus presas en vuelo, esta especie puede localizar y capturar insectos directamente sobre el suelo o la vegetación. No se considera migratoria ni hiberna, y utiliza principalmente cuevas, minas abandonadas y refugios rocosos. Su distribución incluye el Desierto Sonorense y Mojave, extendiéndose por el sur de California, Nevada y Arizona, así como por Sonora y otras regiones del occidente de México.

CONSULTA PÚBLICA

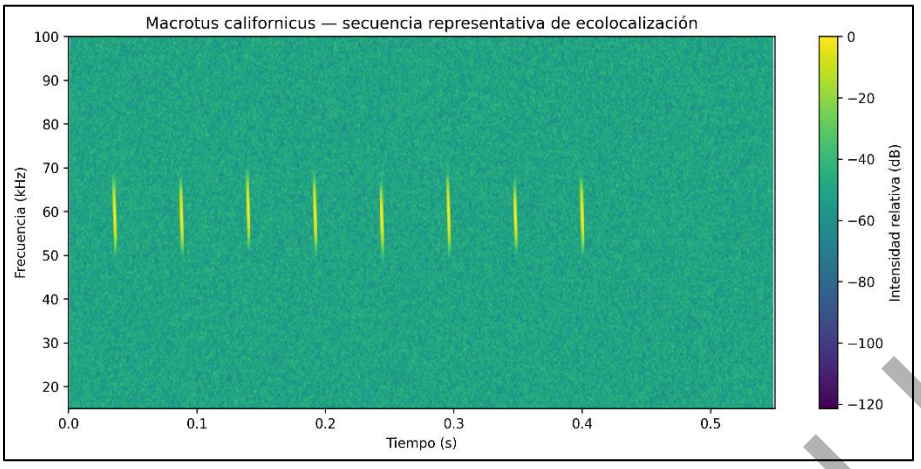


Figura 18. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Macrotus californicus* obtenida mediante monitoreo acústico.



Figura 19. *Tadarida brasiliensis*

Tadarida brasiliensis es un murciélago perteneciente a la familia Molossidae, de tamaño mediano (≈ 90 mm); posee orejas grandes (≈15 mm) que no sobrepasan el hocico. La coloración dorsal es café obscuro a pardo, pelaje denso y corto, mientras que en la región ventral es ligeramente más claro debido a que la punta del pelo es blanquecina y ligeramente más larga. *Tadarida brasiliensis* presenta dimorfismo sexual en tamaño, así como variación geográfica en tamaño corporal. Es de hábitos gregarios y dieta insectívora. Se distribuye desde el noroeste de Estados Unidos hasta Sudamérica, en México su distribución excluye la península de Yucatán. *Tadarida brasiliensis* se puede encontrar en simpatría con todas las especies de la familia Molossidae. Presenta movimientos estacionales migratorios en el este y oeste de Norteamérica.

CONSULTA PÚBLICA

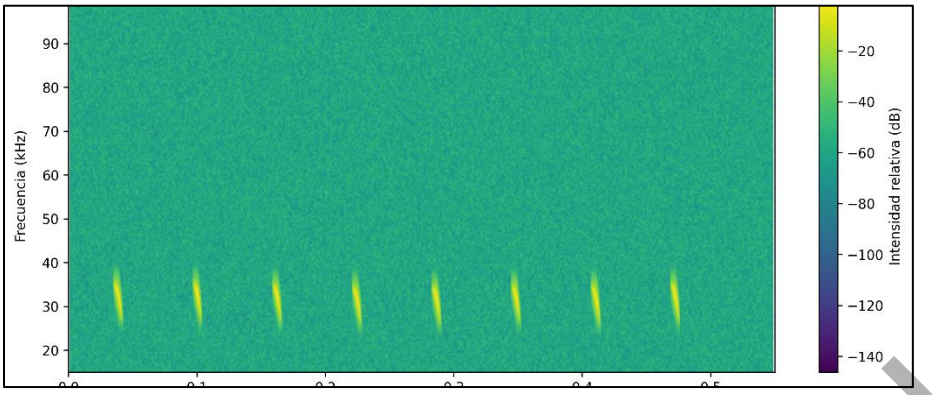


Figura 20. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Tadarida brasiliensis* obtenida mediante monitoreo acústico.



Figura 21. *Myotis yumanensis*

Myotis yumanensis es un murciélago insectívoro perteneciente a la familia Vespertilionidae. Es una especie de tamaño pequeño, con una longitud corporal aproximada de 65 a 85 mm y un peso cercano a 5–6 g. Su coloración presenta variaciones geográficas, desde tonos café claros hasta café oscuro, mientras que la región ventral suele ser grisácea o blanquecina. Presenta orejas pequeñas, generalmente menores de 16 mm, membranas alares de color café claro a gris y patas proporcionalmente grandes. Se alimenta de diversos insectos voladores, entre ellos mosquitos, polillas, escarabajos y otros grupos asociados frecuentemente con cuerpos de agua. Se distribuye ampliamente en el oeste de América del Norte, desde Canadá y Estados Unidos hasta diferentes regiones de México, incluyendo ambientes desérticos y semidesérticos de baja elevación. Es común encontrarla asociada a zonas riparias, cuerpos de agua, puentes, construcciones, cuevas y minas utilizadas como refugio.

CONSULTA PÚBLICA

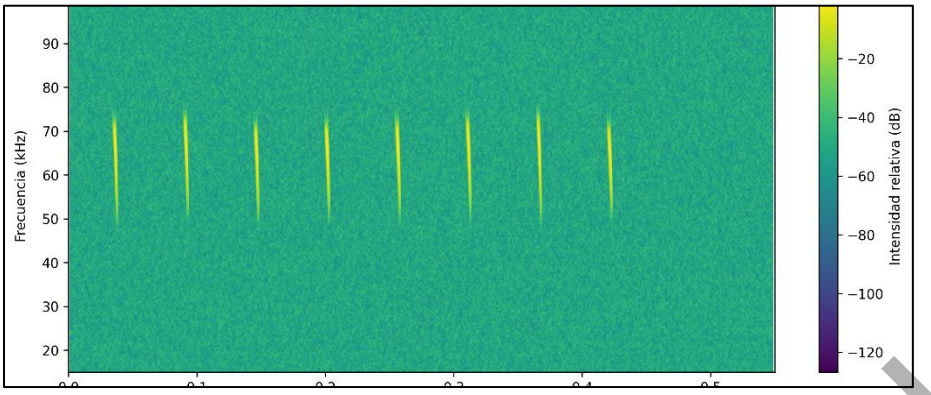


Figura 22. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Myotis yumanensis* obtenida mediante monitoreo acústico.

La captura directa de ejemplares (incruenta y no traumática) suele realizarse en especies que no pueden ser detectados por las grabadoras ultrasónicas debido a la frecuencia a la que emiten, pero pueden ser capturados por sus hábitos con la ayuda de redes de niebla. Para la captura se utilizó un conjunto de dos redes de niebla de 12x2.5 m y consistencia (luz de malla de 16x16 mm) adecuada al grupo de los quirópteros.



Figura 23. Trampeo por medio de redes de niebla

El horario de muestreo inició aproximadamente 20 minutos antes del ocaso y se mantuvo durante al menos 30 minutos por punto de muestreo. En total se acumuló un esfuerzo mínimo de 6 horas-red. Mediante este método no se obtuvieron capturas de quirópteros; sin embargo, sí se registró la presencia de especies mediante el monitoreo acústico descrito previamente.

CONSULTA PÚBLICA

Mamíferos medianos y grandes

Transectos diurnos:

Una de las formas más sencillas de registrar la presencia de especies en un área determinada es por medio de observaciones directas a lo largo de transectos establecidos, tratándose de una de las técnicas más utilizadas para determinar la presencia, distribución y abundancia de la fauna silvestre.

Durante estos recorridos es posible encontrar rastros, huellas y excretas y, en la mayoría de los casos, identificar los registros hasta nivel de especie. Se realizaron recorridos de 100 m por unidad de muestreo. Durante los recorridos se registraron en libreta de campo los avistamientos de especies y número de individuos, así como evidencias indirectas (huellas, excretas, rascaderos, huesos o cadáveres, madrigueras, entre otras). El ancho de banda del transecto fue de 20 m, de acuerdo con las condiciones del proyecto. Asimismo, se geoposicionaron con GPS los puntos de inicio y final para establecer la longitud de cada transecto.

Durante las actividades de muestreo se obtuvo un registro fotográfico de los rastros, excretas y huellas y en menor medida de los avistamientos. La identificación de huellas y rastros se realizó con ayuda de guías específicas (Ceballos y Oliva 2005, Reid 1997, Aranda, 2012).



Figura 24. Especies registrada durante el muestreo en la CH; A) Huellas de *Procyon lotor* y B) Cornamenta de *Odocoileus hemionus*

CONSULTA PÚBLICA

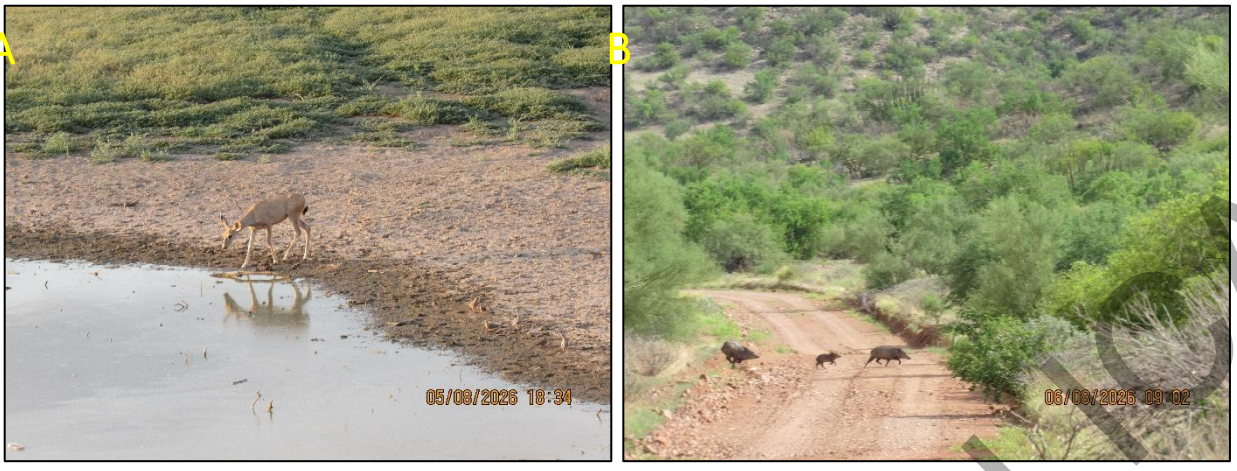


Figura 25. Especies registradas durante el muestreo en la CH; A) Avistamiento de *Odocoileus hemionus* y B) Avistamiento de ejemplares juveniles y adultos de *Pecari tajacu.*



Figura 26. Especies registradas durante el muestreo en la CH; C) Avistamiento de *Otospermophilus variegatus* y D) Avistamiento de ejemplar de *Lepus alleni.*

Trampas Tomahawk

Como actividad complementaria a los recorridos realizados, en los sitios considerados como apropiados para una buena observación y captura temporal, se colocaron trampas tipo Tomahawk.

Tomando como base los transectos de 100 m, se realizó el muestreo con la ayuda de 2 trampas Tomahawk respetando una distancia mínima de 500 metros. Se utilizó como cebo sardinas y fruta. Estas permanecieron activas al menos una noche en cada sitio. Para cada ejemplar se anotó nombre de especie, nombre común y estatus de conservación de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019).

CONSULTA PÚBLICA



Figura 27. Colocación de trampas Tomahawk en la CH

Fototrampas

Por medio de este método es posible la captura continua de fotografías de los diferentes ejemplares de mamíferos que utilizan la zona. Con los datos obtenidos es posible determinar la abundancia de las especies. Este método consiste en colocar trampas-cámara simples y/o dobles (sistema pasivo) en los parajes más frecuentados por los animales silvestres como: veredas, aguaderos, sesteaderos, etc.

Se establecieron seis estaciones de fototrampeo aledañas a los transectos para verificar la presencia de especies. Las fototrampas permanecieron activas durante dos días, equivalente a un esfuerzo nominal de 12 cámaras-día considerando las seis estaciones instaladas. Debido al corto periodo de operación, los registros obtenidos mediante este método se consideraron complementarios a la información generada en los transectos.

Las cámaras de fototrampeo se configuraron con el sistema pasivo y tienen las siguientes especificaciones: resolución de 16 MP interpolados para las imágenes, vídeo Full HD (1080P 25 fps), con velocidad de disparo de 0.5 segundos, iluminación por leds infrarrojos y 3 sensores de movimiento. Estas se fijaron en las entradas de los pasos de fauna o en troncos de árboles en dirección Norte o Sur (intentaron evitarse direcciones Este-Oeste, que pueden tener problemas de iluminación por la mañana o tarde), a una altura promedio de aproximadamente 50 cm.



Figura 28. Colocación de cámaras trampas

CONSULTA PÚBLICA



Figura 29. Registro de individuo *Lynx rufus* mediante cámara trampa



Figura 30. Registro de individuo *Pecari tajacu* mediante cámara trampa



Figura 31. Registro de individuo *Odocoileus hemionus* mediante cámara trampa

CONSULTA PÚBLICA

c) Anfibios y Reptiles

Para el muestreo de anfibios y reptiles se empleó el método de búsqueda activa mediante transectos con encuentro visual ya que este ha demostrado una mayor efectividad para el registro de la diversidad y un menor esfuerzo en comparación con otros métodos utilizando trampas. Se tomó en consideración abarcar diferentes zonas y asociaciones vegetales. Este muestreo consistió en el registro de todos los animales observados, sus rastros (mudas de piel, restos óseos, etc.) y vocalizaciones (registro auditivo de cantos para Anuros) durante los recorridos por el área del predio en un ancho de banda de cuatro metros. Los microhábitats (restos vegetales, bajo rocas, troncos en descomposición, cuerpos de agua, etc.) fueron inspeccionados.

Las especies ya determinadas se actualizaron taxonómicamente con base en las publicaciones de Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), la lista del catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México elaborada por la CONABIO, 2013. Y para los anfibios fue en base al catálogo de Frost (2015), Anfibios del mundo, del Museo de Historia Natural de New York.



Figura 32. Captura fotográfica de las especies; A) *Crotalus atrox* B) *Phrynosoma solare* C) *Callisaurus draconoides* D) *Masticophis flagellum*, en la CH

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3 TAMAÑO DE MUESTRA

A continuación, se presenta el análisis estadístico que justifica el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo. Para tener un comparativo de la riqueza y abundancia de especies de fauna en el área de estudio, se delimitaron y recorrieron 30 transectos en franjas para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), con una dimensión de 100 m de largo por 20 m de ancho distribuidos en la CH.

Para determinar la confiabilidad del muestreo se hizo uso de las curvas de acumulación de especies las cuales representan gráficamente la forma de como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos; cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo; las especies que pueden faltar aún por encontrar serán probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad del territorio estudiada (Moreno & Halffter, 2000).

La curva de acumulación de especies se elaboró por tipo de vegetación, utilizando los programas *Estimate SWin 9.10*, los datos obtenidos en campo se exportaron al programa antes mencionado y con procesamiento estadístico se aplicó el método no paramétrico de Chao2. Los resultados se muestran a continuación.

* MODELO NO PARAMÉTRICO

INDICADOR NO PARAMÉTRICO CHAO 2

El estimador no paramétrico Chao 2 se basa en datos de incidencia, es decir, en la presencia o ausencia de cada especie dentro de las unidades de muestreo. A partir de la frecuencia con que las especies aparecen en una o en dos unidades de muestreo, permite estimar la riqueza no detectada y aproximar la riqueza total esperada de la comunidad; la fórmula del indicador es la siguiente:

$$S\ Chao2 = S_{obs} + \frac{Q1^2}{Q2^2}$$

En donde:

S = Riqueza de especies observada mediante el muestreo.
Q1 = Número de especies registradas en una sola unidad de muestreo.
Q2 = Número de especies registradas en exactamente dos unidades de muestreo.

Por lo tanto, para justificar el tamaño de muestra se utilizaron las curvas de acumulación de especies y el estimador Chao 2 para los grupos de ornitofauna, mastofauna y herpetofauna presentes en la CH, mediante el programa EstimateS Win 9.10. Los datos obtenidos en campo se procesaron por unidades de muestreo y se representaron con intervalos de confianza al 95 %, con el propósito de evaluar la suficiencia y representatividad del esfuerzo aplicado. A continuación, se presentan los resultados y el análisis por grupo faunístico.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

A continuación, se integra una tabla resumen de los resultados obtenidos mediante el indicador Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 5. Resultado del tamaño de muestra o esfuerzo de muestreo mediante Chao 2

GRUPO	ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS	N° DE ESPECIES INFERIDAS	N° DE ESPECIES ENCONTRADAS	REPRESENTATIVIDAD DE LAS ESPECIES EN %
Ornitofauna	CHAO 2	65.93	64.00	97%
Mastofauna	CHAO 2	17.00	17.00	100%
Herpetofauna	CHAO 2	11.00	11.00	100%

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el estimador no paramétrico Chao 2, el muestreo realizado en la Cuenca Hidrográfica con presencia de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) presentó una alta representatividad para los tres grupos faunísticos evaluados. Para la ornitofauna se estimó una riqueza potencial de 65.93 especies, de las cuales se registraron 64 especies, alcanzándose una representatividad aproximada del 97 %.

En el caso de la mastofauna, el estimador Chao 2 calculó una riqueza de 17 especies, coincidente con las 17 especies registradas, por lo que se obtuvo una representatividad del 100 %. De manera similar, para la herpetofauna se estimaron y registraron 11 especies, alcanzándose igualmente una representatividad del 100 %.

En conjunto, los resultados indican que el esfuerzo de muestreo fue suficiente y altamente representativo, con valores de representatividad entre 97 y 100 %. La reducida diferencia entre la riqueza observada y la estimada para la ornitofauna, equivalente a 1.93 especies, así como la coincidencia total entre los valores observados y estimados para mastofauna y herpetofauna, permiten considerar que el inventario obtenido constituye una base confiable para caracterizar la composición faunística presente en el área de estudio.

Grupo de Ornitofauna

De acuerdo con los resultados de la riqueza de especies, por cada transecto de muestreo y del indicador Chao2 calculado con ayuda del programa *Estimate SWin 9.10*, se obtuvieron los siguientes resultados:

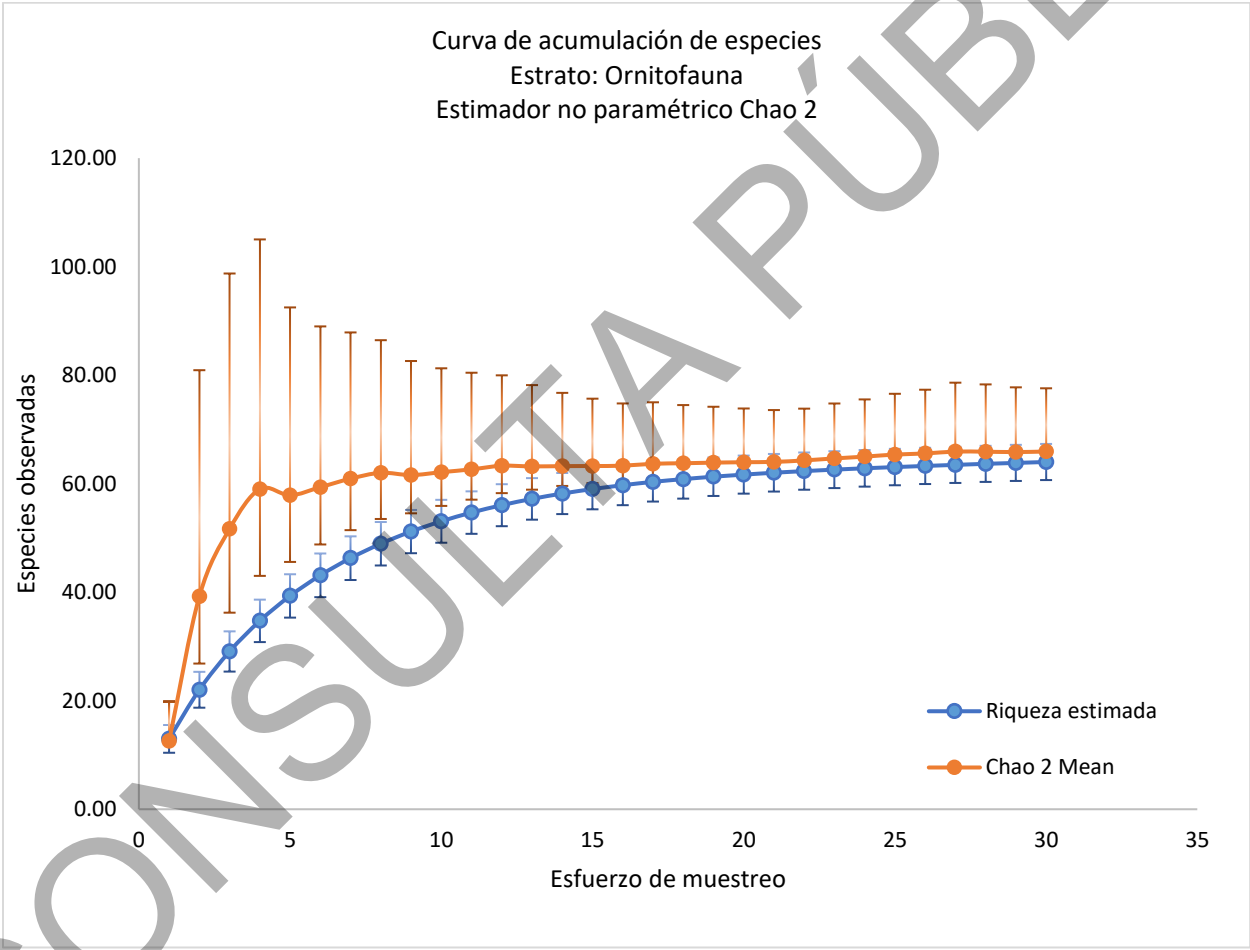
Tabla 6. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR
1	12.97	2.56	2.56	12.55	-7.30	7.30
2	22.02	3.30	3.31	39.22	12.37	41.70
3	29.08	3.71	3.71	51.67	15.44	47.07
4	34.72	3.91	3.91	59.01	16.00	46.01
5	39.32	4.00	3.99	57.86	12.28	34.63
6	43.11	4.02	4.03	59.36	10.56	29.63
7	46.28	4.03	4.02	60.93	9.49	26.95
8	48.94	4.01	4.00	62.01	8.51	24.44
9	51.18	3.99	3.98	61.59	7.05	21.02
10	53.07	3.95	3.96	62.12	6.21	19.15
11	54.68	3.92	3.91	62.65	5.59	17.80
12	56.04	3.87	3.87	63.30	5.04	16.67
13	57.20	3.83	3.83	63.19	4.29	14.98
14	58.18	3.78	3.79	63.24	3.65	13.50
15	59.01	3.73	3.74	63.26	3.15	12.41
16	59.72	3.68	3.69	63.32	2.73	11.47
17	60.34	3.63	3.64	63.67	2.59	11.33
18	60.84	3.59	3.59	63.77	2.29	10.72
19	61.29	3.55	3.54	63.88	2.07	10.30
20	61.67	3.50	3.51	63.96	1.88	9.90

CONSULTA PÚBLICA

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR
21	62.02	3.47	3.46	64.02	1.69	9.55
22	62.32	3.43	3.43	64.29	1.62	9.54
23	62.59	3.40	3.40	64.66	1.69	10.12
24	62.84	3.38	3.37	64.99	1.73	10.54
25	63.06	3.35	3.36	65.37	1.80	11.20
26	63.27	3.33	3.34	65.57	1.87	11.75
27	63.47	3.33	3.33	65.92	2.01	12.70
28	63.66	3.33	3.32	65.89	1.88	12.41
29	63.83	3.32	3.33	65.83	1.74	11.93
30	64.00	3.33	3.33	65.93	1.65	11.65

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.



Gráfica. 1. Curva de acumulación de especies para el grupo de ornitofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao2, intervalos de confianza al 95%

Con base en los resultados obtenidos mediante el estimador no paramétrico Chao 2, el muestreo de ornitofauna realizado en el área de estudio alcanzó una alta representatividad. En los 30 sitios de muestreo se registró una riqueza acumulada de 64 especies, mientras que el estimador Chao 2 calculó una riqueza potencial de 65.93 especies, lo que representa aproximadamente el 97 % de las especies esperadas para este grupo faunístico.

CONSULTA PÚBLICA

La diferencia entre la riqueza observada y la riqueza estimada fue de únicamente 1.93 especies, evidenciando que mediante el esfuerzo de muestreo aplicado se logró registrar prácticamente la totalidad de la riqueza potencial de aves presente bajo las condiciones evaluadas. Asimismo, conforme aumentó el número de sitios de muestreo, tanto la riqueza observada como los valores estimados por Chao 2 mostraron una tendencia progresiva hacia la estabilización, manteniéndose estos últimos cercanos a 66 especies durante los sitios finales.

Adicionalmente, la superposición de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza observada y estimada respalda la suficiencia del esfuerzo realizado. En consecuencia, se considera que el muestreo fue estadísticamente suficiente y altamente representativo, proporcionando información confiable para los análisis de riqueza, abundancia y diversidad de la ornitofauna presente en el área de estudio.

Grupo de mastofauna

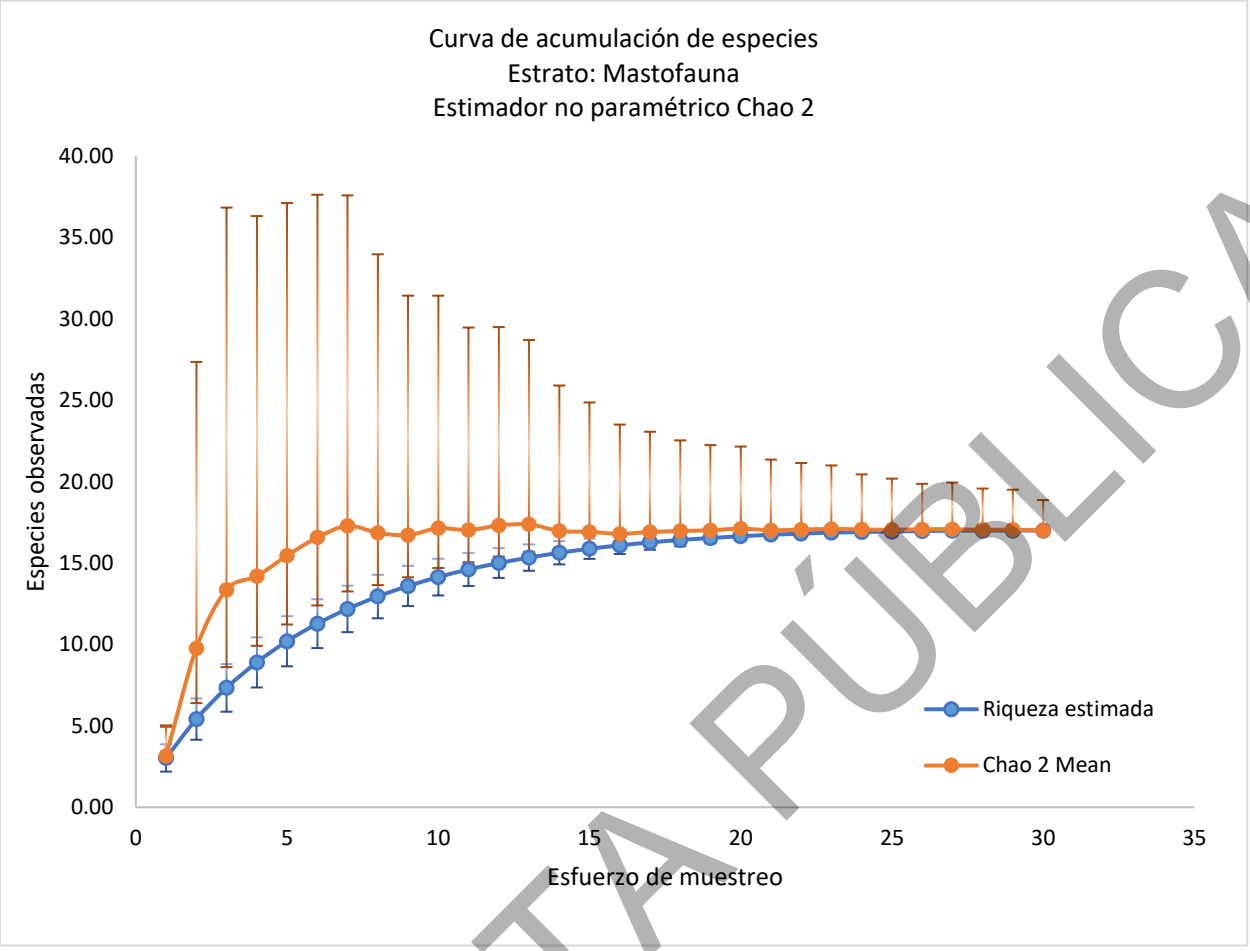
Aplicando el indicador no paramétrico de Chao 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR
1	3.03	0.84	0.84	3.15	-1.80	1.88
2	5.42	1.27	1.27	9.76	3.36	17.60
3	7.34	1.47	1.46	13.36	4.75	23.48
4	8.90	1.54	1.54	14.20	4.28	22.12
5	10.20	1.54	1.54	15.46	4.23	21.66
6	11.28	1.50	1.50	16.57	4.17	21.06
7	12.18	1.42	1.43	17.29	4.03	20.30
8	12.95	1.34	1.33	16.86	3.21	17.11
9	13.59	1.23	1.24	16.72	2.59	14.71
10	14.14	1.13	1.13	17.14	2.44	14.29
11	14.61	1.02	1.02	17.03	1.98	12.44
12	15.00	0.91	0.92	17.31	1.91	12.19
13	15.34	0.81	0.81	17.38	1.69	11.33
14	15.63	0.71	0.72	16.98	1.10	8.93
15	15.88	0.62	0.62	16.92	0.86	7.95
16	16.09	0.53	0.54	16.80	0.60	6.71
17	16.27	0.45	0.46	16.91	0.39	6.16
18	16.42	0.39	0.38	16.97	0.19	5.57
19	16.54	0.32	0.32	17.02	0.11	5.23
20	16.65	0.26	0.26	17.11	0.06	5.05
21	16.74	0.21	0.21	17.02	-0.07	4.34
22	16.81	0.16	0.16	17.06	-0.08	4.09
23	16.87	0.13	0.12	17.10	-0.09	3.90
24	16.91	0.09	0.09	17.07	-0.18	3.38
25	16.94	0.05	0.06	17.05	-0.15	3.14
26	16.97	0.04	0.03	17.08	-0.15	2.79
27	16.99	0.02	0.01	17.08	-0.04	2.87
28	17.00	0.01	0.00	17.05	-0.05	2.53
29	17.00	0.00	0.00	17.05	0.01	2.46
30	17.00	0.00	0.00	17.00	0.00	1.87

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 2. Curva de acumulación de especies para el grupo de mastofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao2, intervalos de confianza al 95%

Con base en la gráfica anterior se tiene que se cumple la sobreposición en los valores de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza estimada y los valores de Chao 2, indicando que se ha registrado en su totalidad las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio.

Con base en los resultados obtenidos mediante el estimador no paramétrico Chao 2, el muestreo de mastofauna realizado en el área de estudio alcanzó una representatividad del 100 %. En los 30 sitios de muestreo se registró una riqueza acumulada de 17 especies, valor que coincide exactamente con la riqueza potencial estimada por Chao 2, igualmente de 17.00 especies.

A medida que aumentó el esfuerzo de muestreo, la riqueza observada presentó un incremento progresivo hasta alcanzar las 17 especies, mientras que los valores del estimador Chao 2 mostraron una tendencia clara hacia la estabilización. Durante los últimos sitios de muestreo, los valores estimados se mantuvieron muy próximos a 17 especies, hasta coincidir completamente con la riqueza registrada en el sitio 30.

Asimismo, la superposición de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza observada y la estimada respalda la suficiencia del esfuerzo realizado. La coincidencia final entre ambos valores indica que, bajo las condiciones y temporalidad del muestreo, no se infiere la presencia de especies adicionales mediante Chao 2. Por lo anterior, el

CONSULTA PÚBLICA

esfuerzo aplicado se considera estadísticamente suficiente y representativo para caracterizar la riqueza de mastofauna presente en el área de estudio.

Grupo de herpetofauna

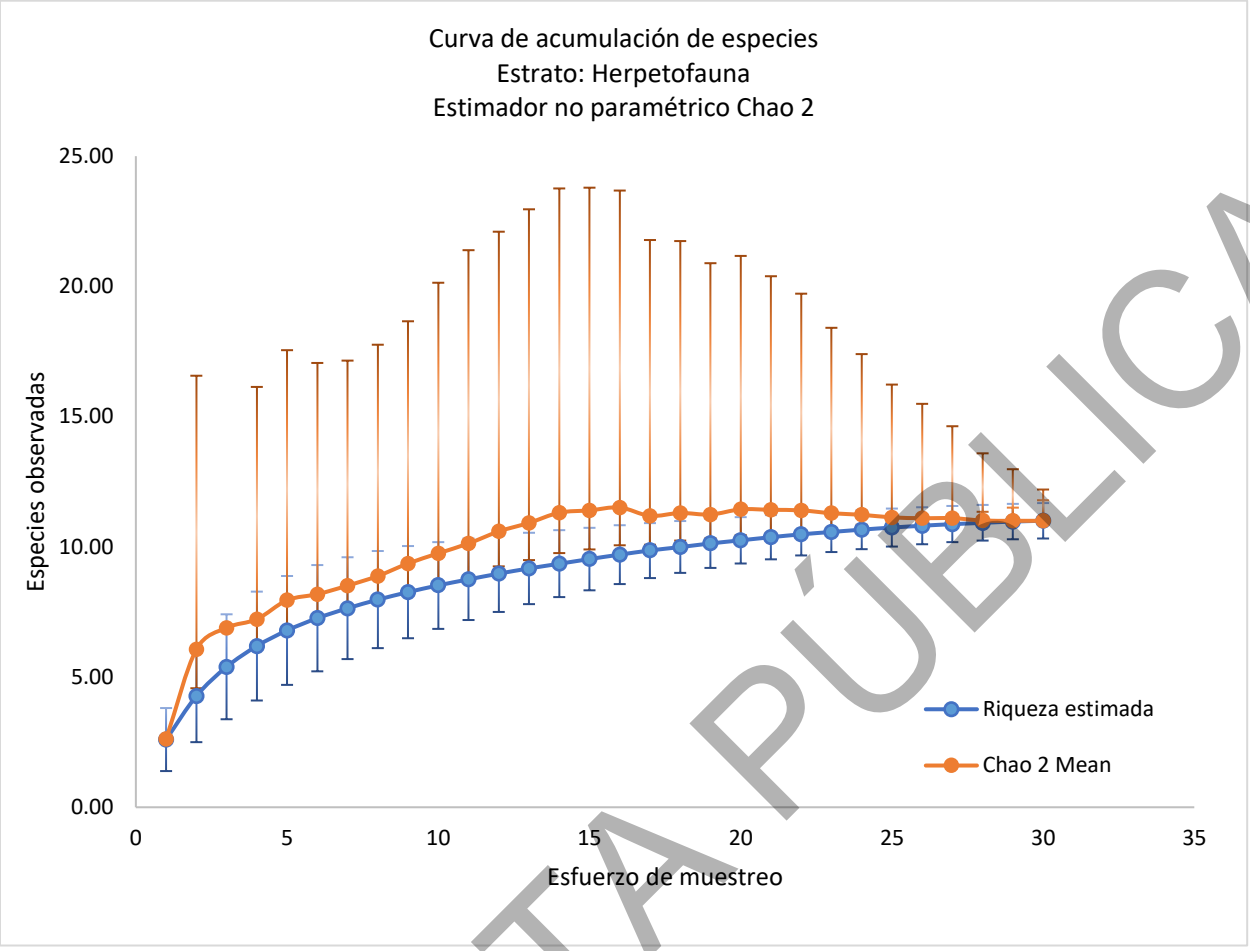
Aplicando el indicador no paramétrico de Chao 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	ERROR INFERIOR	ERROR SUPERIOR
1	2.60	1.21	1.21	2.62	0.00	0.00
2	4.27	1.77	1.77	6.06	1.49	10.51
3	5.39	2.01	2.02	6.89	0.00	0.00
4	6.19	2.09	2.09	7.22	0.97	8.92
5	6.79	2.09	2.09	7.95	1.05	9.60
6	7.26	2.04	2.04	8.18	0.89	8.88
7	7.64	1.95	1.96	8.51	0.82	8.64
8	7.97	1.86	1.87	8.88	0.85	8.88
9	8.26	1.77	1.77	9.36	0.96	9.30
10	8.52	1.67	1.66	9.75	1.10	10.39
11	8.75	1.56	1.57	10.13	1.24	11.26
12	8.97	1.47	1.46	10.59	1.34	11.51
13	9.17	1.37	1.37	10.92	1.43	12.04
14	9.35	1.28	1.29	11.31	1.55	12.45
15	9.53	1.20	1.20	11.40	1.50	12.39
16	9.70	1.13	1.13	11.51	1.45	12.17
17	9.86	1.06	1.05	11.19	1.11	10.59
18	9.99	0.99	1.00	11.30	1.06	10.44
19	10.13	0.94	0.94	11.24	0.91	9.65
20	10.25	0.89	0.89	11.44	0.99	9.73
21	10.37	0.85	0.85	11.42	0.88	8.97
22	10.48	0.81	0.81	11.40	0.78	8.32
23	10.57	0.77	0.78	11.29	0.56	7.12
24	10.66	0.75	0.75	11.23	0.38	6.17
25	10.74	0.73	0.73	11.13	0.20	5.10
26	10.81	0.71	0.71	11.10	0.05	4.39
27	10.87	0.69	0.70	11.10	-0.13	3.53
28	10.92	0.68	0.69	11.01	-0.34	2.58
29	10.97	0.68	0.68	11.00	-0.50	1.98
30	11.00	0.68	0.68	11.00	-0.79	1.20

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 3. Curva de acumulación de especies para el grupo de herpetofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao2, intervalos de confianza al 95%

Con base en la gráfica anterior se tiene que se cumple la sobreposición en los valores de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza estimada y los valores de Chao 2, indicando que se ha registrado en su totalidad las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio.

Con base en los resultados obtenidos mediante el estimador no paramétrico Chao 2, el muestreo de herpetofauna realizado en el área de estudio alcanzó una representatividad del 100 %. En los 30 sitios de muestreo se registró una riqueza acumulada de 11 especies, valor que coincide con la riqueza potencial estimada por Chao 2, igualmente de 11.00 especies.

A medida que aumentó el esfuerzo de muestreo, la riqueza observada mostró un incremento progresivo hasta alcanzar las 11 especies, mientras que los valores de Chao 2 tendieron gradualmente hacia la estabilización. En los últimos sitios, la riqueza estimada se mantuvo alrededor de 11 especies, hasta coincidir completamente con la riqueza registrada al término del muestreo.

CONSULTA PÚBLICA

Asimismo, la proximidad entre la riqueza observada y estimada, junto con la superposición de los intervalos de confianza al 95 %, respalda la suficiencia del esfuerzo aplicado. La coincidencia final entre ambos valores indica que, bajo las condiciones y temporalidad evaluadas, Chao 2 no infiere especies adicionales para este grupo. Por lo anterior, el esfuerzo de muestreo se considera estadísticamente suficiente y representativo para caracterizar la riqueza de herpetofauna presente en el área de estudio.

General

En términos generales, los resultados obtenidos mediante el estimador no paramétrico Chao 2 indican que el esfuerzo de muestreo realizado en la Cuenca Hidrográfica fue suficiente y altamente representativo para los tres grupos faunísticos evaluados. La ornitofauna alcanzó una representatividad del 97 %, con 64 especies registradas frente a 65.93 estimadas, mientras que la mastofauna y la herpetofauna alcanzaron una representatividad del 100 %, al coincidir la riqueza observada con la estimada, con 17 y 11 especies, respectivamente.

La tendencia hacia la estabilización de las curvas de acumulación, la proximidad entre la riqueza observada y estimada y la superposición de los intervalos de confianza respaldan la suficiencia del esfuerzo aplicado. En conjunto, estos resultados permiten considerar que el inventario obtenido refleja de manera adecuada la riqueza faunística presente bajo las condiciones y temporalidad del muestreo, proporcionando una base confiable para los análisis posteriores de abundancia, diversidad y estructura de las comunidades faunísticas.

I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP)

I.2.1 DISEÑO DE MUESTREO

Se utilizó el método de transecto en franja, que consiste en llevar a cabo un conteo total de cada individuo observado, directa o indirectamente en el área delimitada de cada transecto.

A continuación, se describe el método de muestreo realizado:

* Muestreo de transecto en franja

En cuanto al método de muestreo a continuación se señala el respaldo de la literatura especializada.

- Gallina, S. (ed.) 2015. Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Bautista, F. (ed.) 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Gallina, S. & López, C. (ed.) 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, Qro., México.

De acuerdo con la literatura antes mencionada a continuación se justifica y se describe detalladamente la metodología y técnica utilizada para el muestreo de Fauna.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con Gallina, S. & López, C. (2011), este método consiste en una modificación del muestreo de cuadrante que facilita la tarea de contar todos los individuos en la unidad de muestreo. El **"cuadrante"** es una faja angosta y larga en forma de rectángulo que es recorrida por el (los) observador(es) a través de la línea central, contando todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura 2W (ancho efectivo), esto último se refiere a la anchura en ambos lados de la línea del transecto. La visibilidad es afectada por los siguientes factores: cobertura vegetal, relieve, hora y técnica de muestreo (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

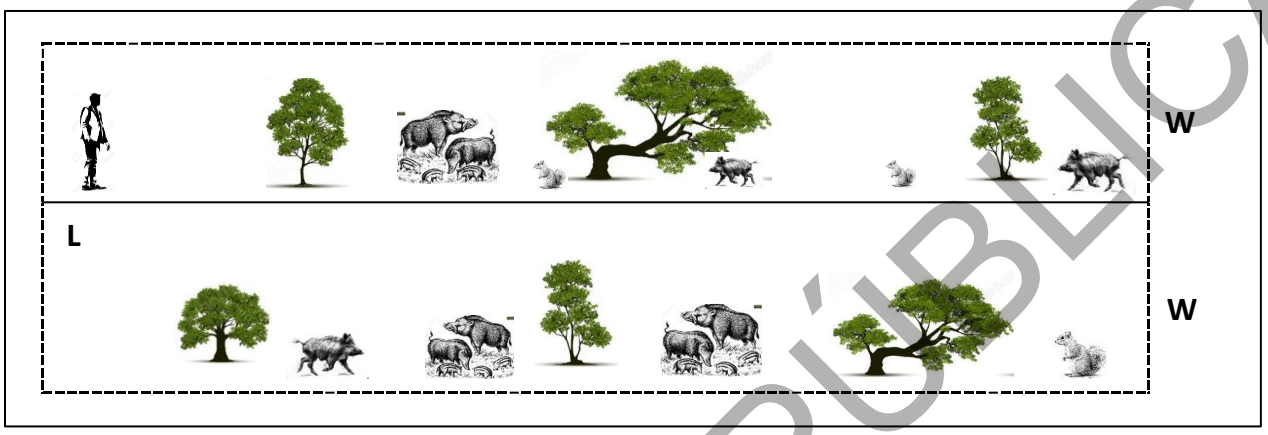


Figura 33. Diagrama de un transecto en franja. El largo (L = 100 m) y ancho (2w = 20 m) son establecidos desde el inicio del muestreo

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

5. Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados (p = 1.0).
6. Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.
7. Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables a ser ahuyentadas.
8. Ningún individuo es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a individuos de todos tamaños, en una variedad de hábitat. Incluso individuos que ordinariamente están ocultos pueden ser contados si ellos son ahuyentados por el observador. Este método aporta información bastante confiable para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

7. Que tan conspicuos o visibles son los individuos.
8. Condiciones meteorológicas.
9. Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
10. Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados.
11. Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.
12. Distancia desde el individuo o grupo avistado.

De acuerdo con las técnicas mencionadas, en el área del proyecto se consideró un método directo mediante el conteo a través de transectos, combinado con un método indirecto mediante la identificación de huellas y cantos

CONSULTA PÚBLICA

de aves en el mismo transecto, esto fue para anfibios, reptiles y mamíferos. Para el caso del registro de aves, se realizó un conteo visual desde el centro del transecto.

Temporalidad:

Para que los estudios de fauna sean válidos, deben ser representativos de las condiciones ecológicas del sitio y precisar la época del año en que fueron realizados, a fin de facilitar una adecuada interpretación de los resultados. En este sentido, para el presente estudio se efectuó un monitoreo de campo durante agosto de 2026, el cual se considera suficiente y representativo debido a que el área de estudio corresponde a una comunidad de Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), caracterizada por una estructura relativamente abierta, baja complejidad fisonómica y una composición faunística estrechamente asociada a condiciones ambientales áridas. No obstante, con el propósito de integrar la mayor cantidad posible de información disponible sobre la fauna del área y su zona de influencia, además del trabajo de campo se realizó una revisión y análisis de registros históricos y potenciales, con base en distintas fuentes especializadas, entre ellas el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), literatura científica y plataformas digitales de consulta biológica, lo que permitió complementar y fortalecer la caracterización faunística del sitio.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.1.1 Distribución de los transectos de muestreo

Los transectos pueden ser ubicados de manera sistemática o de manera aleatoria, para el caso de este muestreo se eligió hacerlo de manera sistemática por el motivo de la facilidad de armar un muestreo donde las oportunidades de igualdad de búsqueda son iguales. Se realizaron un total de 30 transectos con una longitud de 100 metros (L) por 20 metros de ancho (2w), los cuales tienen una superficie de 0.060 km^2 de manera general, para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Para poder hacer un análisis comparativo de la diversidad faunística encontrada en el AP y la RE, se usó el mismo tamaño de muestra para ambos casos, es decir, se realizaron un total de 60 transectos (100 m x 20 m) entre ambas áreas de estudio.

Tabla 9. Número de transectos y coordenadas del punto de comienzo y final de donde se realizó el muestreo de fauna silvestre dentro del AP, UTM WGS84 Zona 12 N

Coordenadas UTM, Zona 12 Norte (WGS84)					
Tipo de vegetación	Transecto	Inicio		Final	
		X	Y	X	Y
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	1	498682	3230696	498783	3230673
	2	498283	3230733	498384	3230726
	3	497831	3230769	497931	3230763
	4	497334	3230804	497231	3230810
	5	497055	3230823	496946	3230831
	6	496324	3230668	496216	3230662
	7	496108	3230647	496002	3230639
	8	495662	3230613	495552	3230606
	9	495207	3230582	495110	3230575
	10	494753	3230475	494687	3230399
	11	494516	3230122	494473	3230034
	12	494316	3229719	494270	3229628
	13	494110	3229240	494101	3229145
	14	494072	3228859	494062	3228756
	15	494036	3228397	494028	3228292
	16	492897	3227129	492850	3227037
	17	492775	3226658	492757	3226546
	18	492702	3226204	492687	3226108
	19	492630	3225760	492606	3225668
	20	492511	3225324	492484	3225228
	21	492397	3224891	492370	3224790
	22	492277	3224458	492247	3224363
	23	492151	3224008	492127	3223900
	24	492056	3223588	492035	3223494
	25	491968	3223186	491989	3223287
	26	491844	3222716	491818	3222620
	27	491732	3222288	491707	3222181
	28	491946	3222042	492044	3222015
	29	492389	3221920	492487	3221892
	30	492563	3221861	492670	3221830

A continuación, se integra la distribución espacial de los transectos de fauna establecidos en el AP.

CONSULTA PÚBLICA

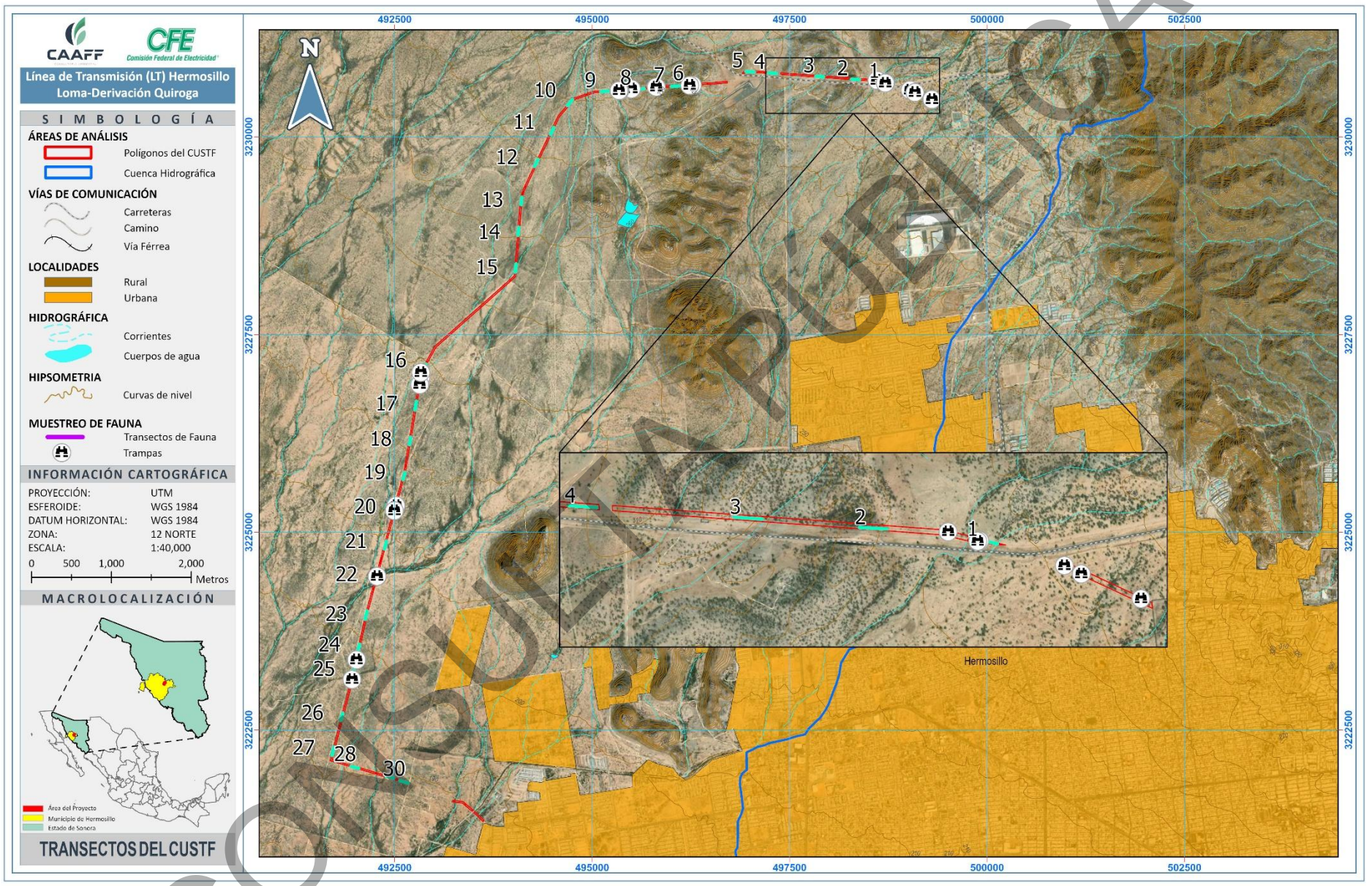


Figura 34. Ubicación de los transectos de muestreo de fauna en AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2 MÉTODOS DE MUESTREO UTILIZADOS Y SUFICIENCIA DE MUESTREO POR GRUPO FAUNÍSTICO

La variable por evaluar para todos los grupos faunísticos fue la cantidad de individuos, a continuación, se enlistan los métodos y materiales que fueron utilizados durante el muestreo de fauna para cada grupo.

Tabla 10. Materiales y métodos utilizados durante el muestreo de fauna para cada grupo faunístico

GRUPO FAUNÍSTICO	VARIABLE POR EVALUAR	MÉTODO DE CONTEO	MATERIAL
Aves	Número de individuos	Avistamiento, canto, captura, nidos.	Redes de niebla, Cámara fotográfica y binoculares.
Mamíferos		Avistamiento, huellas, excretas, captura, madrigueras.	Trampas Sherman, Tomahawk, Cámara fotográfica y cámaras trampa.
Anfibios y Reptiles		Avistamiento, captura.	Cámara fotográfica, Gancho herpetológico.

I.2.2.1 Horario de muestreo

En los siguientes apartados se explica a detalle las actividades realizadas durante el muestreo, para la obtención de información por grupo faunístico. En la siguiente tabla se enlistan los horarios óptimos para la observación de fauna silvestre de acuerdo con el grupo faunístico.

Tabla 11. Horarios de mayor actividad de los diferentes grupos faunísticos

GRUPO DE FAUNA	HORARIO DE MAYOR ACTIVIDAD
Aves	6:00 – 9:00 horas y 16:00 – 18:00 horas (Perovic *et al*.; 20085)
Mamíferos	Diurnos, crepusculares, nocturnos (Painter *et al*., 19996)
Anfibios	9:00 – 11:00 horas y 21:00 a 23:00 horas (Sanabria *et al*., 20077)
Reptiles	9:00 – 12:00 y 16:00 y 22:00 horas (Navas, 19998)

CONSULTA PÚBLICA

5 Perovic, P. et al. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad – Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provicional Copo, y Zona de Amortiguamento. APN/GEF/BIRF, Salta. 74 pp.
6 Painter, L. et al. 1999. Técnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre. Un manual del curso dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 86 pp.
7 Sanabria, E.; Quiroga l. & Acosta J. C. 2007. Anormalidades Morfológicas En Poblaciones De Chaunus Arenarum En Hábitats Agrícolas: Primer Registro Para La Provincia De San Juan. Resúmenes VIII Congreso Argentino De Herpetología, Córdoba Argentina: 121.
8 Arturo Navas, Carlos. "Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: una visión eco-fisiológica." Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. 23, 1999, p.

I.2.2.2 Descripción del método para cada grupo faunístico

A continuación, se mencionan los métodos usados para llevar a cabo los muestreos, esto de acuerdo con cada grupo faunístico estudiado.

b) Aves

Para conocer la estructura de la comunidad de aves dentro de la zona de estudio, se realizaron las siguientes actividades: registro de toda especie o individuo detectable (Clavell *et al*., 2005) que se observe en la zona de ubicación del proyecto mediante transecto en franja con puntos de conteo, así como la captura de aves con redes ornitológicas de sotobosque (Ralph *et al*. 1994). Esto con el fin de lograr una buena representatividad y obtener la mayor riqueza presente en los transectos de muestreo.

Transectos y puntos de conteo

Para la observación y obtención del registro de las aves, se empleó como método principal, el transecto en franja. Este consiste en recorrer a pie una línea preferentemente recta con una distancia de observación definida a cada lado de la línea de recorrido, dentro de la cual se reportaron todos los individuos de las especies observadas o escuchadas (Tellería, 1986; Bibby *et al*., 1992).

Se realizaron muestreos diurnos en los transectos establecidos. Cada transecto establecido fue de una longitud total de 100 m, con un ancho de franja de observación de 20 metros (10 metros por lado), distancia de visibilidad y de acuerdo con la metodología. Adicionalmente se aplicó la metodología de puntos fijos de conteo (cada punto con 25 m de radio) sobre los mismos transectos en franja. Ambos métodos complementarios se llevaron a cabo conjuntamente durante la mañana (7:30-10:30) debido a que son las horas del día donde las aves presentan su pico más alto de actividad.

La información que se obtuvo de estas actividades fue el nombre científico de cada especie reportada, así como el número de individuos registrados de forma auditiva y visualmente, dentro y fuera de la franja y/o radio de muestreo.



Figura 35. Especies de aves observadas en campo en el AP; A) *Tyrannus vociferans* B) *Toxostoma curvirostre*

CONSULTA PÚBLICA

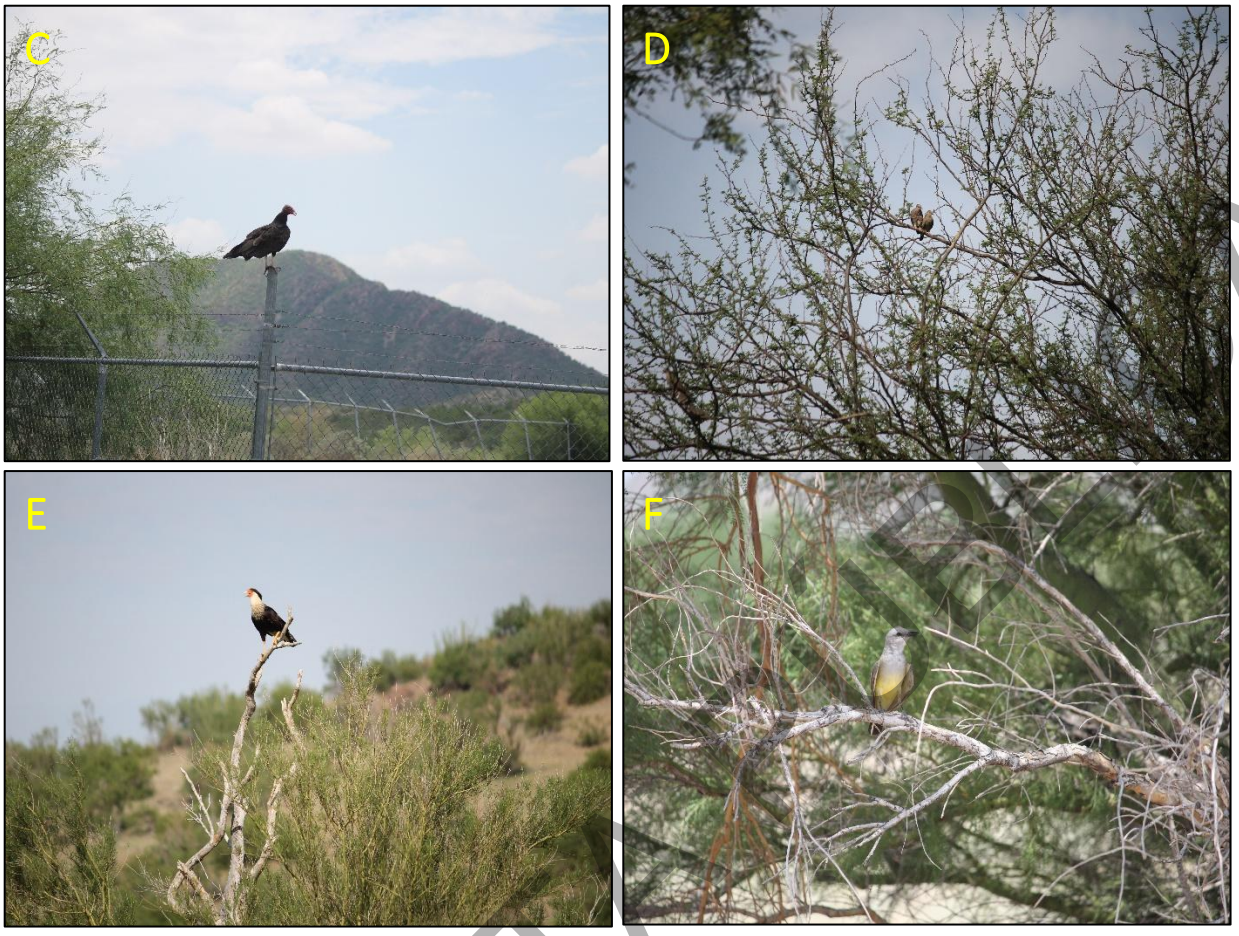


Figura 36. Especies de aves observadas en campo en el AP; C) *Cathartes aura*, D) *Zenaida asiática,* E) *Caracara plancus* y F) *Tyrannus verticalis*

Redeos:

La captura directa de ejemplares se realizó dirigida a aquellas especies que por sus hábitos (especies "tímidas", que difícilmente pueden ser detectadas visual o auditivamente) o estancias temporales reducidas, pueden ser sorprendidas y capturadas rápidamente antes de que se desplacen fuera de las unidades de muestreo.

Esta técnica se empleó como un método de muestreo complementario, para incrementar fundamentalmente la información sobre la riqueza y diversidad de aves del área del proyecto. Se establecieron ocho puntos de redeo, zonas con cobertura de pastizal, esto con la finalidad de asegurar la efectividad del método. Para el muestreo se utilizó un conjunto de 2 redes de niebla de tamaño (12 x 2.50 m) y consistencia (luz de malla de 15 x 15 mm o 16 x 16 mm). Las revisiones se realizaron de 15 a 20 minutos, para evitar que pudieran sobrestresarse los individuos capturados.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 37. Colocación de redes de niebla

Los métodos descritos anteriormente son adecuados para obtener de manera rápida y confiable el mayor número de especies en períodos relativamente cortos (Ralph *et al*., 1994). La identificación visual de las especies de las aves se llevó a cabo con el apoyo de las guías de campo especializadas de Howell y Webb (1995) y Mackinnon (2017).

Por otro lado, la identificación auditiva de las especies de aves se obtuvo mediante la experiencia del observador y con apoyo de la aplicación *Merlin Bird ID de Cornell Lab para celular*.

Las especies de importancia para la conservación se determinaron con base en su inclusión en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su actual Anexo Normativo III (DOF 14-11-2019), la Lista Roja de la UICN, los apéndices de CITES y su condición de endemismo en México. El arreglo sistemático y la nomenclatura de las aves se sustentaron en la A.O.S. (Chesser et al., 2020), mientras que los nombres comunes y la ocurrencia estacional se consultaron en Berlanga et al. (2015).

c) Mamíferos

Para la localización e identificación de especies, se realizaron recorridos a lo largo de los transectos establecidos en el transcurso del día; durante los recorridos se hizo una búsqueda de rastros, huellas y madrigueras, con el objetivo de realizar la búsqueda activa de los individuos de mamíferos silvestres que pudieran estar presentes en el área de estudio.

Mamíferos pequeños:

Tomando como base transectos de 100 m x 20 m, se ubicaron trampas Sherman distribuidas dentro de los transectos de muestreo. Estas se dispusieron a manera de zig-zag (Hernandez-betancourt, 2010).

En cada transecto de muestreo se colocó una trampa Sherman de 8 × 9 × 23 cm, por lo que se instalaron 30 trampas en la CH y 30 trampas en el AP, para un total de 60 trampas por jornada. El muestreo se realizó durante 9 días, manteniendo un esfuerzo de muestreo equivalente en ambos sitios. Como cebo se utilizó una mezcla de hojuelas de avena comercial, crema de cacahuate comercial y esencia de vainilla.
Para cada ejemplar capturado se registró: nombre científico, nombre común y estatus de conservación de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019).

CONSULTA PÚBLICA



Figura 38. Colocación de trampas Sherman, para mamíferos pequeños en el AP

Quirópteros:

Es importante señalar que, en el área de estudio, ubicada en la región de Hermosillo, Sonora, se reconoce la distribución potencial de especies de mamíferos voladores pertenecientes al orden Chiroptera, grupo que desempeña funciones ecológicas relevantes en los ecosistemas áridos y semiáridos, particularmente mediante el control de poblaciones de insectos, polinización y dispersión de semillas, contribuyendo al mantenimiento de diversos procesos ecológicos.

Con base en la información recopilada para el área de estudio, se identificaron 15 especies de murciélagos, pertenecientes a las familias Molossidae, Mormoopidae, Natalidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae. La composición registrada incluye especies características de ambientes desérticos del noroeste de México, entre ellas *Tadarida brasiliensis*, *Macrotus californicus*, *Antrozous pallidus*, *Eptesicus fuscus* y *Myotis yumanensis*. Asimismo, destaca la presencia potencial de *Leptonycteris yerbabuenae*, especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr).

En este contexto, la importancia de los quirópteros en la zona de Hermosillo no sólo se relaciona con su riqueza específica, sino también con los servicios ambientales que proporcionan dentro de los ecosistemas del Desierto Sonorense, particularmente en las áreas dominadas por Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Su presencia contribuye al funcionamiento ecológico del sistema mediante procesos de regulación de insectos, polinización y dispersión de semillas, por lo que este grupo constituye un componente relevante de la fauna asociada al área de estudio.

Tabla 12. Listado potencial de especies de Quirópteros para el AP

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	(IUCN)	(CITES)
Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago-barba arrugada	Nativa	-	LC	-
Mormoopidae	*Pteronotus fulvus*	Murciélago lomo pelón menor	Nativa	-	-	-
Mormoopidae	*Pteronotus mexicanus*	Murciélago bigotudo de Parnell	Endémica, Nativa	-	-	-
Natalidae	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	Nativa	-	LC	-
Phyllostomidae	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago magueyero menor	Nativa	Pr	DD	-
Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Antrozous pallidus*	Murciélago desértico norteño	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Corynorhinus townsendii*	Murciélago orejón de Townsend	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	Nativa	-	LC	-

CONSULTA PÚBLICA

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	NOM-059	(IUCN)	(CITES)
Vespertilionidae	*Lasiurus frantzii*	Murciélago rojo	Nativa	-	-	-
Vespertilionidae	*Lasiurus xanthinus*	Murciélago amarillo	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis velifer*	Miotis mexicano	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Miotis de Yuma	Nativa	-	LC	-
Vespertilionidae	*Parastrellus hesperus*	Pipistrelo del oeste americano	Nativa	-	LC	-

A continuación, se presentan algunos aspectos relacionados con la importancia ecológica de los quirópteros en la zona de estudio:

En el estado de Sonora, los murciélagos constituyen un componente relevante de la mastofauna, debido tanto a su presencia en diversos ambientes áridos y semiáridos como a las funciones ecológicas que desempeñan. En la región de Hermosillo, caracterizada por condiciones propias del Desierto Sonorense, su importancia trasciende la riqueza específica, ya que participan activamente en procesos ecológicos que contribuyen al mantenimiento y funcionamiento de estos ecosistemas. Para el área de estudio se reconoce la distribución potencial de 15 especies de murciélagos, pertenecientes a las familias Molossidae, Mormoopidae, Natalidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae.

Uno de los principales servicios ambientales proporcionados por los quirópteros corresponde al control biológico de insectos. Diversas especies insectívoras consumen importantes cantidades de artrópodos durante sus periodos de actividad nocturna, contribuyendo a regular sus poblaciones. Esta función resulta particularmente relevante en ambientes áridos y semiáridos, donde los murciélagos participan en el mantenimiento del equilibrio ecológico y, de manera indirecta, pueden contribuir a disminuir la incidencia de organismos considerados plaga en áreas agrícolas y pecuarias próximas.

Adicionalmente, algunas especies desempeñan un papel importante en la polinización y dispersión de semillas, procesos esenciales para la reproducción, regeneración y permanencia de numerosas especies vegetales. En este sentido, destaca la presencia potencial de *Leptonycteris yerbabuenae*, murciélago nectarívoro asociado a la polinización de plantas propias de ambientes áridos, particularmente agaves y diversas cactáceas. Esta especie se encuentra además incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr), lo que incrementa la relevancia de considerar medidas específicas para su protección.

En los ecosistemas del Desierto Sonorense, estas interacciones adquieren especial importancia debido a que numerosas especies vegetales dependen de la fauna para completar procesos de reproducción, dispersión y establecimiento. Por ello, la presencia de murciélagos contribuye a la conservación de la estructura y funcionalidad de comunidades como la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) presente en el área de estudio.

En este contexto, la conservación de los quirópteros en la región de Hermosillo resulta relevante tanto desde una perspectiva biológica como funcional. Las 15 especies con distribución potencial identificadas para el área de estudio representan un componente importante de la fauna local y participan en procesos como el control de insectos, la polinización y la dispersión de semillas. En consecuencia, su protección contribuye al mantenimiento de los procesos ecológicos y de los servicios ambientales asociados a los ecosistemas áridos y semiáridos presentes en la zona.

CONSULTA PÚBLICA

Monitoreo de Quirópteros.

Para la caracterización de la quiropterofauna presente en el área de estudio se aplicó el método acústico pasivo, mediante el uso de dos detectores ultrasónicos Mini Bat 2 (Wildlife Acoustics), equipos diseñados para registrar las señales ultrasónicas emitidas por los murciélagos durante sus actividades de desplazamiento y forrajeo. Dichos equipos cuentan con un ancho de banda efectivo de 1 a 192 kHz, un alcance máximo aproximado de 100 m y una direccionalidad óptima del micrófono de 30° en el plano vertical y 60° en el plano horizontal, lo que permite una detección eficiente de la actividad de quirópteros en condiciones adecuadas de instalación y operación.

Los detectores fueron colocados en sitios previamente seleccionados dentro del área de estudio, considerando la representatividad de las condiciones del hábitat, la presencia de espacios abiertos o corredores potenciales de vuelo, así como la minimización de interferencias físicas o sonoras que pudieran afectar la calidad de las grabaciones. La ubicación de los equipos se definió con el propósito de maximizar la probabilidad de detección de actividad acústica de murciélagos en el sistema ambiental evaluado.

El monitoreo se llevó a cabo durante un periodo de ocho noches efectivas de muestreo, utilizando de manera simultánea los dos equipos señalados. Para estandarizar el esfuerzo de muestreo, ambos detectores fueron programados para operar automáticamente en un horario comprendido entre las 19:00 horas y las 08:00 horas del día siguiente, cubriendo así el periodo nocturno de mayor actividad de los quirópteros.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 39. Programación y colocación del sensor ultrasónico MiniBat 2.

Los archivos de audio generados durante cada jornada de monitoreo fueron almacenados en formato digital para su posterior análisis en gabinete. La identificación de las especies se realizó mediante la revisión de las señales ultrasónicas registradas, considerando atributos acústicos tales como la frecuencia, duración, estructura de la llamada, intervalo entre pulsos y patrón de emisión, los cuales fueron comparados con bibliografía especializada y referencias acústicas disponibles para las especies con distribución potencial en la región.

La aplicación de esta metodología permitió obtener evidencia de la presencia de quirópteros en el área de estudio de manera no invasiva, constituyendo una herramienta adecuada para complementar la caracterización faunística del sitio, particularmente para especies de hábitos nocturnos y de difícil detección mediante métodos de observación directa.

CONSULTA PÚBLICA

Análisis acústico de murciélagos

Para el análisis de las grabaciones ultrasónicas, se utilizó el programa BatSound Pro (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia). Los sonogramas registrados se examinaron visualmente con las funciones Hanning window, Fast Fourier Transformation (FFT) = 1024, umbral = 26 y contraste = 3. Estos valores se seleccionaron para contrarrestar el "ruido de fondo" de las grabaciones.

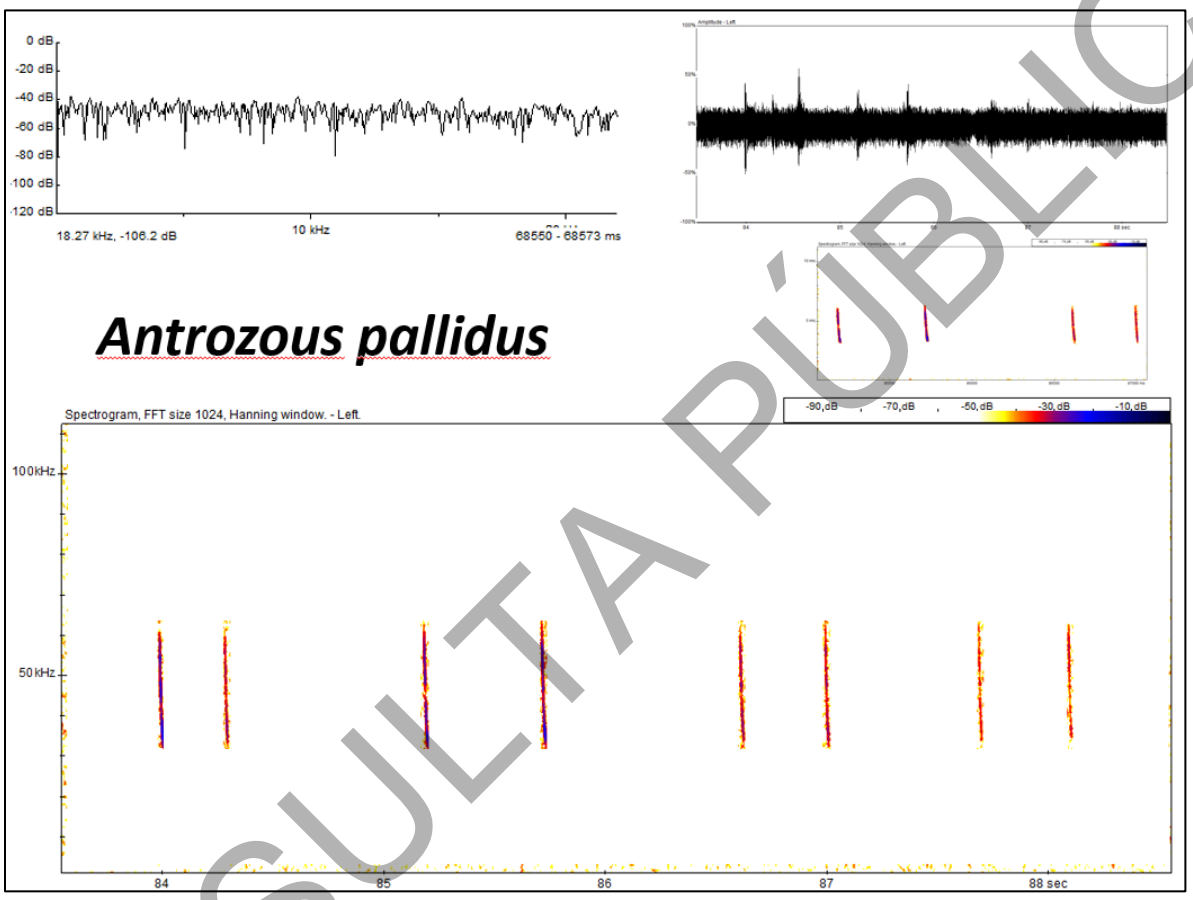


Figura 40. Espectrograma con diferentes variables de pulsos

Primeramente, se descartaron todos los sonidos no ultrasónicos que no corresponden a murciélagos, pero sí a insectos como grillos, chicharras, saltamontes y varios otros insectos con frecuencias bajas, menores a 15 KHz, así como sonidos ambientales de viento.

Para el análisis acústico, se consideran varios puntos importantes para la identificación. El primero es la forma de pulsos de ecolocalización, ya que, en la mayoría de los casos, permite una aproximación a nivel de familia o inclusive género; después se considera la frecuencia mínima y frecuencia máxima de cada pulso y la duración; con estas variables, es posible determinar a nivel de especie a la mayoría de los llamados.

CONSULTA PÚBLICA

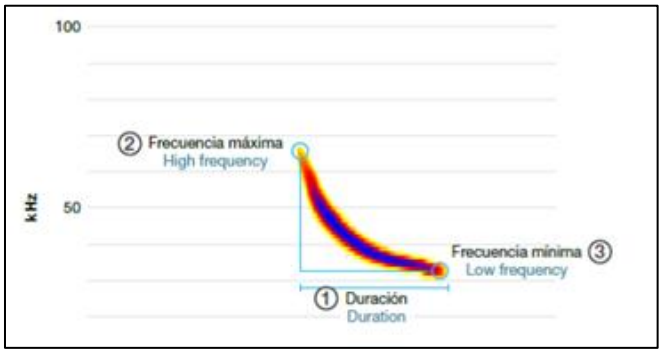


Figura 41. Parámetros acústicos básicos de una llamada de ecolocalización en quirópteros.

Finalmente, las señales acústicas obtenidas fueron comparadas con bibliotecas de referencia especializadas, entre ellas la biblioteca personal del Biólogo Juan Cruzado, especialista en quirópteros, integrada a lo largo de casi una década de trabajo en monitoreo acústico, particularmente en parques eólicos. De manera complementaria, se utilizó como fuente de consulta la publicación Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros mexicanos (Ortega et al., 2022), a fin de fortalecer la identificación de las especies registradas.

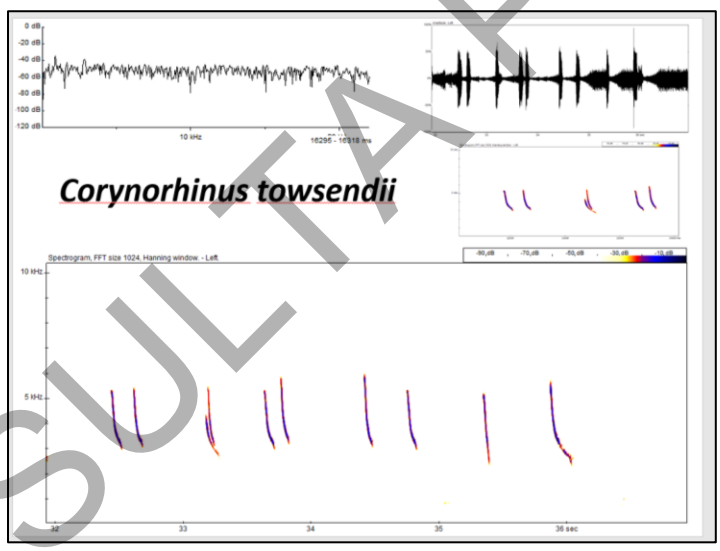


Figura 42. Biblioteca de sonido (Juan Cruzado)

CONSULTA PÚBLICA

Especies registradas durante el muestreo.

A continuación, se presentan las especies de quirópteros registradas mediante los detectores ultrasónicos Mini Bat 2 durante el periodo de muestreo, con base en el análisis de las señales de ecolocalización obtenidas en campo.



Figura 43. *Eptesicus fuscus*

Eptesicus fuscus es un murciélago insectívoro perteneciente a la familia Vespertilionidae. Es una especie de tamaño mediano, con pelaje dorsal de color pardo a café oscuro y región ventral ligeramente más clara. Presenta orejas relativamente cortas, gruesas y de tonalidad oscura, así como membranas alares negruzcas; sus alas son comparativamente cortas y anchas, características asociadas con un vuelo maniobrable. Su peso generalmente se encuentra entre 13 y 20 g. Se alimenta principalmente de insectos nocturnos, destacando escarabajos y otros artrópodos voladores. Presenta una distribución amplia en América del Norte, desde Canadá hasta México, y puede ocupar ambientes forestales, agrícolas, urbanos y desérticos, utilizando como refugio cavidades de árboles, construcciones, puentes y otras estructuras.

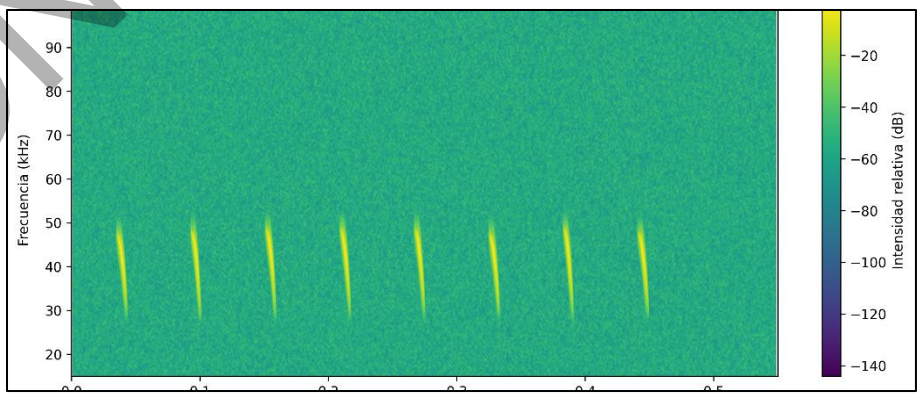


Figura 44. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Eptesicus fuscus* obtenida mediante monitoreo acústico.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 45. *Macrotus californicus*

Macrotus californicus es un murciélago insectívoro de la familia Phyllostomidae, característico de regiones áridas del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México. Es de tamaño mediano, con pelaje dorsal gris a gris parduzco y región ventral más clara. Se distingue fácilmente por presentar orejas muy grandes y redondeadas, así como una hoja nasal erecta y bien desarrollada. Posee alas cortas y anchas que le permiten realizar vuelos lentos y altamente maniobrables cerca del suelo y entre la vegetación. A diferencia de muchas especies insectívoras que capturan a sus presas en vuelo, esta especie puede localizar y capturar insectos directamente sobre el suelo o la vegetación. No se considera migratoria ni hiberna, y utiliza principalmente cuevas, minas abandonadas y refugios rocosos. Su distribución incluye el Desierto Sonorense y Mojave, extendiéndose por el sur de California, Nevada y Arizona, así como por Sonora y otras regiones del occidente de México.

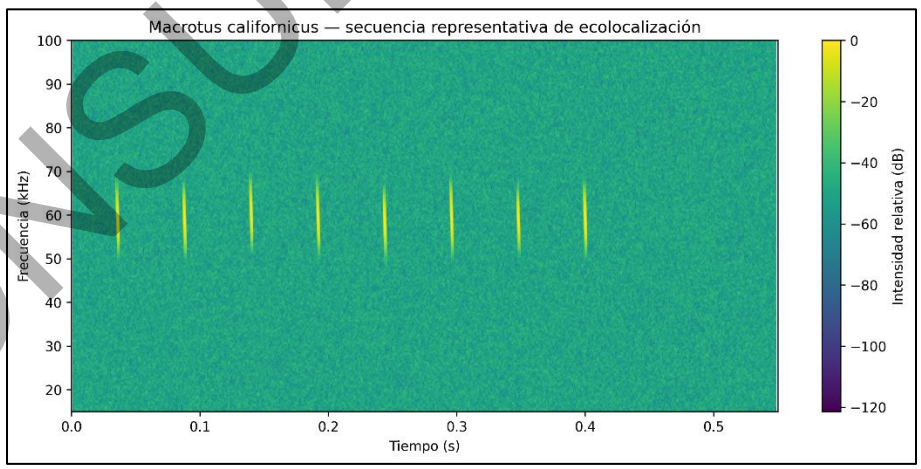


Figura 46. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Macrotus californicus* obtenida mediante monitoreo acústico.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 47. *Tadarida brasiliensis*

Tadarida brasiliensis es un murciélago perteneciente a la familia Molossidae, de tamaño mediano (≈ 90 mm); posee orejas grandes (≈15 mm) que no sobrepasan el hocico. La coloración dorsal es café obscuro a pardo, pelaje denso y corto, mientras que en la región ventral es ligeramente más claro debido a que la punta del pelo es blanquecina y ligeramente más larga. *Tadarida brasiliensis* presenta dimorfismo sexual en tamaño, así como variación geográfica en tamaño corporal. Es de hábitos gregarios y dieta insectívora. Se distribuye desde el noroeste de Estados Unidos hasta Sudamérica, en México su distribución excluye la península de Yucatán. *Tadarida brasiliensis* se puede encontrar en simpatría con todas las especies de la familia Molossidae. Presenta movimientos estacionales migratorios en el este y oeste de Norteamérica.

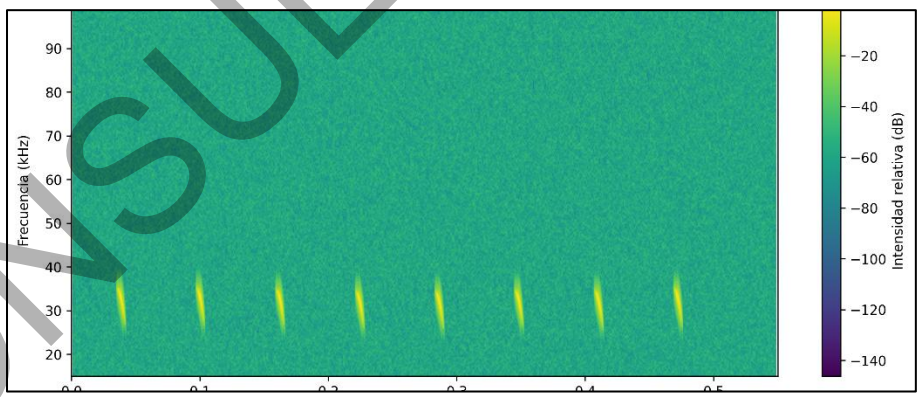


Figura 48. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Tadarida brasiliensis* obtenida mediante monitoreo acústico.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 49. *Myotis yumanensis*

Myotis yumanensis es un murciélago insectívoro perteneciente a la familia Vespertilionidae. Es una especie de tamaño pequeño, con una longitud corporal aproximada de 65 a 85 mm y un peso cercano a 5–6 g. Su coloración presenta variaciones geográficas, desde tonos café claros hasta café oscuro, mientras que la región ventral suele ser grisácea o blanquecina. Presenta orejas pequeñas, generalmente menores de 16 mm, membranas alares de color café claro a gris y patas proporcionalmente grandes. Se alimenta de diversos insectos voladores, entre ellos mosquitos, polillas, escarabajos y otros grupos asociados frecuentemente con cuerpos de agua. Se distribuye ampliamente en el oeste de América del Norte, desde Canadá y Estados Unidos hasta diferentes regiones de México, incluyendo ambientes desérticos y semidesérticos de baja elevación. Es común encontrarla asociada a zonas riparias, cuerpos de agua, puentes, construcciones, cuevas y minas utilizadas como refugio.

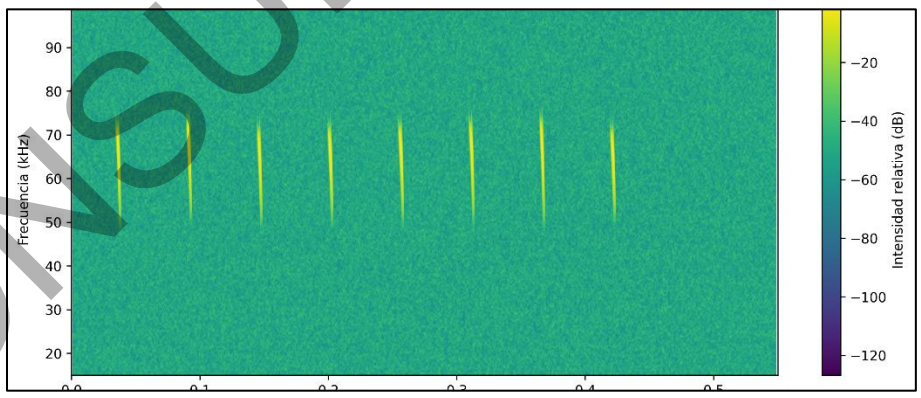


Figura 50. Espectrograma de una secuencia de llamadas de ecolocalización de *Myotis yumanensis* obtenida mediante monitoreo acústico.

CONSULTA PÚBLICA

La captura directa de ejemplares (incruenta y no traumática) suele realizarse en especies que no pueden ser detectados por las grabadoras ultrasónicas debido a la frecuencia a la que emiten, pero pueden ser capturados por sus hábitos con la ayuda de redes de niebla. Para la captura se utilizó un conjunto de dos redes de niebla de 12x2.5 m y consistencia (luz de malla de 16x16 mm) adecuada al grupo de los quirópteros.



Figura 51. Trampeo por medio de redes de niebla.

El horario de muestreo inició aproximadamente 20 minutos antes del ocaso y se mantuvo durante al menos 30 minutos por punto de muestreo. En total se acumuló un esfuerzo mínimo de 6 horas/red. No se obtuvieron capturas de quirópteros mediante redes de niebla; no obstante, el monitoreo acústico permitió registrar especies de este grupo mediante sus señales de ecolocalización.

Mamíferos medianos y grandes

Transectos diurnos:

Una de las formas más sencillas de registrar la presencia de especies en un área determinada es por medio de observaciones directas a lo largo de transectos establecidos, tratándose de una de las técnicas más utilizadas para determinar la presencia, distribución y abundancia de la fauna silvestre.

Durante estos recorridos es posible encontrar rastros, huellas y excretas, y en la mayoría de los casos es posible identificar los registros hasta nivel de especie.

Se realizaron recorridos de 100 m por unidad. Los transectos de muestreo se seleccionaron de manera dirigido de acuerdo con las condiciones del área y los accesos a éstas. Durante los recorridos se realizaron apuntes de datos en una libreta de campo, en donde se registraron avistamientos de especie y número de individuos (observaciones directas), además de rastros (huellas, excretas, rascaderos, huesos o cadáveres, madrigueras, etc.). El ancho de banda del transecto fue de 20 metros, esto para ajustarse a las condiciones del proyecto. Se geoposiciono con GPS los puntos de inicio y final para establecer la longitud del transecto por unidad de muestreo.

Durante las actividades de muestreo se obtuvo un registro fotográfico de los rastros, excretas y huellas y en menor medida de los avistamientos. La identificación de huellas y rastros se realizó con ayuda de guías específicas (Ceballos y Oliva 2005, Reid 1997, Aranda, 2012).

CONSULTA PÚBLICA



Figura 52. Especie registrada durante el muestreo en el AP; Osamenta de *Procyon lotor*

Trampas Tomahawk

Como actividad complementaria a los recorridos realizados, en los sitios considerados como apropiados para una buena observación y captura temporal, se colocaron trampas tipo Tomahawk.

Tomando como base los transectos de 100 m, se realizó el muestreo con la ayuda de 2 trampas Tomahawk respetando una distancia mínima de 500 metros. Se utilizó como cebo sardinas y fruta. Estas permanecieron activas al menos una noche en cada sitio. Para cada ejemplar se anotó nombre de especie, nombre común y estatus de conservación de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Y SU ACTUAL ANEXO NORMATIVO III (DOF 14-11-2019).



Figura 53. Colocación de trampas Tomahawk en el AP

COPIA PÚBLICA

Fototrampas

Por medio de este método es posible la captura continua de fotografías de los diferentes ejemplares de mamíferos que utilizan la zona. Con los datos obtenidos es posible determinar la abundancia de las especies. Este método consiste en colocar trampas-cámara simples y/o dobles (sistema pasivo) en los parajes más frecuentados por los animales silvestres como: veredas, aguaderos, sesteaderos, etc.

Se establecieron seis estaciones de fototrampeo aledañas a los transectos para verificar la presencia de especies. Las fototrampas permanecieron activas durante dos días, por lo que el esfuerzo nominal correspondió a 12 cámaras-día. Debido al corto periodo de operación, los registros obtenidos mediante este método se consideraron complementarios a los recorridos por transectos.

Estas se fijaron en las entradas de los pasos de fauna o en troncos de árboles en dirección Norte o Sur (intentaron evitarse direcciones Este-Oeste, que pueden tener problemas de iluminación por la mañana o tarde), a una altura promedio de aproximadamente 50 cm. Una vez colocadas las fototrampas, cada estación se georreferenció con coordenadas UTM WGS84.



Figura 54. Colocación de cámaras trampas en el AP

d) Anfibios y Reptiles

Para el muestreo de anfibios y reptiles se empleó el método de búsqueda activa mediante transectos con encuentro visual ya que este ha demostrado una mayor efectividad para el registro de la diversidad y un menor esfuerzo en comparación con otros métodos utilizando trampas. Se tomó en consideración abarcar diferentes zonas y asociaciones vegetales. Este muestreo consistió en el registro de todos los animales observados, sus rastros (mudas de piel, restos óseos, etc.) y vocalizaciones (registro auditivo de cantos para Anuros) durante los recorridos por el área del predio en un ancho de banda de cuatro metros. Los microhábitats (restos vegetales, bajo rocas, troncos en descomposición, cuerpos de agua, etc.) fueron inspeccionados.

CONSULTA PÚBLICA

Las especies ya determinadas se actualizaron taxonómicamente con base en las publicaciones de Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), la lista del catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México elaborada por la CONABIO, 2013. Y para los anfibios fue en base al catálogo de Frost (2015), Anfibios del mundo, del Museo de Historia Natural de New York.

A continuación, se muestran imágenes de algunas especies que fueron registradas.



Figura 55. Captura fotográfica de las especies; A) *Aspidoscelis tigris*, B) *Callisaurus draconoides,* C) *Ctenosaura macrolopha y* D) *Crotalus atrox* en el AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.3 TAMAÑO DE MUESTRA

A continuación, se presenta el análisis estadístico que justifica el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo. En el AP se delimitaron y recorrieron 30 transectos en franja, cada uno con una dimensión de 100 m de largo por 20 m de ancho, distribuidos en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). Para fines comparativos, en la Cuenca Hidrográfica (CH) se aplicó un esfuerzo equivalente de 30 transectos con las mismas dimensiones.

Para determinar la confiabilidad del muestreo se hizo uso de las curvas de acumulación de especies las cuales representan gráficamente la forma de como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos; cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo; las especies que pueden faltar aún por encontrar serán probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad del territorio estudiada (Moreno & Halffter, 2000).

La curva de acumulación de especies se elaboró para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), utilizando el programa *Estimate SWin 9.10*, los datos obtenidos en campo se exportaron al programa antes mencionado y con procesamiento estadístico se aplicó el método no paramétrico de Chao2. Los resultados se muestran a continuación.

CONSULTA PÚBLICA

* MODELO NO PARAMÉTRICO

Indicador no paramétrico Chao 2

El estimador no paramétrico Chao 2 se basa en datos de incidencia, es decir, en la presencia o ausencia de cada especie entre las unidades de muestreo. A partir del número de especies observadas en una sola unidad y en dos unidades de muestreo, permite estimar la riqueza no detectada y aproximar la riqueza total esperada de la comunidad; la fórmula del indicador es la siguiente:

$$S\ Chao2 = S_{obs} + \frac{Q1^2}{Q2^2}$$

En donde:

Sobs = Riqueza de especies observada mediante el muestreo.
Q1 = Número de especies registradas en una sola unidad de muestreo (especies únicas).
Q2 = Número de especies registradas en exactamente dos unidades de muestreo (especies duplicadas).

Por lo tanto, para justificar el tamaño de la muestra se utilizaron las curvas de acumulación de especies y el estimador **Chao 2** para los grupos de ornitofauna, mastofauna y herpetofauna registrados en el AP. Los datos obtenidos en campo se procesaron con *EstimateS Win 9.10* y se complementaron en Excel con los **intervalos de confianza al 95 %** para la riqueza calculada y el estimador **Chao 2**. A continuación, se presentan los resultados y el análisis estadístico por grupo.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)

A continuación, se integra una tabla resumen de los resultados obtenidos mediante el indicador **Chao 2**.

Tabla 13. Resultado del tamaño de muestra o esfuerzo de muestreo mediante Chao 2

GRUPO	ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS	N° DE ESPECIES INFERIDAS	N° DE ESPECIES ENCONTRADAS	REPRESENTATIVIDAD DE LAS ESPECIES EN %
Ornitofauna	CHAO 2	50.26	48	96%
Mastofauna	CHAO 2	12.00	12	100%
Herpetofauna	CHAO 2	7.00	7	100%

La tabla indica que el esfuerzo de muestreo realizado en el Área del Proyecto (AP) alcanzó una alta representatividad para los tres grupos de fauna evaluados, de acuerdo con el estimador no paramétrico Chao 2. Para la ornitofauna, se estimó una riqueza potencial de 50.26 especies, de las cuales se registraron 48 especies, alcanzando una representatividad del 96 %. Este resultado indica que el esfuerzo aplicado permitió registrar prácticamente la totalidad de las especies esperadas para este grupo.

En el caso de la mastofauna, el estimador Chao 2 calculó una riqueza de 12 especies, coincidente con las 12 especies registradas en campo, por lo que se obtuvo una representatividad del 100 %. De manera similar, para la herpetofauna se estimaron y registraron 7 especies, alcanzándose igualmente una representatividad del 100 %.

En conjunto, los resultados evidencian que el esfuerzo de muestreo fue suficiente y altamente representativo, al alcanzar valores de representatividad entre 96 y 100 %. Por lo anterior, se considera que el inventario faunístico obtenido proporciona una base confiable para caracterizar la composición de la fauna presente en el AP.

CONSULTA PÚBLICA

Grupo de Ornitofauna

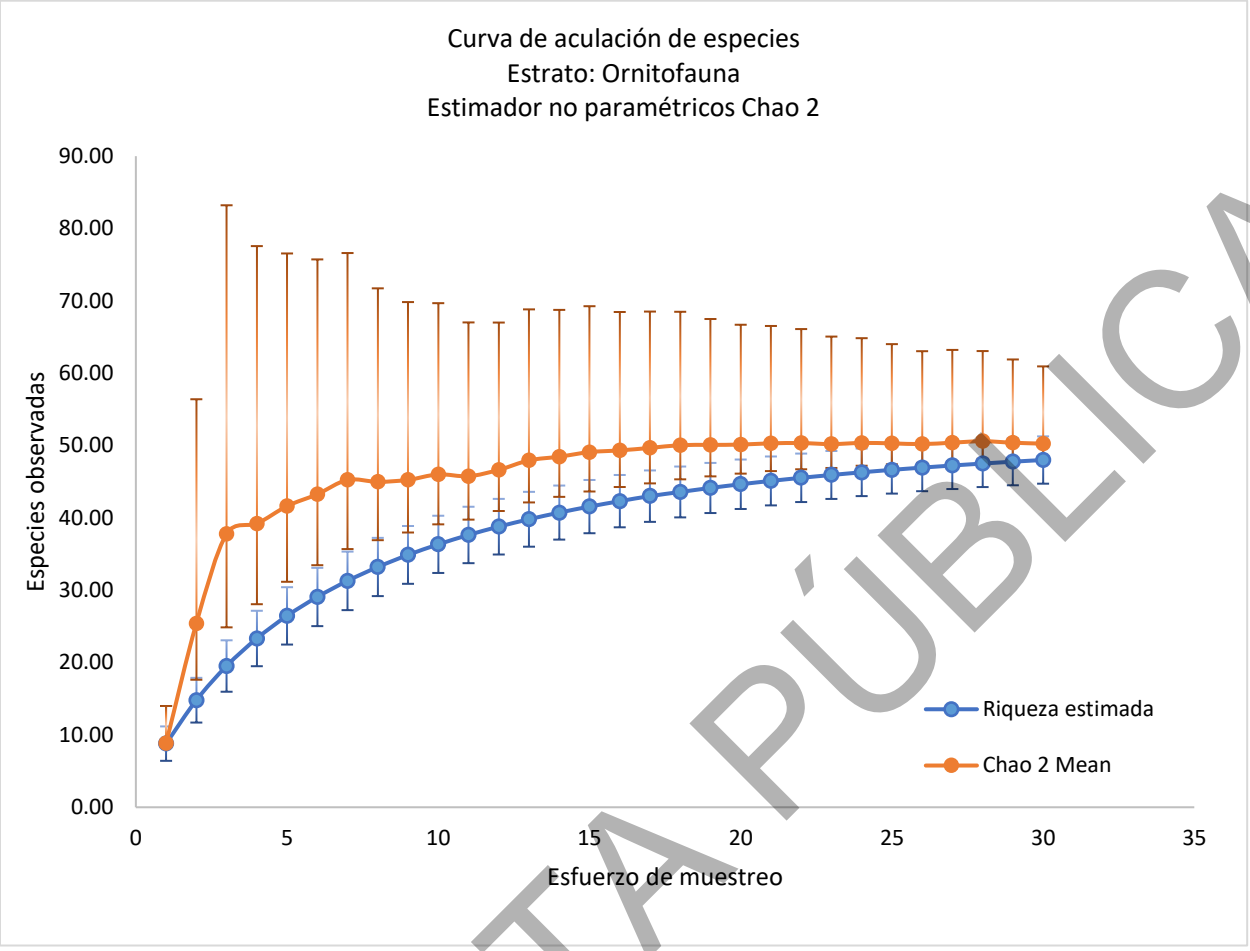
De acuerdo con los resultados de la riqueza de especies, por cada transecto de muestreo y del indicador Chao2, calculado con ayuda del programa *Estimate SWin 9.10*, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1	8.80	2.38	2.38	8.85	-5.15	5.15
2	14.80	3.09	3.09	25.42	7.79	30.98
3	19.53	3.56	3.55	37.79	12.92	45.42
4	23.33	3.83	3.83	39.20	11.13	38.37
5	26.46	3.97	3.96	41.63	10.46	34.92
6	29.07	4.03	4.03	43.27	9.81	32.46
7	31.30	4.05	4.04	45.25	9.56	31.36
8	33.21	4.02	4.03	44.98	8.06	26.75
9	34.88	3.99	4.00	45.26	7.28	24.57
10	36.34	3.95	3.96	46.01	6.90	23.67
11	37.64	3.90	3.90	45.76	6.00	21.26
12	38.79	3.85	3.84	46.64	5.69	20.36
13	39.81	3.79	3.79	47.95	5.81	20.87
14	40.73	3.73	3.74	48.46	5.55	20.29
15	41.56	3.68	3.68	49.09	5.44	20.17
16	42.31	3.61	3.62	49.33	5.06	19.13
17	43.01	3.56	3.55	49.67	4.90	18.85
18	43.58	3.51	3.52	50.05	4.72	18.44
19	44.14	3.47	3.46	50.09	4.35	17.40
20	44.65	3.42	3.42	50.13	4.01	16.57
21	45.11	3.38	3.38	50.31	3.84	16.22
22	45.54	3.35	3.35	50.34	3.62	15.76
23	45.93	3.31	3.32	50.20	3.30	14.86
24	46.30	3.29	3.29	50.36	3.15	14.48
25	46.64	3.28	3.27	50.30	2.89	13.72
26	46.95	3.26	3.26	50.20	2.59	12.84
27	47.24	3.25	3.26	50.40	2.54	12.82
28	47.51	3.25	3.26	50.60	2.42	12.46
29	47.77	3.26	3.26	50.39	2.11	11.51
30	48.00	3.27	3.27	50.26	1.87	10.68

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 4. Curva de acumulación de especies para el grupo de ornitofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao 2, intervalos de confianza al 95%

Con base en la gráfica anterior se tiene que se cumple la sobreposición en los valores de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza estimada y los valores de Chao 2, indicando que se ha registrado en su mayor totalidad las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio.

Para el grupo de ornitofauna registrado en la vegetación muestreada, la riqueza observada acumulada en los 30 sitios de muestreo fue de 48 especies, mientras que el estimador no paramétrico Chao 2 calculó una riqueza potencial de 50.26 especies. A partir de estos valores, el muestreo alcanzó una representatividad aproximada del 96 % respecto de la riqueza potencial estimada.

La curva de riqueza observada mostró un incremento progresivamente menor conforme aumentó el esfuerzo de muestreo, alcanzando las 48 especies en el sitio 30. De manera paralela, el estimador Chao 2 presentó una tendencia hacia la estabilización, con valores cercanos a 50 especies durante los últimos sitios de muestreo y un valor final de 50.26 especies.

La diferencia entre la riqueza observada y la estimada corresponde únicamente a 2.26 especies, lo que indica que mediante el esfuerzo realizado se registró la mayor parte de la riqueza potencial de aves presente en el área de estudio. En consecuencia, la representatividad obtenida del 96 % permite considerar que el esfuerzo de muestreo

CONSULTA PÚBLICA

fue suficiente y altamente representativo para caracterizar la ornitofauna del AP y sustentar los análisis de riqueza, abundancia y diversidad asociados a este grupo faunístico.

Grupo de Mastofauna

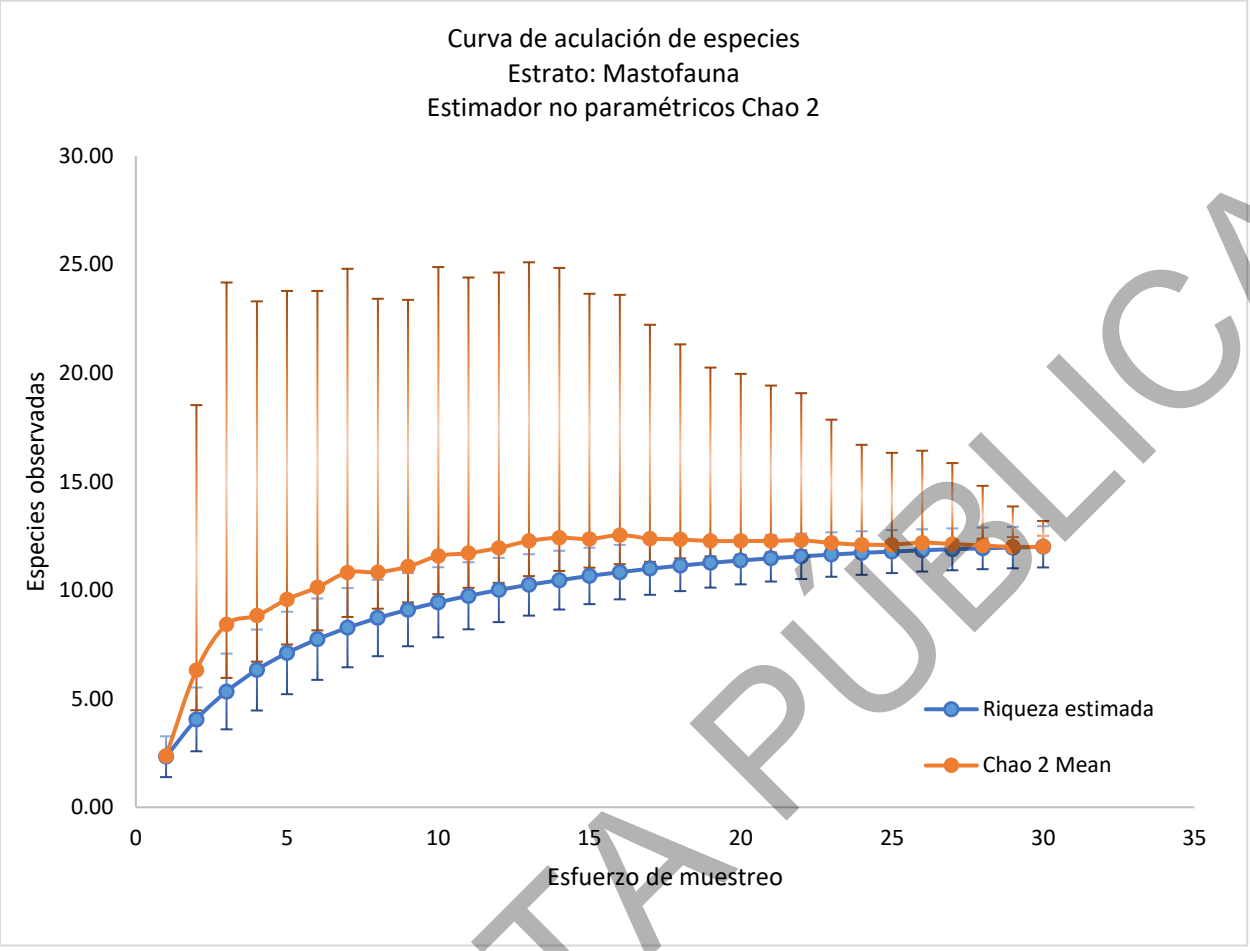
Aplicando el indicador no paramétrico de Chao 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1	2.33	0.94	0.94	2.37	0.00	0.00
2	4.05	1.47	1.47	6.31	1.84	12.22
3	5.33	1.74	1.75	8.42	2.46	15.76
4	6.33	1.87	1.86	8.83	2.12	14.48
5	7.11	1.90	1.90	9.58	2.08	14.21
6	7.74	1.87	1.88	10.13	1.98	13.66
7	8.27	1.82	1.83	10.82	2.05	13.99
8	8.72	1.76	1.76	10.83	1.68	12.60
9	9.10	1.68	1.69	11.09	1.65	12.29
10	9.44	1.61	1.62	11.58	1.76	13.31
11	9.74	1.54	1.55	11.71	1.60	12.70
12	10.01	1.48	1.48	11.95	1.61	12.69
13	10.25	1.42	1.41	12.27	1.62	12.84
14	10.46	1.35	1.36	12.42	1.53	12.43
15	10.66	1.30	1.30	12.36	1.32	11.30
16	10.83	1.25	1.26	12.54	1.34	11.07
17	10.99	1.20	1.21	12.38	1.07	9.85
18	11.13	1.17	1.17	12.34	0.87	8.99
19	11.26	1.14	1.13	12.27	0.71	7.99
20	11.37	1.10	1.10	12.27	0.64	7.70
21	11.47	1.07	1.07	12.27	0.53	7.16
22	11.56	1.04	1.05	12.30	0.46	6.78
23	11.64	1.02	1.03	12.18	0.24	5.68
24	11.72	1.01	1.00	12.10	0.05	4.60
25	11.78	0.99	0.99	12.10	-0.04	4.23
26	11.84	0.98	0.97	12.19	-0.06	4.24
27	11.89	0.97	0.96	12.13	-0.14	3.73
28	11.93	0.96	0.96	12.06	-0.31	2.75
29	11.97	0.96	0.95	12.00	-0.45	1.86
30	12.00	0.95	0.95	12.00	-0.51	1.19

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 5. Curva de acumulación de especies para el grupo de mastofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao 2, intervalos de confianza al 95%

Con base en la gráfica anterior se tiene que se cumple la sobreposición en los valores de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza estimada y los valores de Chao 2, indicando que se ha registrado en su totalidad las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio.

Para el grupo de mastofauna, la riqueza observada acumulada en los 30 sitios de muestreo fue de 12 especies, mientras que el estimador no paramétrico Chao 2 calculó igualmente una riqueza potencial de 12.00 especies. En consecuencia, el esfuerzo de muestreo alcanzó una representatividad del 100 % respecto de la riqueza estimada para este grupo.

La riqueza observada mostró un incremento progresivo conforme aumentó el número de sitios evaluados, hasta alcanzar las 12 especies en el sitio 30. Por su parte, el estimador Chao 2 presentó una tendencia clara hacia la estabilización durante los últimos sitios de muestreo, con valores cercanos a 12 especies y un valor final coincidente con la riqueza efectivamente registrada.

La coincidencia entre la riqueza observada y la estimada indica que, bajo las condiciones y temporalidad del muestreo realizado, no se infiere la presencia de especies adicionales mediante el estimador Chao 2. En este sentido, se considera que el esfuerzo de muestreo aplicado fue estadísticamente suficiente y representativo para

CONSULTA PUBLICA

caracterizar la mastofauna del AP, proporcionando una base adecuada para los análisis posteriores de riqueza, abundancia y diversidad.

Grupo de Herpetofauna

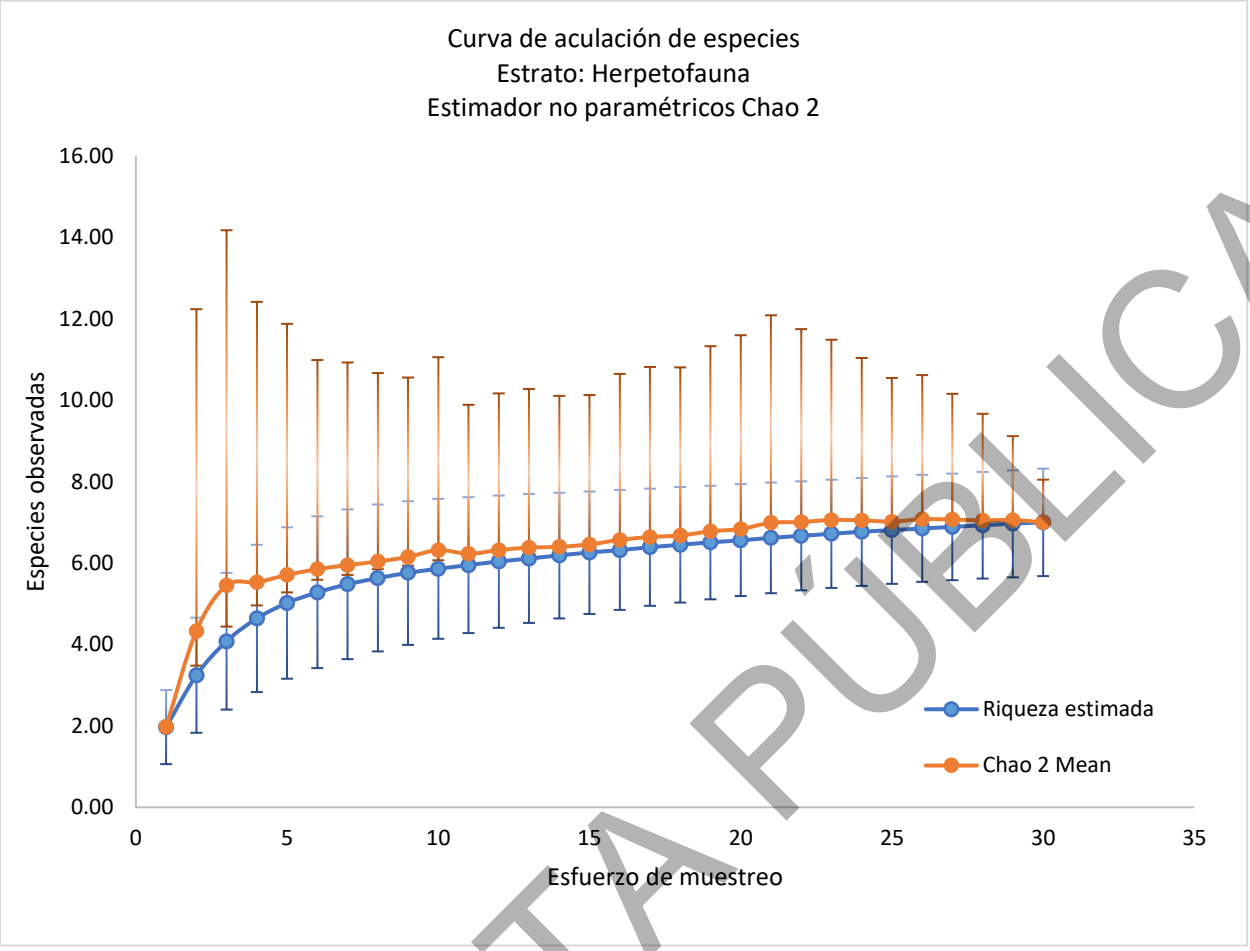
Aplicando el indicador no paramétrico de Chao 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. Datos para la elaboración de la curva de acumulación y el indicador no paramétrico Chao 2

SITIOS	RIQUEZA ESTIMADA	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	CHAO 2 MEAN	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1	1.97	0.91	0.91	1.98	0.00	0.00
2	3.24	1.41	1.42	4.33	0.85	7.91
3	4.08	1.68	1.68	5.45	1.01	8.73
4	4.64	1.81	1.81	5.53	0.57	6.89
5	5.02	1.86	1.86	5.71	0.43	6.17
6	5.28	1.86	1.87	5.85	0.26	5.14
7	5.48	1.84	1.84	5.95	0.24	4.98
8	5.63	1.80	1.81	6.04	0.19	4.63
9	5.76	1.77	1.76	6.15	0.21	4.41
10	5.86	1.72	1.72	6.32	0.25	4.74
11	5.95	1.67	1.67	6.23	0.11	3.66
12	6.04	1.63	1.62	6.32	0.17	3.85
13	6.11	1.58	1.59	6.38	0.20	3.90
14	6.19	1.55	1.54	6.40	0.18	3.71
15	6.26	1.51	1.50	6.46	0.17	3.67
16	6.32	1.47	1.48	6.57	0.22	4.08
17	6.39	1.44	1.44	6.64	0.23	4.18
18	6.45	1.42	1.42	6.68	0.23	4.13
19	6.51	1.40	1.39	6.78	0.25	4.55
20	6.56	1.37	1.38	6.84	0.27	4.76
21	6.62	1.36	1.36	6.99	0.30	5.10
22	6.67	1.34	1.34	7.01	0.28	4.74
23	6.72	1.33	1.33	7.06	0.25	4.43
24	6.77	1.33	1.32	7.05	0.21	3.99
25	6.81	1.32	1.32	7.02	0.17	3.53
26	6.85	1.31	1.32	7.08	0.17	3.54
27	6.89	1.31	1.31	7.07	0.13	3.09
28	6.93	1.31	1.31	7.05	0.10	2.62
29	6.97	1.32	1.31	7.06	0.05	2.06
30	7.00	1.32	1.32	7.00	-0.03	1.05

A continuación, para una mejor interpretación se presenta la curva de acumulación de especies y el indicador no paramétrico Chao 2.

CONSULTA PÚBLICA



Gráfica. 6. Curva de acumulación de especies para el grupo de herpetofauna; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, círculo naranja: indicador Chao2, intervalos de confianza al 95%

Con base en la gráfica anterior se tiene que se cumple la sobreposición en los valores de los intervalos de confianza al 95 % entre la riqueza estimada y los valores de Chao 2, indicando que se ha registrado en su totalidad las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio.

Para el grupo de herpetofauna, la riqueza observada acumulada en los 30 sitios de muestreo fue de 7 especies, mientras que el estimador no paramétrico Chao 2 calculó igualmente una riqueza potencial de 7.00 especies. En consecuencia, el esfuerzo de muestreo alcanzó una representatividad del 100 % respecto de la riqueza estimada para este grupo.

La riqueza observada mostró un incremento progresivo conforme aumentó el número de sitios evaluados, hasta alcanzar las 7 especies en el sitio 30. De manera paralela, los valores del estimador Chao 2 presentaron una tendencia hacia la estabilización en los últimos sitios de muestreo, convergiendo finalmente con la riqueza efectivamente registrada.

La coincidencia entre la riqueza observada y la riqueza estimada indica que, bajo las condiciones y temporalidad del muestreo realizado, no se infiere la presencia de especies adicionales mediante el estimador Chao 2. Por lo anterior, se considera que el esfuerzo de muestreo fue estadísticamente suficiente y representativo para

CONSULTA PÚBLICA

caracterizar la herpetofauna presente en el AP, proporcionando una base adecuada para los análisis de riqueza, abundancia y diversidad de este grupo faunístico.

Con base en las tablas y graficas anteriores, se tiene que los valores de la representatividad de las especies encontradas durante el muestreo, se registró la mayor proporción de las especies que potencialmente pueden existir en el área de estudio para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), es decir, todos los indicadores no paramétricos muestran valores del 100 % de la fauna que potencialmente se puede presentar en el área de estudio. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de dichos transectos por tipo de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 18

METODOLOGÍA Y REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO DE FLORA EN LA RE Y EL AP

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I DISEÑO DE MUESTREO 1
I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 1
I.1.1 TIPO DE MUESTREO 1
I.1.2 TAMAÑO Y FORMA DE LOS SITIOS DE MUESTREO (UNIDAD MUESTRAL) 1
I.1.3 TAMAÑO DE MUESTRA 2
I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP) 13
I.2.1 TIPO DE MUESTREO 13
I.2.2 TAMAÑO Y FORMA DE LOS SITIOS DE MUESTREO (UNIDAD MUESTRAL) 13
I.2.3 METODOLOGÍA DE LA SUFICIENCIA DE MUESTREO 14

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIMENSIONES Y VARIABLES EVALUADAS DE LA UNIDAD MUESTRAL 1
FIGURA 2. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE, ESTRATO ARBÓREO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 4
FIGURA 3. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE, ESTRATO ARBUSTIVO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 6
FIGURA 4. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE, ESTRATO CACTÁCEAS; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO DE EXPONENCIAL NEGATIVO. 8
FIGURA 5. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE, ESTRATO BEJUCOS; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 10
FIGURA 6. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE, ESTRATO HERBÁCEO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO DE EXPONENCIAL NEGATIVO. 12
FIGURA 7. DIMENSIONES Y VARIABLES EVALUADAS DE LA UNIDAD MUESTRAL SECUNDARIA 14
FIGURA 8. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP, ESTRATO ARBÓREO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 16
FIGURA 9. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP, ESTRATO ARBUSTIVO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 18
FIGURA 10. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP, ESTRATO CACTÁCEAS; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO DE EXPONENCIAL NEGATIVO. 20
FIGURA 11. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP, ESTRATO BEJUCOS; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO. 22
FIGURA 12. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES PARA LA VEGETACIÓN PRESENTE EN EL AP, ESTRATO HERBÁCEO; CÍRCULOS AZULES: RESULTADOS DE LA CURVA MODELO DESARROLLADO CON ESTIMATE SWIN 9.10, LÍNEA CONTINUA ROJA: AJUSTE A LA CURVA CON EL MODELO DE EXPONENCIAL NEGATIVO. 24

CONSULTA PÚBLICA

I DISEÑO DE MUESTREO

I.1 REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

I.1.1 TIPO DE MUESTREO

Para determinar los valores de importancia ecológica, parámetros bióticos y los índices de diversidad de las especies de flora, se realizó un muestreo sistemático sobre la vegetación forestal presente dentro de la RE para todos los estratos. Este diseño se consideró adecuado debido a la continuidad del tipo de vegetación evaluado y a la necesidad de distribuir de manera uniforme las unidades de muestreo, con el propósito de obtener estimaciones representativas y comparables.

I.1.2 TAMAÑO Y FORMA DE LOS SITIOS DE MUESTREO (UNIDAD MUESTRAL)

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera que podemos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etcétera, aunque las tres formas geométricas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadrados, circulares y rectangulares, pues resultaría muy laboriosa la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente (Romahn y Ramírez, 2010).

Para determinar el tamaño y forma de las unidades muestrales se consideraron las características de la vegetación y las condiciones de acceso dentro de la RE. Para los estratos arbóreo-juveniles, arbustivo y cactáceas se establecieron unidades rectangulares de 300 m² (20 m x 15 m); para el estrato herbáceo se utilizó un cuadrante de 4 m² (2 m x 2 m) ubicado en la parte central de cada unidad muestral.

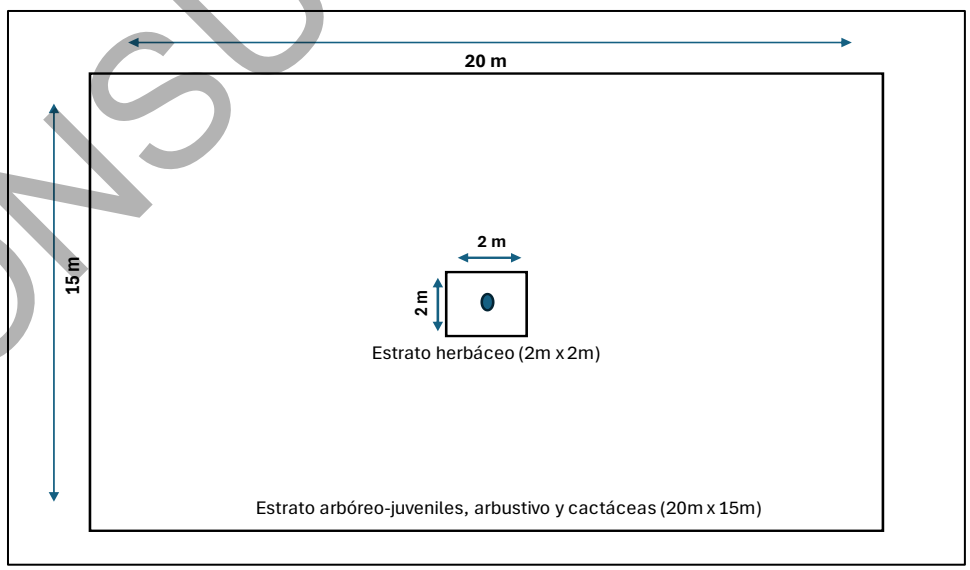


Figura 1. Dimensiones y variables evaluadas de la Unidad muestral

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3 TAMAÑO DE MUESTRA

Para determinar la confiabilidad del muestreo se hizo uso de las curvas de acumulación de especies las cuales representan gráficamente la forma de como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos; cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo; las especies que pueden faltar aún por encontrar serán probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad del territorio estudiada (Moreno & Halffter, 2000).

Es necesario aclarar que los modelos asintóticos más simples y más ampliamente utilizados para realizar las curvas de acumulación de especies, son el modelo exponencial negativo y la ecuación de Clench (Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Fagan y Kareiva, 1997; Moreno y Halffter, 2000; Moreno, 2001; Jiménez y Hortal, 2003; Magurran1, 2004).

Si la zona de muestreo es relativamente pequeña o el grupo taxonómico es bien conocido, entonces todas las especies tienen una alta probabilidad de ser encontradas. En este caso, se recomienda el empleo del modelo exponencial negativo (Soberón & Llorente, 1993): razón por lo que a continuación se desarrolla el modelo exponencial negativo para los estratos arbóreo y juveniles, arbustivo, bejucos, cactáceas y herbáceo para el tipo de vegetación de VSa/MKX

Modelo Exponencial Negativo:

$$S_n = (\alpha \cdot [1 - exp(-\beta \cdot n)])/\beta$$

La pendiente de la curva se puede calcular fácilmente como la de la recta tangente en cada punto:

$$m = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

En donde:

S= Riqueza de especies observadas
n = Número de sitios de muestreo (esfuerzo de muestreo)
α = Indica la tasa de incremento de nuevas especies
β = Es un parámetro relacionado con la forma de la curva
m = Pendiente de la curva

Las curvas de acumulación de especies se elaboraron utilizando los programas *Estimate SWin 9.10 y Statistica 10 Enterprise*; los datos obtenidos en campo se exportaron a los programas antes mencionados y con procesamiento estadístico (Estimación no lineal) se aplicó el modelo de ajuste Exponencial negativo y el método de *Simplex and Quasi Newton*.

Los resultados de las curvas mostraron que el modelo Exponencial negativo se ajusta bien a los datos de campo.

1 Moreno, C.E.&G. Halffter 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. J. Appl. Ecol., 37: 149-158.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 1. Resultados del modelo Exponencial negativo para las curvas de acumulación de especies.

TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO	N° DE SITIOS	PENDIENTE	FLORA REGISTRADA (Exponencial Negativo)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	Arbóreo y Juveniles	28	0.0012	100%
	Arbustivo		0.0172	97 %
	Cactáceas		0.0251	97 %
	Bejucos		0.0050	97 %
	Herbáceo		0.0078	99 %

De acuerdo con J. Hortal & J. M (2003), para la ecuación exponencial negativa, empleando como unidad de esfuerzo individuos o registros de una base de datos, el inventario puede considerarse suficientemente fiable cuando la pendiente se hace aproximadamente menor o igual a 0.1.

Con base en los resultados de pendiente (menor al 0.1) en todos los estratos, y al porcentaje de flora registrada en los 28 sitios de muestreo realizados para el tipo de vegetación de VSa/MKX, se concluye que se logró un inventario completo y fiable.

Para una mejor interpretación, a continuación, se presenta el desarrollo del cálculo de la pendiente final de la curva, y las diferentes curvas de acumulación de especies para cada tipo de vegetación estudiada.

ESTRATO ARBÓREO Y JUVENILES

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
2.447781	0.272633

CONSULTA PÚBLICA

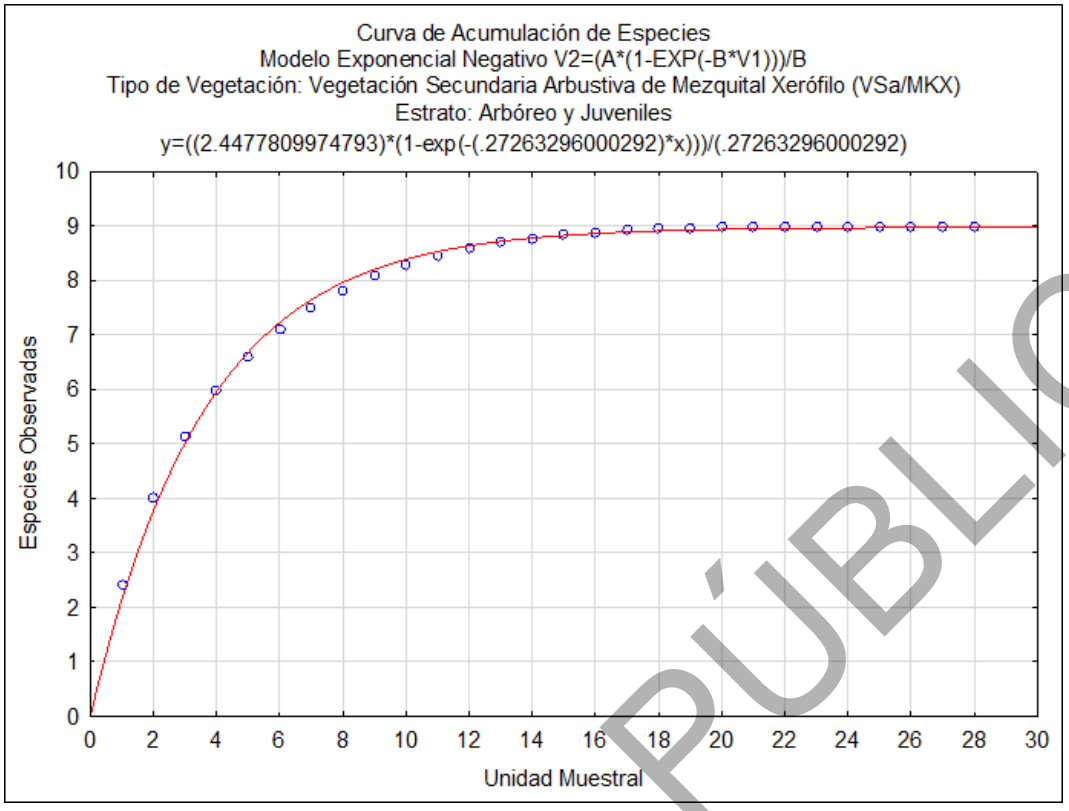


Figura 2. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en la RE, estrato arbóreo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(2.447781*(1-exp(-0.272633***v1**))) /0.272633

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 2.447781
b= 0.272633

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

Pendiente = 2.447781*exp(-0.272633*28) =0.0012

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 9
a= 2.447781

CONSULTA PÚBLICA

b= 0.272633
(a/b) = Número de especies potenciales = (9)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 9/ (2.447781/0.272633)
=9/ 9 = 1.0 = **100 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0012 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 9.0 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 9 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO ARBUSTIVO

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
4.140145	0.195832

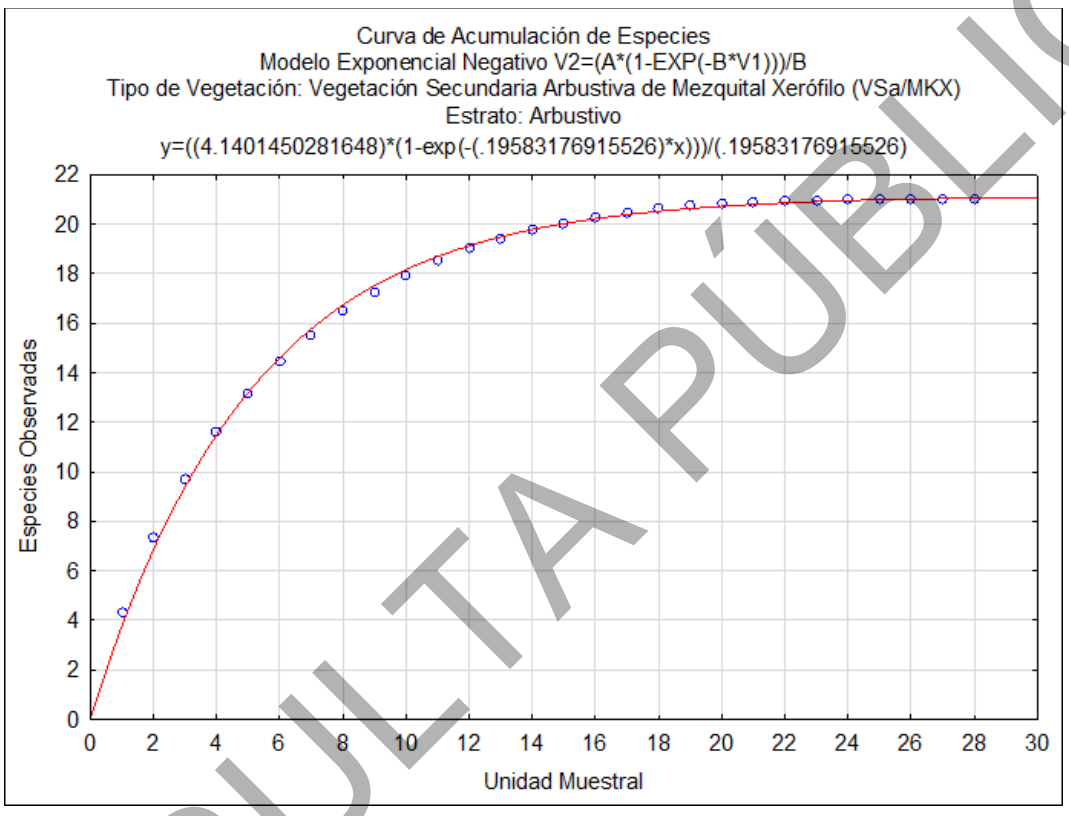


Figura 3. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en la RE, estrato arbustivo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(4.140145*(1-exp(-0.195832***v1**))) /0.195832

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 4.140145
b= 0.195832

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

Pendiente = 4.140145*exp(-0.195832*28) =0.0172

CONSULTA PÚBLICA

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Proporción de especies registradas} = Sobs/(a/b)$$

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 21
a= 4.140145
b= 0.195832
(a/b) = Número de especies potenciales = (21.1)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 21/ (4.140145/0.195832)
=21/ 21.1 = 0.99 = **99 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0172 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 21.1 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 21 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO CACTÁCEAS

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
1.721068	0.151029

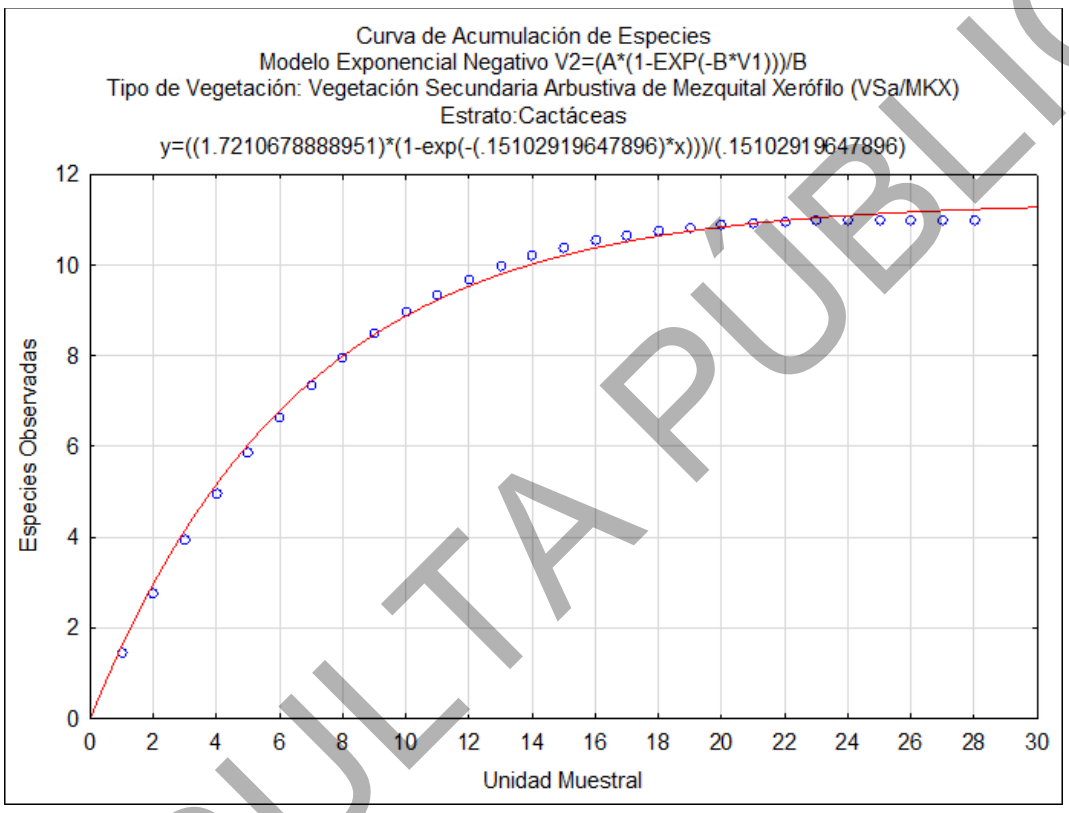


Figura 4. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en la RE, estrato cactáceas; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo de exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(1.721068*(1-exp(-0.151029***v1**))) /0.151029

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 1.721068
b= 0.151029

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 1.721068*exp(-0.151029*28) =0.0251

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 11
a= 1.721068
b= 0.151029
(a/b) = Número de especies potenciales = (11.4)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 11/ (1.721068/0.151029)
=11/ 11.4 = 0.97 = **97 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0251 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 11.4 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 11 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO BEJUCOS

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
0.729011	0.177642

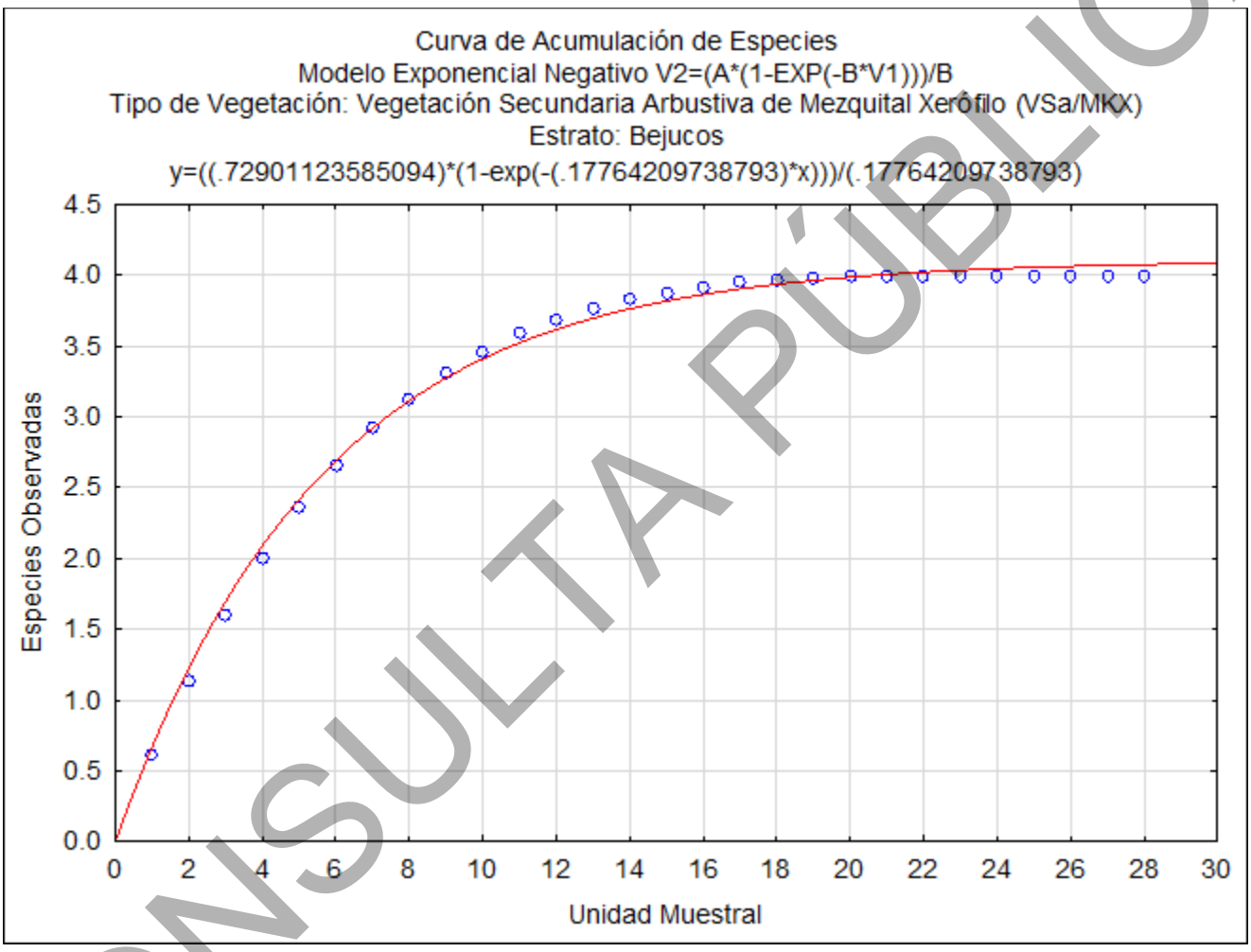


Figura 5. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en la RE, estrato bejucos; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(0.729011*(1-exp(-0.177642***v1**))) /0.177642

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 0.729011
b= 0.177642

CONSULTA PÚBLICA

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

Pendiente = 0.729011*exp(-0.177642*28) =0.0050

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 4
a= 0.729011
b= 0.177642
(a/b) = Número de especies potenciales = (4.1)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 4/ (0.729011/0.177642)
=4/ 4.1 = 0.82 = **82 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0050 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 4.1 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 4 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO HERBÁCEO

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
4.585815	0.227769

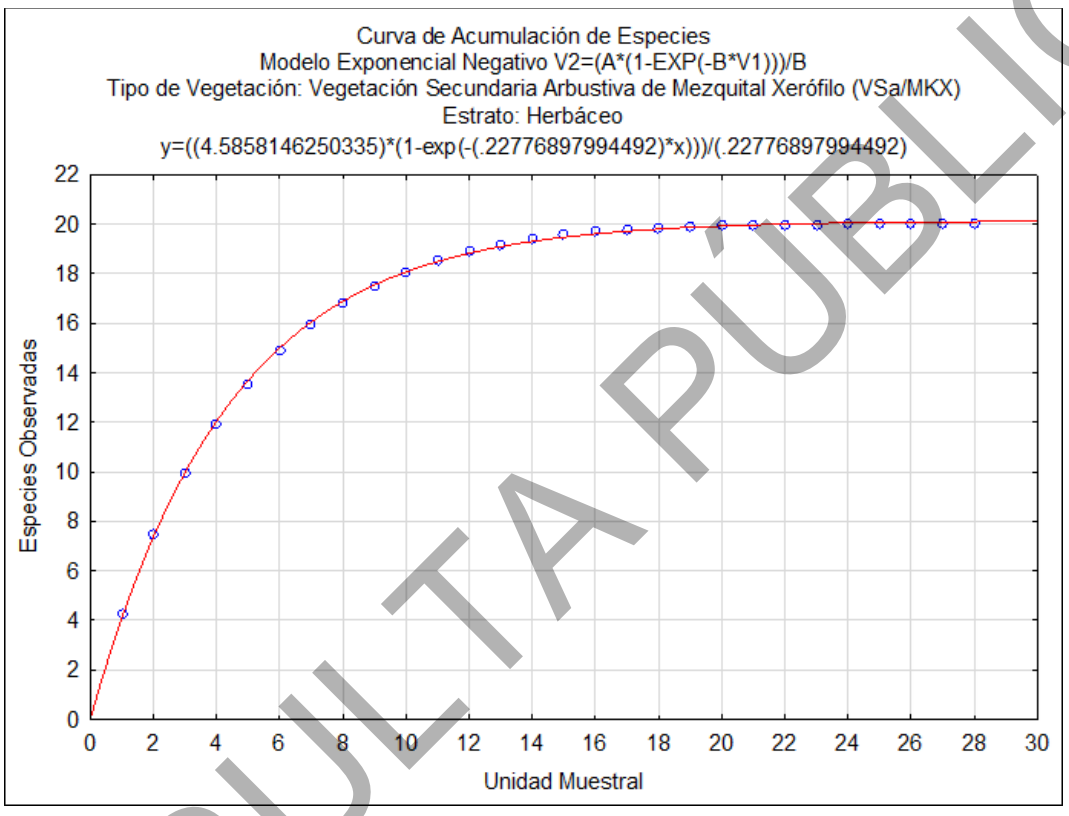


Figura 6. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en la RE, estrato herbáceo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo de exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(4.585815*(1-exp(-0.227769***v1**))) /0.227769

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 4.585815
b= 0.227769

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 4.585815*exp(-0.227769*28) =0.0078

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 20
a= 4.585815
b= 0.227769
(a/b) = Número de especies potenciales = (20.1)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 20/ (4.585815/0.227769)
=20/ 20.1 = 0.99 = **99 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0078 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 20.1 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 20 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

I.2 ÁREA DEL PROYECTO (AP)

I.2.1 TIPO DE MUESTREO

Para determinar los valores de importancia ecológica, parámetros bióticos y estimación de los índices de diversidad y equitatividad por especies de flora, se realizó un muestreo de tipo sistemático estratificado sobre la vegetación forestal dentro de los polígonos del AP que comprende al proyecto. Para todos los estratos, la justificación del diseño de muestreo estratificado sistemático se basó en que las superficies con cubierta forestal en el AP, se tiene la presencia de un tipo de vegetación a lo largo del proyecto, por lo que se considera adecuado para obtener la confiabilidad de los datos y estimaciones finales.

I.2.2 TAMAÑO Y FORMA DE LOS SITIOS DE MUESTREO (UNIDAD MUESTRAL)

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera que podemos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etcétera, aunque las tres formas geométricas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadrados, circulares y rectangulares, pues resultaría muy laboriosa la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente (Romahn y Ramírez, 2010).

CONSULTA PÚBLICA

Para determinar el tamaño óptimo del sitio de muestreo (unidad muestral), se tomó en cuenta el tamaño y forma determinado del AP de acuerdo con las condiciones del proyecto, es decir, se determinó que el tamaño óptimo de la unidad muestral del estrato (arbóreo-juveniles, arbustivo, cactáceas y bejucos), fuera de forma rectangular con un tamaño de 300 m^2 (20 m x 15 m); para el estrato herbáceo se estableció un cuadrante de 4 m^2 (2 m x 2 m) en la parte central de cada unidad muestral.

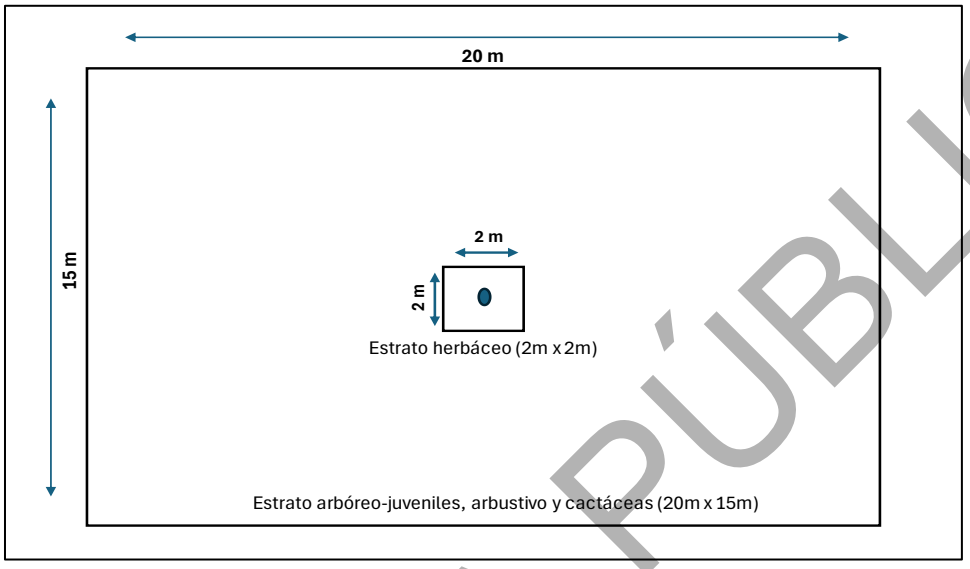


Figura 7. Dimensiones y variables evaluadas de la Unidad muestral secundaria

I.2.3 METODOLOGÍA DE LA SUFICIENCIA DE MUESTREO

Para determinar la confiabilidad del muestreo se hizo uso de las curvas de acumulación de especies las cuales representan gráficamente la forma de como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos; cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo; las especies que pueden faltar aún por encontrar serán probablemente especies localmente raras, o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones estables externas a la unidad del territorio estudiada (Moreno & Halffter, 2000).

Es necesario aclarar que los modelos asintóticos más simples y más ampliamente utilizados para realizar las curvas de acumulación de especies, son el modelo exponencial negativo y la ecuación de Clench (Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Fagan y Kareiva, 1997; Moreno y Halffter, 2000; Moreno, 2001; Jiménez y Hortal, 2003; Magurran2, 2004).

Si la zona de muestreo es relativamente pequeña o el grupo taxonómico es bien conocido, entonces todas las especies tienen una alta probabilidad de ser encontradas. En este caso, se recomienda el empleo del modelo exponencial negativo (Soberón & Llorente, 1993): razón por lo que a continuación se desarrolla el modelo exponencial negativo para los estratos arbóreo y juveniles, arbustivo, bejucos, cactáceas y herbáceo para el tipo de vegetación de VSa/MKX

2 Moreno, C.E.&G. Halffter 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. J. Appl. Ecol., 37: 149-158.

CONSULTA PÚBLICA

Modelo Exponencial Negativo:

$$S_n = (\alpha \cdot [1 - exp(-\beta \cdot n)])/\beta$$

La pendiente de la curva se puede calcular fácilmente como la de la recta tangente en cada punto:

$$m = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

En donde:

S= Riqueza de especies observadas
n = Número de sitios de muestreo (esfuerzo de muestreo)
α = Indica la tasa de incremento de nuevas especies
β = Es un parámetro relacionado con la forma de la curva
m = Pendiente de la curva

Las curvas de acumulación de especies se elaboraron utilizando los programas *Estimate SWin 9.10 y Statistica 10 Enterprise*; los datos obtenidos en campo se exportaron a los programas antes mencionados y con procesamiento estadístico (Estimación no lineal) se aplicó el modelo de ajuste Exponencial negativo y el método de *Simplex and Quasi Newton*.

Los resultados de las curvas mostraron que el modelo Exponencial negativo se ajusta bien a los datos de campo.

Tabla 2. Resultados del modelo Exponencial negativo para las curvas de acumulación de especies.

TIPO DE VEGETACIÓN	ESTRATO	N° DE SITIOS	PENDIENTE	FLORA REGISTRADA (Exponencial Negativo)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	Arbóreo y Juveniles	28	0.001	99%
	Arbustivo		0.030	99 %
	Cactáceas		0.018	96 %
	Bejucos		0.039	82 %
	Herbáceo		0.008	99 %

De acuerdo con J. Hortal & J. M (2003), para la ecuación exponencial negativa, empleando como unidad de esfuerzo individuos o registros de una base de datos, el inventario puede considerarse suficientemente fiable cuando la pendiente se hace aproximadamente menor o igual a 0.1.

Con base en los resultados de pendiente (menor al 0.1) en todos los estratos, y al porcentaje de flora registrada en los 28 sitios de muestreo realizados para el tipo de vegetación de VSa/MKX, se concluye que se logró un inventario completo y fiable.

Para una mejor interpretación, a continuación, se presenta el desarrollo del cálculo de la pendiente final de la curva, y las diferentes curvas de acumulación de especies para cada tipo de vegetación estudiada.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO ARBÓREO Y JUVENILES

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
2.399043	0.480908

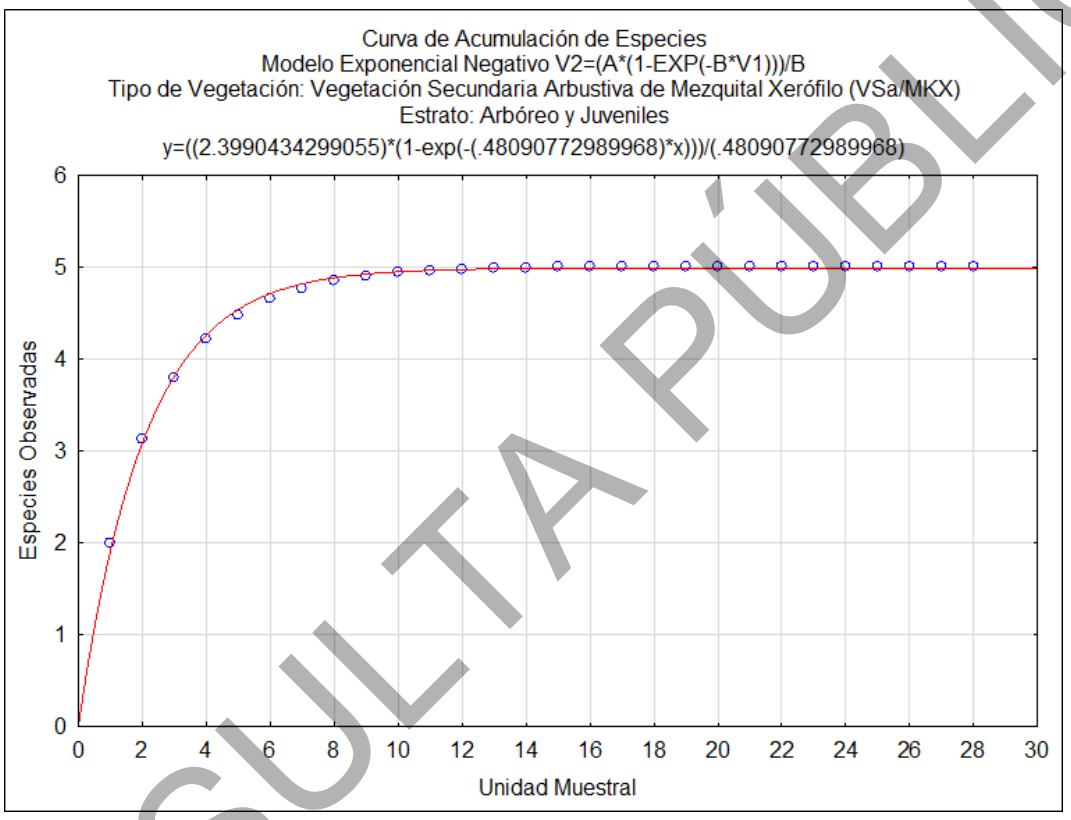


Figura 8. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en el AP, estrato arbóreo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(2.399043*(1-exp(-0.480908***v1**))) /0.480908

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 2.399043
b= 0.480908

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 2.399043*exp(-0.480908*28) =0.0001

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 5
a= 2.399043
b= 0.480908
(a/b) = Número de especies potenciales = (5)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 5/ (2.399043/0.480908)
=5/ 5 = 1.0 = **100 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0017 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 5 especies (4.98), mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 5 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO ARBUSTIVO

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
2.495533	0.157790

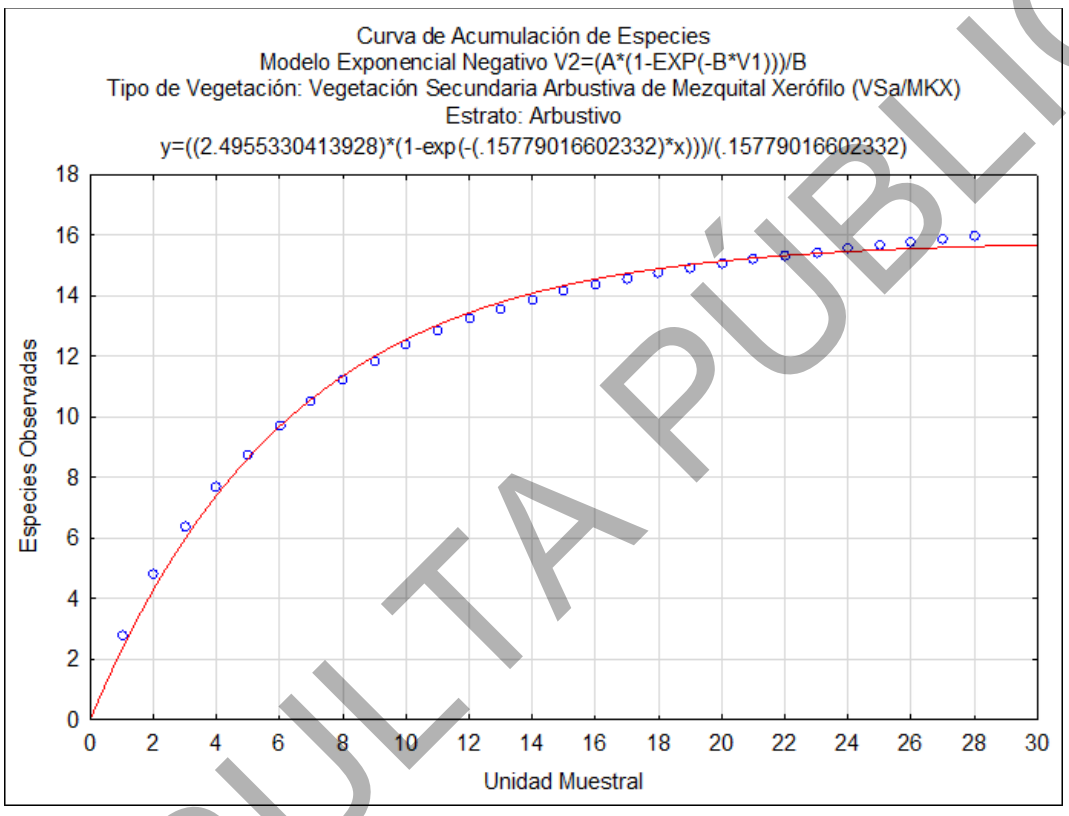


Figura 9. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en el AP, estrato arbustivo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(2.495533*(1-exp(-0.157790***v1**))) /0.157790

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 2.495533
b= 0.157790

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

Pendiente = 2.495533*exp(-0.157790*28) =0.030

CONSULTA PÚBLICA

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Proporción de especies registradas} = Sobs/(a/b)$$

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 16
a= 2.495533
b= 0.157790
(a/b) = Número de especies potenciales = (15.8)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 16/ (2.495533/0.157790)
=16/ 15.8 = 1.0 = **100 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0300 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 15.8 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 16 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato arbustivo en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO CACTÁCEAS

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
0.859481	0.137022

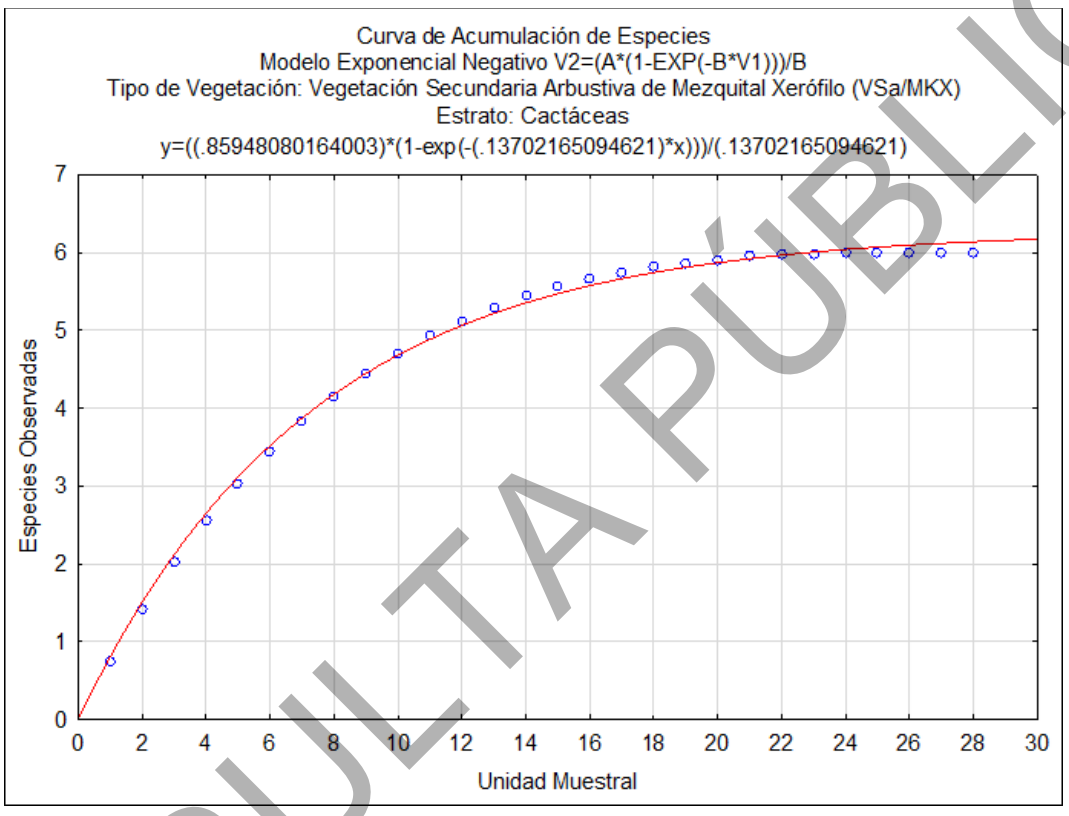


Figura 10. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en el AP, estrato cactáceas; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo de exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(0.859481*(1-exp(-0.137022***v1**))) /0.137022

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 0.859481
b= 0.137022

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 0.859481*exp(-0.137022*28) =0.0185

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 6
a= 0.859481
b= 0.137022
(a/b) = Número de especies potenciales = (6.3)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 6/ (0.859481/0.137022)
=6/ 6.3 = 0.96 = **96 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0185 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 6.3 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 6 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato cactáceas en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO BEJUCOS

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
0.229885	0.063095

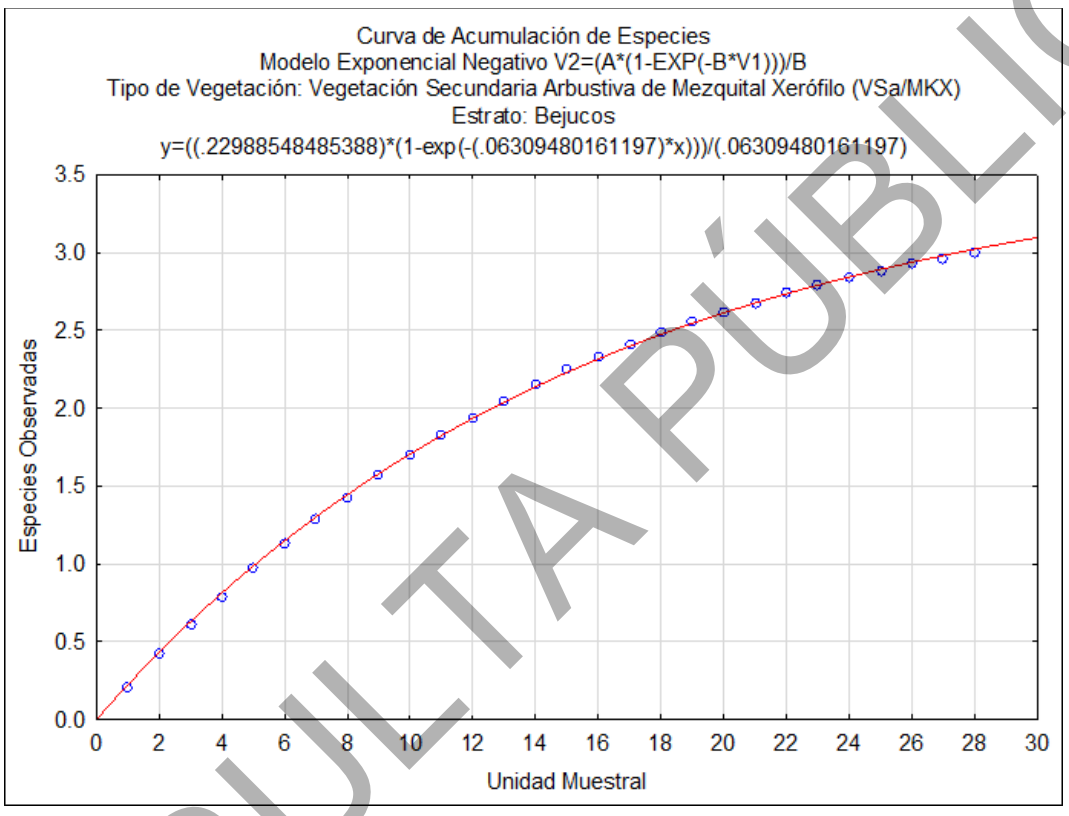


Figura 11. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en el AP, estrato bejucos; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(0.229885*(1-exp(-0.063095***v1**))) /0.063095

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 0.229885
b= 0.063095

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 0.229885*exp(-0.063095*28) =0.0393

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 3
a= 0.229885
b= 0.063095
(a/b) = Número de especies potenciales = (3.6)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 3/ (0.229885/0.063095)
=3/ 3.6 = 0.82 = **82 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0392 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 3.6 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 3 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato bejucos en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

ESTRATO HERBÁCEO

Resultados del modelo Exponencial negativo

PARÁMETROS DE MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO	
a	b
3.429163	0.213668

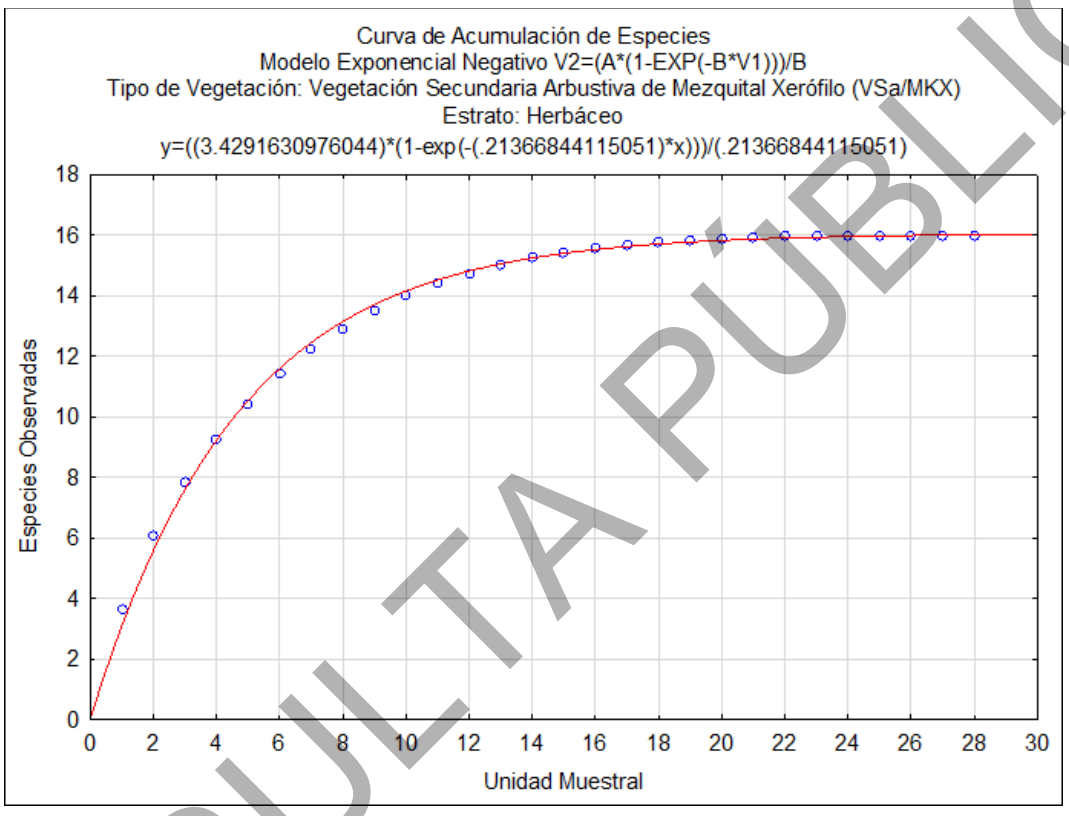


Figura 12. Curva de acumulación de especies para la vegetación presente en el AP, estrato herbáceo; círculos azules: resultados de la curva modelo desarrollado con Estimate SWin 9.10, línea continua roja: ajuste a la curva con el modelo de exponencial negativo.

Por lo tanto, el modelo exponencial negativo: **v2=(a*(1-exp(-b*v1))) /b** quedó de la siguiente manera:

v2=(3.429163*(1-exp(-0.213668***v1**))) /0.213668

En donde:

v2= Riqueza de especies
v1= N° de sitios de muestreo
a= 3.429163
b= 0.213668

Al sustituir los parámetros en la fórmula de la pendiente el valor resultante fue el siguiente:

$$\text{Pendiente} = \alpha \cdot exp(-\beta \cdot n)$$

CONSULTA PÚBLICA

Pendiente = 3.429163*exp(-0.213668*28) =0.0886

Utilizando los parámetros del modelo exponencial negativo (a y b) se determinó el porcentaje de flora registrada aplicando la fórmula siguiente:

Proporción de especies registradas = Sobs/(a/b)

En donde:

Sobs= Número de especies observadas = 16
a= 3.429163
b= 0.213668
(a/b) = Número de especies potenciales = (16)

Entonces:

Sobs/(a/b) = 16/ (3.429163/0.213668)
=16/ 16 = 1.0 = **100 %**

Se realizó ajuste de los datos mediante el modelo exponencial negativo, obteniéndose una pendiente de la curva de 0.0086 cumpliéndose lo descrito por J. Hortal & J. M. Lobo citados por Jiménez-Valverde & Hortal (2003), quien menciona que cuando la pendiente es menor 0.1, el muestreo puede considerarse fiable, además, el modelo estima una riqueza de 16.0 especies, mientras que la riqueza por parte del muestreo fue de 16 (especies). Con base a lo anterior y de acuerdo con el inventario realizado, este registra la estructura y carácter suficiente del estrato herbáceo en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

* Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo está definida como la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por:

$$\boldsymbol{f = (n/N)100}$$

Donde:

f = Intensidad de muestreo en porcentaje.
n = Número de unidades de la muestra.
N = Número de unidades de toda la población.

Por lo tanto, la intensidad de muestreo para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) y por cada estrato en el AP se obtuvo de la siguiente forma:

$$f = (Sup.\,total\ muestreada\ por\ tipo\ de\ veg./superficie\ totál\ por\ tipo\ de\ vegetación)\ X\ 100$$

En referencia a la superficie muestreada, se presenta el número de sitios para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) y por estrato, superficie muestreada y porcentaje respecto a la superficie total del tipo de vegetación que corresponde en el AP.

De acuerdo con lo anterior, para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) en el AP, se obtuvo una intensidad de muestreo del 3.18 %, representativa de un total de 28 sitios de muestreo distribuidos en una superficie de 26.999 ha. Dado que las unidades muestreadas para los estratos arbóreo (juveniles), arbustivo, bejucos y cactáceas comparten una dimensión de 300 m², la intensidad de muestreo para estos estratos es de 3.11 %. Por su parte, para el estrato herbáceo, cuyas unidades de muestreo tienen un área de 4 m², se obtuvo una intensidad de muestreo de 0.04 %.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

CONSULTA PÚBLICA



[redacted]

CONTENIDO

I DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 4
I.1 SÍNTESIS DEL MEDIO ABIÓTICO, BIÓTICO Y PAISAJE 6
I.1.1 ABIÓTICO 6
I.1.1.1 CLIMA 6
I.1.1.2 GEOLOGÍA 6
I.1.1.3 FISIOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA 6
I.1.1.4 EDAFOLOGÍA 7
I.1.1.5 DEGRADACIÓN DEL SUELO 7
I.1.1.6 AGUA 7
I.1.1.6.1 AGUA SUPERFICIAL 7
I.1.1.6.2 AGUA SUBTERRÁNEA 8
I.1.1.6.3 BALANCE HÍDRICO 8
I.1.1.7 USO DE SUELO 8
I.1.2 BIÓTICO 9
I.1.2.1 VEGETACIÓN 9
I.1.2.2 FAUNA 10
I.1.3 PAISAJE 11
I.2 INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INVENTARIO AMBIENTAL 11
I.2.1 DFAU = RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA 15
I.2.2 DFLOR = RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA 17
I.2.3 SPRO = PRESENCIA DE ESPECIES CON ESTATUS DE PROTECCIÓN 19
I.2.4 FV = FRAGILIDAD DEL PAISAJE 21
I.2.5 IE = IMPORTANCIA ECOLÓGICA 23
I.2.6 RERO = RIESGO O SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN 25
I.2.7 PROSUE = PROTECCIÓN AL SUELO (COBERTURA DE LA VEGETACIÓN) 27
I.2.8 HSUP = CARACTERÍSTICAS DEL PATRÓN DE DRENAJE EN CUANTO A SU DISECCIÓN HORIZONTAL 29
I.2.9 HSUB = HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA 32
I.3 EVALUACIÓN MULTICRITERIO O CLASIFICACIONES JERÁRQUICAS DE SAATY 34
I.3.1 PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS 34
I.3.2 CRITERIOS DE VALORACIÓN 35
I.4 RESULTADOS DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LAS TRES ÁREAS DE ANÁLISIS 37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CRITERIOS AMBIENTALES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y SOBREPOSICIÓN DE MAPAS EN EL RE, AI Y AP 12
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LA DFAU POR RE, AI Y AP 15
TABLA 3. DISTRIBUCIÓN DE LA DFLOR POR RE, AI Y AP 17
TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE LA SPRO POR RE, AI Y AP 19
TABLA 5. DISTRIBUCIÓN DE LA FV POR RE, AI Y AP 21
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA IE POR RE, AI Y AP 23
TABLA 7. DISTRIBUCIÓN DEL RERO POR RE, AI Y AP 25
TABLA 8. DISTRIBUCIÓN DE LA PROSUE POR RE, AI Y AP. 27
TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE LA RED DE DRENAJE. 29
TABLA 10. DISTRIBUCIÓN DE LA HSUP POR RE, AI Y AP 29

CONSULTA PÚBLICA

TABLA 11. DISTRIBUCIÓN DE LA HSUB POR RE, AI Y AP 32
TABLA 12. CRITERIOS DE VALORACIÓN EN LA COMPARACIÓN POR PARES DE LOS FACTORES. 35
TABLA 13. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES. 35
TABLA 14. MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES (WI). 36
TABLA 15. CLASES DE LA CALIDAD AMBIENTAL (CA) EN LA RE, AI Y AP. 37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA (DFAU) DE LA RE, AI Y AP 16
FIGURA 2. RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA (DFLOR) DE LA RE, AI Y AP 18
FIGURA 3. PRESENCIA DE ESPECIES CON ESTATUS DE PROTECCIÓN (SPRO) DE LA RE, AI Y AP 20
FIGURA 4. CALIDAD VISUAL VULNERABLE (CVV) DEL PAISAJE EN LA RE, AI Y AP 22
FIGURA 5. IMPORTANCIA ECOLÓGICA (IE) DE LA RE, AIP Y AP 24
FIGURA 6. RIESGO O SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN (RERO) DE LA RE, AIP Y AP. 26
FIGURA 7. PROTECCIÓN AL SUELO (PROSUE) DE LA RE, AIP Y AP. 28
FIGURA 8. DENSIDAD DE DRENAJE (HSUP) DE LA RE, AIP Y AP. 31
FIGURA 9. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA (HSUB) DE LA RE, AIP Y AP. 33
FIGURA 10. MAPA DE CALIDAD AMBIENTAL (CA) EN LA RE, AI Y AP 39

CONSULTA PÚBLICA

I DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En este apartado se hace un análisis con la información que se generó y recopiló en la fase de caracterización ambiental, de tal forma que se obtenga un diagnóstico del Región Ecológica (RE), del Área de Influencia del Proyecto (AI) y del Área del Proyecto (AP) previo a la realización del proyecto. El diagnóstico ambiental es una caracterización y síntesis del medio abiótico y biótico para identificar la capacidad de resiliencia y homeostática actual de un sistema. En este sentido, se identifican y analizan las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación del área de estudio, así como la calidad de vida que pudiera presentarse en la zona por el aumento demográfico y la intensidad de las actividades productivas, considerándose en este, aspectos de tiempo y espacio.

El valor ambiental o también conocido como calidad ambiental de un recurso en un espacio geográfico, es el mérito para ser conservado, o lo que es lo mismo, para no ser destruido, entendiendo como conservación del recurso o factor ambiental, el mantenimiento de su estructura y funcionamiento que garantice su permanencia y/o uso por tiempo indefinido. La calidad ambiental puede considerarse también como un vector que engloba diferentes aspectos, aún sin conocer a profundidad la estructura y funcionamiento del sistema completo. Así tenemos que:

$$CA = \sum (F_1 F_2 F_3 F_4 \dots F_n)$$

Donde:

CA = Calidad Ambiental
F1, F2, F3, etc. = Factores ambientales o componentes de la Región Ecológica.

Los aspectos que se consideran en la valoración de la calidad ambiental son los siguientes:

- **Diversidad,** representada por la riqueza de especies de flora y fauna.
- **Cobertura de la vegetación,** como estimador de abundancia de ésta y el valor como protección al suelo.
- **Naturalidad**, relacionado con el grado de modificación de las comunidades biológicas por elementos exóticos, también considera grado de cambio natural debido a perturbaciones por uso y/o manejo.
- **Representatividad**, relativo a las condiciones originales y primarias.
- **Fragilidad,** relacionada a los aspectos de vulnerabilidad y carácter perecedero de las comunidades biológicas.
- **Vulnerabilidad,** indicando la susceptibilidad de las comunidades vegetales a las perturbaciones de origen antrópico.
- **Presencia de especies con estatus de protección**, es decir las listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 incluyendo las de LCDR.

CONSULTA PÚBLICA

- Características del patrón de drenaje (escurrimiento), considerando la disección horizontal que determina la distribución, abundancia y productividad de las comunidades vegetales en el área.
- Hidrología subterránea, considerando la amplitud de pendientes que determinan la acumulación de flujos y su posterior infiltración a los mantos freáticos.
- Hidrología superficial, se basa en el grado de disección horizontal de las escorrentías superficiales calculado a partir de la densidad del drenaje.
- Susceptibilidad a la erosión, considerando las características del relieve como pendiente y exposición, características intrínsecas del suelo y cubierta del suelo.
- Calidad Visual Vulnerable, considerando los aspectos plásticos o de calidad visual, capacidad de absorción visual e intervisibilidad.

La valoración de cada uno de estos aspectos se realizó mediante un panel de consulta con la participación de expertos responsables en flora, fauna, paisaje, así como del equipo de brigadistas de campo y analistas SIG. Para las dimensiones de valor, se aplicaron criterios reconocidos y ampliamente contrastados, empleando además una escala jerárquica con rangos de valor de 1 a 3, clasificados de la siguiente manera:

- 1 = Baja importancia o valor bajo.
- 2 = Mediana importancia o valor medio.
- 3 = De alta importancia o valor alto.

Los aspectos anteriormente valorados fueron considerados finalmente en 9 factores que determinan la calidad ambiental en un proceso de integración del diagnóstico, y fueron las siguientes:

- Dflor = Riqueza de Especies de Flora (F1)
- Dfau = Riqueza de Especies de Fauna (F2)
- Prosue = Cobertura de la vegetación como protección al suelo (F3)
- IE = Importancia Ecológica, considerando la agregación de los valores de naturalidad, representatividad, fragilidad y vulnerabilidad (F4)
- Spro = Presencia de especies con estatus de protección, de lento crecimiento y/o difícil regeneración (F5)
- Hsup = Características del patrón de drenaje (F6)
- Rero = Riesgo o susceptibilidad a la erosión basado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) (F7).
- Cvv = Calidad visual vulnerable (paisaje) (F8).
- Hsub = Características de la hidrología subterránea con base a la capacidad de infiltración (F9).

Los aspectos antes mencionados se sustentan en el desarrollo descrito en este capítulo de la descripción del SA incorporando la base de datos de aspectos abióticos y bióticos. A continuación, se presenta la síntesis de los apartados anteriores, indicando los factores de calidad de ambiente que influyen en su análisis.

CONSULTA PÚBLICA

Posteriormente, se procede al análisis espacial efectuado por el software ArcGIS Pro 3.2.0, mediante superposiciones y álgebra de mapas, considerando una evaluación multicriterio.

I.1 SÍNTESIS DEL MEDIO ABIÓTICO, BIÓTICO Y PAISAJE

A continuación, se presenta un resumen de los apartados del medio abiótico, biótico y de paisaje. Posteriormente a la presente síntesis, se exhibe la integración e interpretación del inventario ambiental mediante una tabla de los criterios ambientales, detallando la influencia de la información obtenida a lo largo de este capítulo IV en el análisis y evaluación de cada factor de la calidad ambiental.

I.1.1 ABIÓTICO

I.1.1.1 Clima

La Región Ecológica (RE) presenta un clima predominantemente muy árido, semicálido, que ocupa el 94.36% de su superficie, mientras que el 5.64% corresponde a un clima muy árido, cálido. La temperatura media anual es de aproximadamente 25.53 °C, con los valores más elevados entre mayo y agosto. La precipitación media anual es de 352.95 mm, concentrándose principalmente entre junio y octubre. Estas condiciones determinan un ambiente cálido y seco, con marcada estacionalidad de las lluvias.

I.1.1.2 Geología

La RE está constituida predominantemente por material aluvial, que ocupa el 88.10% de su superficie. En menor proporción se presentan rocas ígneas, principalmente granito, riolita, basalto y toba ácida, que en conjunto representan aproximadamente el 7.52%, mientras que las rocas sedimentarias ocupan el 4.33%. De acuerdo con la información geológica de INEGI, no se identifican fallas ni fracturas dentro de la RE.

I.1.1.3 Fisiografía y topografía

La RE se encuentra completamente dentro de la provincia fisiográfica Llanura Sonorense y de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Predomina el sistema de topoformas de Bajada con lomerío, que ocupa el 93.23% de la superficie, mientras que las Sierras escarpadas complejas representan el 6.77%.

El relieve presenta elevaciones de 125 a 750 msnm, con predominio de altitudes entre 125 y 300 msnm, que en conjunto abarcan el 85.27% de la superficie. Asimismo, predominan terrenos llanos a suavemente inclinados, con pendientes menores al 6%, que representan el 66.66% de la superficie; las pendientes mayores al 25% ocupan únicamente el 4.85%.

En cuanto a la exposición, la orientación cenital es la más representativa, con 25.27%, mientras que las orientaciones sur, sureste y suroeste concentran en conjunto el 33.97%, favoreciendo una mayor incidencia de radiación solar. En términos generales, la RE presenta un relieve predominantemente bajo, plano a suavemente inclinado, interrumpido por sectores serranos de mayor elevación y pendiente.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.4 Edafología

En la RE predominan los Calcisoles, que representan el 50.77% de la superficie, seguidos por Vertisoles (15.65%) y Regosoles (10.30%). En menor proporción se encuentran Cambisoles, Leptosoles, Luvisoles y Planosoles. En cuanto a las clases texturales, predomina ampliamente la textura media, con 74.46% de la superficie, seguida de la textura fina (16.04%) y la textura gruesa (6.23%); el 3.27% restante corresponde a zonas urbanas, donde no se asigna una clase textural. En conjunto, predominan suelos característicos de ambientes áridos, con variaciones en profundidad, contenido de arcilla, capacidad de retención de humedad y susceptibilidad a la erosión.

I.1.1.5 Degradación del suelo

De acuerdo con la información de degradación del suelo, en la RE predomina la erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, de grado ligero, que representa el 48.19% de la superficie, asociada principalmente con la deforestación y remoción de la vegetación. La erosión eólica de grado moderado representa el 27.51%, relacionada con el sobrepastoreo y las actividades agrícolas, mientras que la degradación física por pérdida de la función productiva comprende el 16.93%, asociada principalmente con la urbanización y actividades industriales.

En cuanto a la erosión hídrica, el 86.03% de la RE presenta un nivel muy ligero, mientras que el 4.38% corresponde a erosión ligera y el 5.77% a erosión moderada. No se identificaron superficies con erosión alta o muy alta. Para el caso de la erosión eólica, la RE se clasifica sin erosión, con un volumen estimado de 18,273.953 Ton/año.

Para el Área Forestal del Proyecto (AFP), en el escenario sin proyecto se estimó una erosión hídrica muy ligera, con un volumen de 27.022 Ton/año en una superficie de 26.999 ha. Bajo el escenario con proyecto, el volumen aumenta a 935.390 Ton/año, correspondiente a un incremento de 908.368 Ton/año respecto a las condiciones actuales. En cuanto a la erosión eólica, el AFP presenta sin erosión tanto en el escenario actual como con proyecto; sin embargo, el volumen estimado pasa de 32.335 Ton/año a 215.567 Ton/año debido al cambio en la cobertura vegetal y los factores considerados en la estimación.

I.1.1.6 Agua

I.1.1.6.1 Agua Superficial

La RE se localiza completamente en la Región Hidrológica Sonora Sur, dentro de la cuenca Río Bacoachi y la subcuenca Arroyo La Manga (RH09Eb). La red de drenaje presenta una longitud total de 826.272 km, predominando las corrientes de primer orden (51.67%). El 99.43% de las corrientes son intermitentes y no se registran corrientes perennes.

De acuerdo con la disponibilidad media anual de aguas superficiales (DOF, 2023), la RE incide únicamente en la cuenca Río Sonora 3, la cual presenta un déficit medio anual de 1.39 Mm^3, por lo que se requiere una gestión eficiente del recurso hídrico.

CONSULTA PÚBLICA

En cuanto a la calidad del agua, no se identificaron sitios de monitoreo del RENAMECA dentro de la RE para el periodo 2012–2026. En siete sitios cercanos, ubicados aproximadamente a 35.5 km en la presa El Molinito, se identificaron 3 sitios con buena calidad (semáforo verde), 2 con calidad media (semáforo amarillo) y 2 con mala calidad (semáforo rojo), lo que evidencia condiciones variables de calidad del agua en el entorno de la RE.

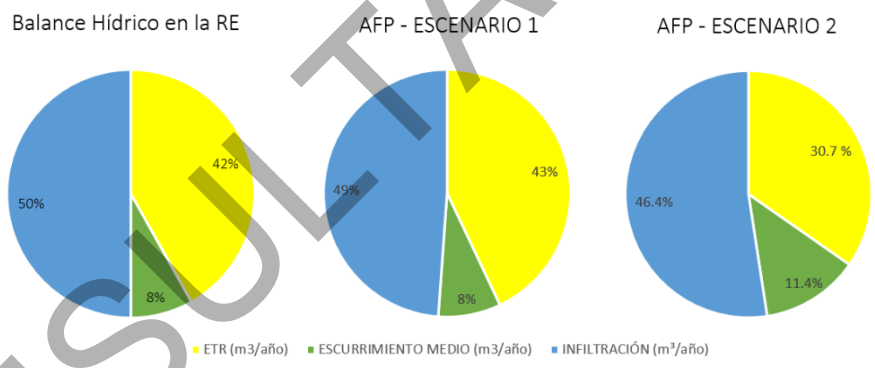
I.1.1.6.2 Agua Subterránea

La RE se encuentra principalmente sobre el acuífero Costa de Hermosillo (99.53%) y, en menor proporción, sobre Río Zanjón (0.47%). Ambos acuíferos presentan déficit en su disponibilidad media anual, de -24.16 hm³/año y -74.25 hm³/año, respectivamente, por lo que existe presión sobre el recurso hídrico subterráneo.

Entre 2012 y 2025 se identificaron 5 sitios de monitoreo dentro de la RE, correspondientes a pozos. Los cinco sitios presentan semáforo verde, lo que indica buena calidad del agua, apta para usos como abastecimiento potable y riego agrícola.

I.1.1.6.3 Balance Hídrico

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de los balances hídricos de la RE y del AFP en sus 2 escenarios, considerando la precipitación como la única fuente de entrada de agua (100%). Los siguientes gráficos muestran la distribución porcentual entre evapotranspiración, escurrimiento e infiltración.



Gráfica. 1. Resumen de los balances hídricos de la RE y del AFP

I.1.1.7 Uso de suelo

En la RE, los usos de suelo corresponden principalmente a agricultura de riego anual y semipermanente, con 832.312 ha (2.3 %), y agricultura de riego permanente, con 117.042 ha (0.3 %). Por su parte, los asentamientos humanos ocupan 1,385.230 ha, equivalentes al 3.8 % de la superficie de la RE. Estos usos representan áreas con mayor grado de transformación antrópica respecto a las coberturas de vegetación natural, por lo que contribuyen a una disminución de la calidad ambiental en las superficies ocupadas.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2 BIÓTICO

I.1.2.1 Vegetación

En la RE predominan las comunidades de vegetación xerófila, principalmente el Mezquital Xerófilo, que ocupa 24,207.263 ha (66.9 %) de la superficie analizada, seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, con 3,870.990 ha (10.7 %). El Matorral Sarcocaule ocupa 2,879.266 ha (8.0 %). Asimismo, se identifican superficies de Pastizal Cultivado, con 2,087.162 ha (5.8 %), y Pastizal Inducido, con 801.894 ha (2.2 %).

En conjunto, las comunidades de vegetación natural y secundaria representan la mayor parte de la superficie de la Región Ecológica, con un claro predominio del Mezquital Xerófilo, seguido por el Matorral Sarcocaule y la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.

Dentro de estas comunidades, el área de estudio se encuentra asociada a Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX), la cual ocupa 3,870.990 ha, equivalentes al 10.7 % de la superficie analizada.

A partir de la interpretación de la tabla florística correspondiente a esta comunidad vegetal, se contabilizaron 65 especies, distribuidas en 23 familias botánicas. La composición por formas de crecimiento muestra una mayor riqueza en el estrato arbustivo, con 21 especies, seguido del estrato herbáceo, con 20 especies; adicionalmente, se registraron 11 especies de cactáceas, nueve especies del componente arbóreo y juveniles y cuatro especies de bejucos. Esta distribución evidencia que la riqueza florística se concentra principalmente en los estratos bajos de la vegetación, condición congruente con su clasificación como vegetación secundaria de carácter arbustivo.

Entre las familias con mayor número de especies destacan Fabaceae y Cactaceae, con 11 especies cada una, seguidas por Euphorbiaceae, con siete especies; Poaceae, con cinco, y Nyctaginaceae, con cuatro. Dentro del componente leñoso se encuentran especies como mezquite (Neltuma velutina), palo fierro (Olneya tesota), guayacán (Guaiacum coulteri), palo verde (Parkinsonia aculeata y P. microphylla) y huizache (Vachellia farnesiana).

Las cactáceas representan también un componente relevante, con 11 especies registradas. Las especies de este grupo se encuentran registradas en el Apéndice II de CITES, mientras que Cochemiea mainiae y Cochemiea sheldonii presentan además categoría de Protección especial (Pr) en la NOM-059.

En cuanto a su origen, la composición florística está integrada predominantemente por especies nativas: de las 65 especies registradas, 63 son nativas y únicamente dos exóticas, entre ellas el zacate buffel (Cenchrus ciliaris) y la verdolaga (Portulaca oleracea).

Respecto al estado de conservación, sobresale Guaiacum coulteri (guayacán), registrado bajo Protección especial (Pr) en la NOM-059, en categoría En Peligro (EN) de acuerdo con la UICN y en el Apéndice II de CITES. Asimismo, Olneya tesota (palo fierro) se encuentra bajo Protección especial (Pr). La presencia de estas especies, así como de las cactáceas sujetas a regulación, constituye un elemento de relevancia ambiental dentro de la comunidad vegetal caracterizada.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.2 Fauna

La fauna asociada a las unidades de vegetación analizadas presenta una riqueza de 92 especies agrupadas en 43 familias. La ornitofauna constituye el grupo con mayor riqueza, con 64 especies, seguida por los mamíferos, con 17 especies, y los reptiles, con 11 especies. No se registraron especies de anfibios en la información analizada.

Entre las aves registradas se encuentran especies como el zacatonero garganta negra (Amphispiza bilineata), tecolote llanero (Athene cunicularia), baloncillo (Auriparus flaviceps), aguililla cola roja (Buteo jamaicensis), colibrí cabeza violeta (Calypte costae) y matraca del desierto (Campylorhynchus brunneicapillus), además de diversas especies de gorriones, palomas y mosqueros. Destaca la perlita sinaloense (Polioptila nigriceps), registrada como nativa y endémica. Asimismo, se identifican como especies exóticas-invasoras el gorrión doméstico (Passer domesticus) y la paloma de collar turca (Streptopelia decaocto).

Los mamíferos están representados por especies como la ardilla antílope de Sonora (Ammospermophilus harrisii), liebre antílope (Lepus alleni), lince americano (Lynx rufus), venado bura (Odocoileus hemionus), pecarí de collar (Pecari tajacu), conejo del desierto (Sylvilagus audubonii), zorra gris (Urocyon cinereoargenteus) y diferentes especies de murciélagos. Dentro de este grupo destaca el murciélago magueyero menor (Leptonycteris yerbabuenae), registrado bajo la categoría de Protección especial (Pr) en la NOM-059.

La herpetofauna está representada por 11 especies de reptiles, entre las que se encuentran el huico manchado de Sonora (Aspidoscelis sonorae), huico tigre del noroeste (A. tigris), cachora arenera (Callisaurus draconoides), cascabel de diamantes (Crotalus atrox), iguana de cola espinosa sonorense (Ctenosaura macrolopha), tortuga del desierto de Sonora (Gopherus morafkai) y lagartija espinosa del noroeste (Sceloporus clarkii), entre otras.

Dentro de este grupo destaca Ctenosaura macrolopha, señalada como nativa y endémica e incluida en el Apéndice II de CITES. En cuanto a la NOM-059, Callisaurus draconoides se encuentra en categoría Amenazada (A), mientras que Crotalus atrox se encuentra bajo Protección especial (Pr).

En relación con las categorías de conservación internacional, destaca el cuicacoche pico corto (Toxostoma bendirei), clasificado como Vulnerable (VU) por la UICN. Asimismo, el papamoscas boreal (Contopus cooperi) y el verdugo americano (Lanius ludovicianus) se encuentran clasificados como Casi Amenazados (NT).

En conjunto, la fauna registrada refleja una mayor riqueza de aves, seguida de mamíferos y reptiles, e incluye especies endémicas, migratorias y especies con alguna categoría de protección o conservación, lo que constituye un elemento relevante para la valoración ambiental de la Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.3 PAISAJE

El análisis del paisaje de la RE muestra una Calidad Visual (CV) predominantemente media, mientras que la Fragilidad Visual (FV) es principalmente baja, representando el 91% de la superficie, lo que indica una alta capacidad del paisaje para absorber modificaciones sin presentar alteraciones visuales significativas. En cuanto a la Visibilidad (V), predominan las áreas poco visibles, con una menor proporción de superficies con mayor exposición visual. En conjunto, estos factores indican que la RE presenta una sensibilidad visual predominantemente baja a media.

I.2 INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INVENTARIO AMBIENTAL

En este apartado se hace un análisis con la información que se generó y recopiló en la fase de caracterización ambiental, de tal forma que se obtenga un diagnóstico de la Región Ecológica (RE), del Área de Influencia del Proyecto (AI) y del Área del Proyecto (AP), previo a la realización del proyecto. En este sentido, se identifican y analizan las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación del área de estudio, así como la calidad de vida que pudiera presentarse en la zona por el aumento demográfico y la intensidad de las actividades productivas, considerándose en este, aspectos de tiempo y espacio.

El diagnóstico ambiental requiere de estudios técnicos para identificar las áreas de mayor perturbación. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una importante herramienta para la planificación ambiental, al permitir identificar superficies de susceptibilidad mediante la superposición de capas temáticas en formato ráster (matriz de celdas), las cuales recogen los criterios de evaluación ambiental necesarios en la valoración de impactos sobre las áreas de interés. La superposición de capas permite interrelacionar los factores ambientales, con el fin de producir criterios de decisión que conduzcan a saber la perturbación final de la RE, AI y AP. El cálculo de niveles de susceptibilidad mediante la superposición de capas se realizará a partir de funciones estadísticas que retornan el valor máximo y el promedio aritmético o ponderado de las celdas.

Los estudios del medio físico consisten en un conjunto de técnicas para el acopio, elaboración y tratamiento de información sobre el entorno natural, que permiten determinar las condiciones ambientales de un área geográfica, así como identificar e interpretar los impactos ambientales derivados de la ejecución de un proyecto, facilitando la toma de decisiones sobre el uso del suelo y la mejora del entorno. En el presente apartado, la descripción y evaluación de los diferentes componentes de la RE y el AP se integran en un diagnóstico ambiental, incorporando el Área de Influencia (AI) del Proyecto.

A continuación, se muestra la tabla con los factores a considerar en el cálculo de la calidad ambiental y sus criterios de evaluación. Se toma en cuenta que la clasificación entre baja, media y alta están consideradas en los niveles de calidad ambiental, por esta consideración algunos factores como Rero y Hsub se evalúan a la inversa, por ejemplo, a mayor erosión, menor calidad ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 1. Criterios ambientales para la clasificación de los factores ambientales y sobreposición de mapas en el RE, AI y AP.

FACTOR Y SOBREPOSICIÓN DE MAPAS	VALOR	CLASE	CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Dfau: Riqueza de especies de fauna **Capas:** -Uso de suelo y vegetación -Transectos de Fauna	1	Baja	-Asentamientos humanos - Zonas de agricultura (incluyendo pastizales cultivados)	-Debido a la existencia de actividades humanas y uso de suelo no forestal la diversidad de especies de fauna es baja.
	2	Media	-Pastizal inducido -Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	-Diversidad y riqueza de especies, con tendencia media a ser alta. -VSa/MKX con presencia de fauna en los transectos de muestreo.
	3	Alta	-Mezquital xerófilo -Matorral sarcocaule	-La existencia de vegetación forestal con estructura y composición primaria, la cobertura forestal provee sitios de anidación, refugio y fuentes de alimentación.
Dflor: Riqueza de especies de flora **Capas:** -Uso de suelo y vegetación -Sitios de Flora	1	Baja	-Asentamientos humanos - Zonas de agricultura (incluyendo pastizales cultivados)	-Debido a la existencia de actividades humanas y uso de suelo no forestal la riqueza de flora es baja.
	2	Media	-Pastizal inducido	-Diversidad y riqueza de especies de media con tendencia a ser alta.
	3	Alta	- Mezquital xerófilo -Matorral sarcocaule -Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	- La presencia de vegetación secundaria en proceso de sucesión ecológica y la riqueza de especies registrada favorecen una alta diversidad vegetal.
IE: Importancia Ecológica **Capas:** -Uso de suelo y vegetación -Pendiente	1	Baja	-Valores bajos de las variables de: naturalidad, representatividad, fragilidad y vulnerabilidad.	-Para este factor se consideraron cuatro componentes: -Las variables de naturalidad, representatividad y vulnerabilidad se valoraron a partir de la información de uso de suelo y vegetación. -La fragilidad se determinó con base en la pendiente del terreno.
	2	Media	-Valores medios de las variables de: naturalidad, representatividad, fragilidad y vulnerabilidad.	
	3	Alta	-Valores altos de las variables de: naturalidad, representatividad, fragilidad y vulnerabilidad.	
Spro: Protección de especies **Capas:** -Sitios de fauna y flora dentro NOM-059-SEMARNAT-2010	1	Baja	-Asentamientos humanos - Zonas de agricultura (incluyendo pastizales cultivados)	-Flora: Se registró la presencia de 3 especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 3 se encuentra en la categoría de bajo Protección Especial (Pr). - Fauna: Se identificaron 4 especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 1 están en la categoría de Amenazadas (A), 2 bajo Protección Especial (Pr) y 1 como Casi Amenazada (NT).
	2	Media	-Pastizal inducido	
	3	Alta	Mezquital xerófilo -Matorral sarcocaule -Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR Y SOBREPOSICIÓN DE MAPAS	VALOR	CLASE	CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Rero: Riesgo a la erosión **Capas:** -Erosión hídrica	1	Bajo	-Zonas con nivel de erosión Alta.	Las zonas que presentan tasa de erosión mayores a 50 Ton/ha/año
	2	Medio	-Zonas con nivel de erosión Moderado.	En esta zona se presenta tasas entre 12 y 50 Ton/ha/año.
	3	Alto	-Zonas con nivel de erosión Bajo.	Se mantienen niveles bajos, tasa de erosión menores de 12 Ton/ha/año
Prosue: Protección al suelo (cobertura vegetal) **Capas:** - Uso de suelo y vegetación con su valor de factor de C (EUPS)	1	Baja	-Asentamientos humanos	Debido a la presencia de construcciones y capa de suelo compactada o pavimentada, no se cuenta con cobertura vegetal que sirva de protección del suelo a factores erosivos. Valores de C mayores 0.2
	2	Media	- Zonas de agricultura (incluyendo pastizales cultivados) -Pastizal inducido	Presencia de vegetación que refleja una protección media contra la erosión suelo. Valores de C entre 0.003 y 0.2
	3	Alta	-Mezquital xerófilo -Matorral sarcocaule -Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	Se cuenta con vegetación forestal primaria y secundaria que favorecen la protección del suelo contra agentes erosivos. Valores de C menores de 0.003
Hsub: Capacidad de Infiltración **Capas:** **-**Edafología. -Uso de suelo y vegetación. Densidad de drenaje. -Geología y -Pendientes	1	Baja	-Zonas con nula permeabilidad.	Baja capacidad de infiltración debido a la existencia de pavimentación y construcciones, el agua se pierde por el proceso de evaporación y escurrimiento. Textura fina de tipo de suelo, y rocas con baja permeabilidad.
	2	Media	-Zonas con permeabilidad baja a media.	Infiltración moderada, con texturas de suelo media, principalmente de limos, zonas de densidad de drenaje media, permite que el agua se infiltre y zonas de vegetación secundaria, arbustivas, pastizales y agricultura, rocas semi permeables, como basaltos y calizas. Zonas con inclinación media del terreno.
	3	Alta	-Zonas con permeabilidad alta.	Zonas con suelos arenosos de texturas gruesas. Densidad de drenaje baja, con suelos permeables y pendientes suaves, vegetación primaria, con rocas permeables como la arenisca.
Hsup: Características del patrón de drenaje. **Capas:** -Densidad de drenaje (Dd) o también llamado	1	Baja	-Zonas con densidad de drenaje alta, mayores de 3.7 km/km^2.	Es la relación entre la longitud total (Lt) de los cursos de agua perennes, intermitentes y efímeros, de una cuenca y su propia área (A) (Horton, 1932, 1945). Menor densidad de drenaje existe materiales del terreno resistentes a la erosión, suelos permeables y pendientes suaves.
	2	Media	-Zonas con densidad de drenaje moderada de 1.9 a 3.37 km/km^2.	
	3	Alta	-Zonas con densidad de drenaje bajas menores de 1.9 km/km^2.	

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR Y SOBREPOSICIÓN DE MAPAS	VALOR	CLASE	CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Disección horizontal.				Mayor densidad de drenaje existe materiales erosionables, suelos impermeables y pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.
Paisaje FV **Capas:** Fragilidad del paisaje (FV)	1	Baja	-FV con clase baja	Determinada en función de las características del paisaje y su capacidad para resistir cambios visuales ante posibles intervenciones. Este indicador permite identificar las áreas que, por sus condiciones naturales y visuales, presentan mayor o menor sensibilidad a modificaciones en el paisaje.
	2	Media	-FV con clase media	
	3	Alta	-FV - con clase Alta	

A continuación, se presentan la zonificación y grado de los factores de la calidad ambiental, de acuerdo con el RE, AI y AP.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.1 DFAU = RIQUEZA DE ESPECIES DE FAUNA

La evaluación de la riqueza de especies de fauna (Dfau) muestra un predominio de valores altos en la RE, lo que refleja una amplia distribución de áreas con condiciones favorables para la presencia de fauna y constituye un atributo ambiental relevante de la región. Esta valoración considera las características de las coberturas de vegetación y su capacidad para proporcionar sitios de refugio, alimentación y anidación, así como la presencia de fauna registrada durante los muestreos.

En el AI y el AP también predominan los valores altos; sin embargo, se identifican superficies con riqueza baja y media. Los valores bajos se relacionan principalmente con asentamientos humanos y zonas agrícolas, donde la transformación y el uso del suelo reducen la disponibilidad de hábitat. Los valores medios corresponden principalmente a pastizales inducidos y vegetación secundaria, que mantienen condiciones intermedias para la presencia de fauna.

Por su parte, los valores altos se asocian principalmente con mezquital xerófilo y matorral sarcocaule, cuya cobertura vegetal proporciona mayor disponibilidad de refugio, alimento y sitios potenciales de reproducción. En este sentido, las áreas con valores altos deberán considerarse con mayor atención ante posibles efectos del proyecto, mientras que los sectores con valores bajos y medios representan una menor sensibilidad relativa respecto a este factor específico.

Tabla 2. Distribución de la Dfau por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	4,421.746	12.22
2	Media	4,672.884	12.92
3	Alta	27,086.527	74.86
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	160.318	8.12
2	Media	380.622	19.29
3	Alta	1,432.239	72.59
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	2.560	8.65
2	Media	7.087	23.95
3	Alta	19.946	67.40
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

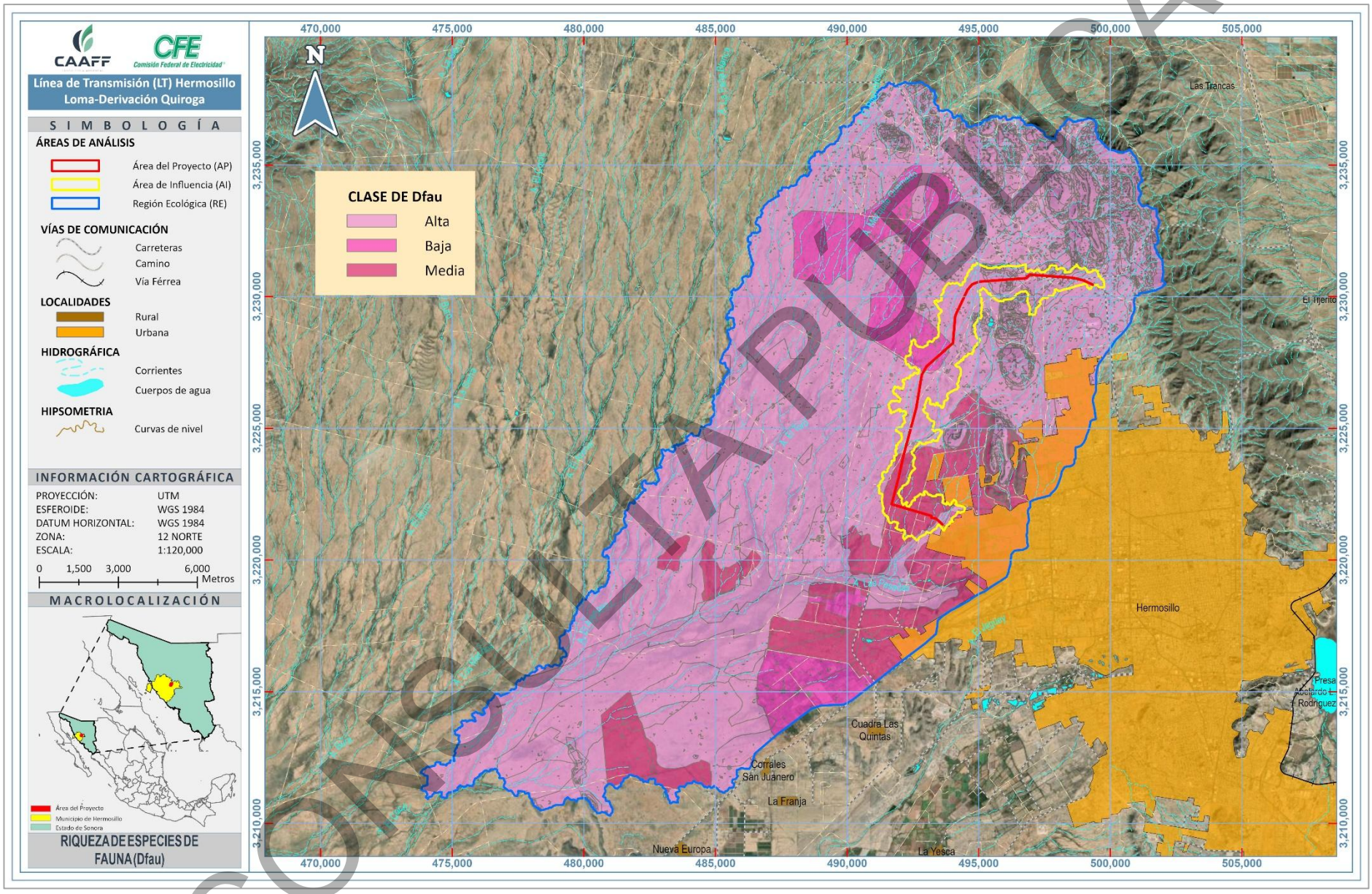


Figura 1. Riqueza de especies de fauna (Dfau) de la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2 DFLOR = RIQUEZA DE ESPECIES DE FLORA

La evaluación de la riqueza de especies de flora (Dflor) muestra un claro predominio de valores altos en la RE, donde esta categoría representa el 85.6% de la superficie. Esta condición se relaciona principalmente con la presencia de mezquital xerófilo, matorral sarcocaule y vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo, coberturas que mantienen una mayor diversidad vegetal y, en el caso de la vegetación secundaria, pueden presentar una importante riqueza de especies asociada al proceso de sucesión ecológica. La valoración también consideró los registros disponibles de flora, utilizados para identificar sectores con mayor riqueza.

En el AI, la categoría Alta representa el 91.9%, mientras que el 8.1% corresponde a valores bajos. La ausencia de superficies con valor medio se debe a que el pastizal inducido, considerado como cobertura de riqueza intermedia, no se encuentra representado dentro de esta área. Los valores bajos se concentran principalmente en asentamientos humanos y zonas agrícolas, donde la transformación del terreno y la menor cobertura vegetal natural reducen la riqueza florística relativa.

Para el AP, el 91.4% presenta valores altos y el 8.6% valores bajos, sin presencia de la categoría Media. Esto indica que la mayor parte del área del proyecto se encuentra sobre coberturas naturales o secundarias con mayor riqueza florística, mientras que una proporción menor corresponde a superficies transformadas con menor relevancia para este factor.

En términos generales, Dflor presenta una condición predominantemente alta en las áreas relacionadas con el proyecto, por lo que las superficies con vegetación natural y secundaria deberán considerarse con mayor atención en la evaluación ambiental, particularmente aquellas donde además se cuenta con registros de una mayor riqueza de especies.

Tabla 3. Distribución de la Dflor por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	4,421.746	12.2
2	Media	801.894	2.2
3	Alta	30,957.517	85.6
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	160.318	8.1
2	Media	0.000	0.0
3	Alta	1,812.862	91.9
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	2.560	8.6
2	Media	0.000	0.0
3	Alta	27.033	91.4
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

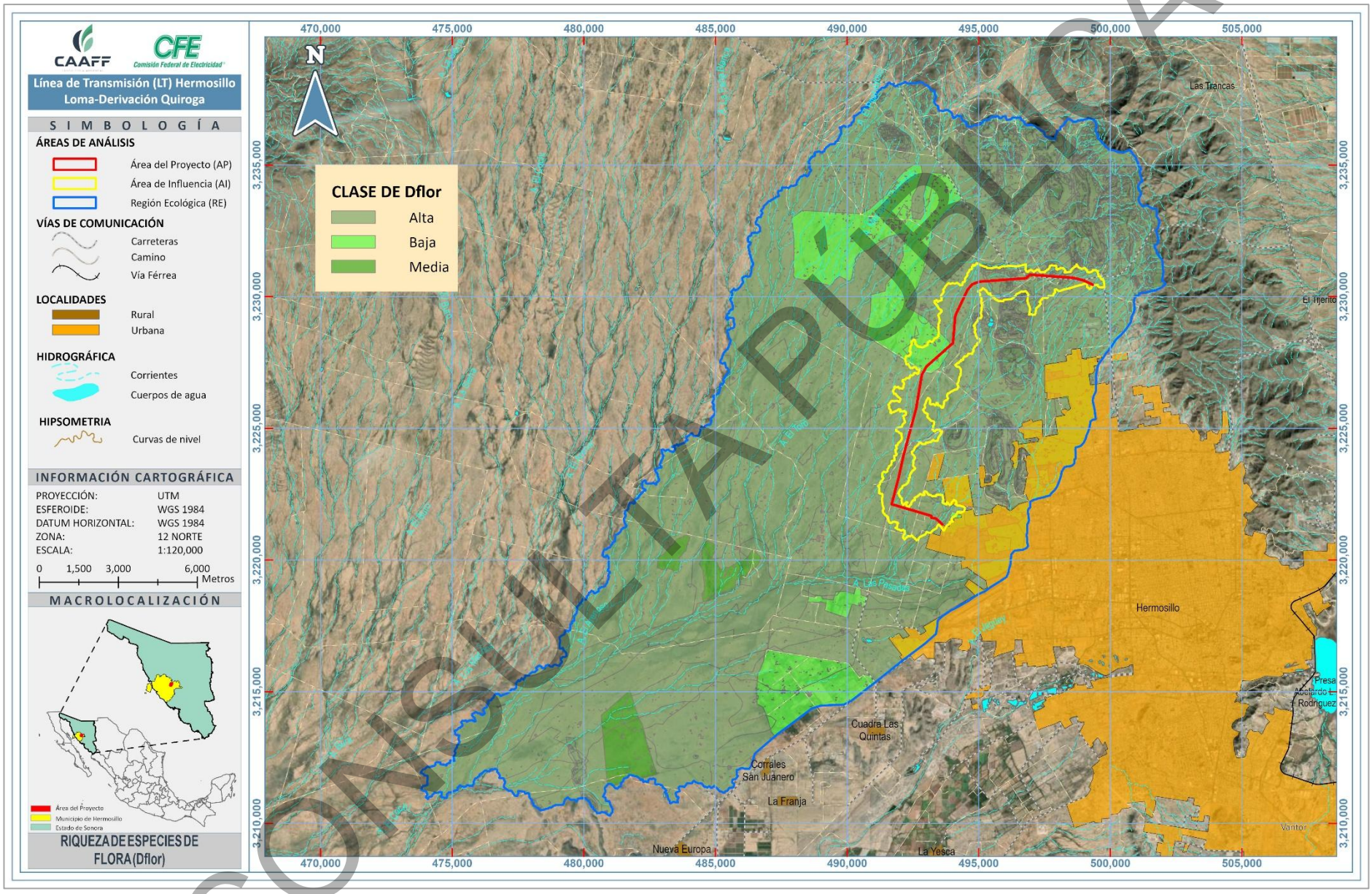


Figura 2. Riqueza de especies de flora (Dflor) de la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.3 SPRO = PRESENCIA DE ESPECIES CON ESTATUS DE PROTECCIÓN

Los resultados de Spro muestran que en la RE predomina la categoría Baja con 84.5%, mientras que las categorías Media y Alta representan 4.5% y 11.0%, respectivamente. En contraste, dentro del AI y el AP predominan los valores altos, con 91.9% y 91.4%, debido principalmente a la presencia de especies con estatus de protección asociadas a las coberturas naturales y secundarias presentes en estas áreas.

La categoría Alta refleja, por tanto, la importancia de las coberturas como hábitat para especies protegidas, pero no implica necesariamente una afectación directa por parte del proyecto. La presencia de estas especies se encuentra asociada al tipo de vegetación y a las condiciones del hábitat, por lo que su registro constituye un indicador de valor ambiental que deberá ser considerado durante la ejecución del proyecto.

En este sentido, la valoración de Spro permite identificar las áreas de mayor atención ambiental, sin que por sí misma determine la existencia de un impacto, ya que este dependerá de la ubicación de las obras, la superficie de vegetación que será intervenida y las medidas de prevención y manejo que se implementen.

Tabla 4. Distribución de la Spro por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	30,558.919	84.5
2	Media	1,634.206	4.5
3	Alta	3,988.032	11.0
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	160.318	8.1
2	Media	0.000	0.00
3	Alta	1,812.862	91.9
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	2.575	8.7
2	Media	0.000	0.00
3	Alta	27.048	91.4
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

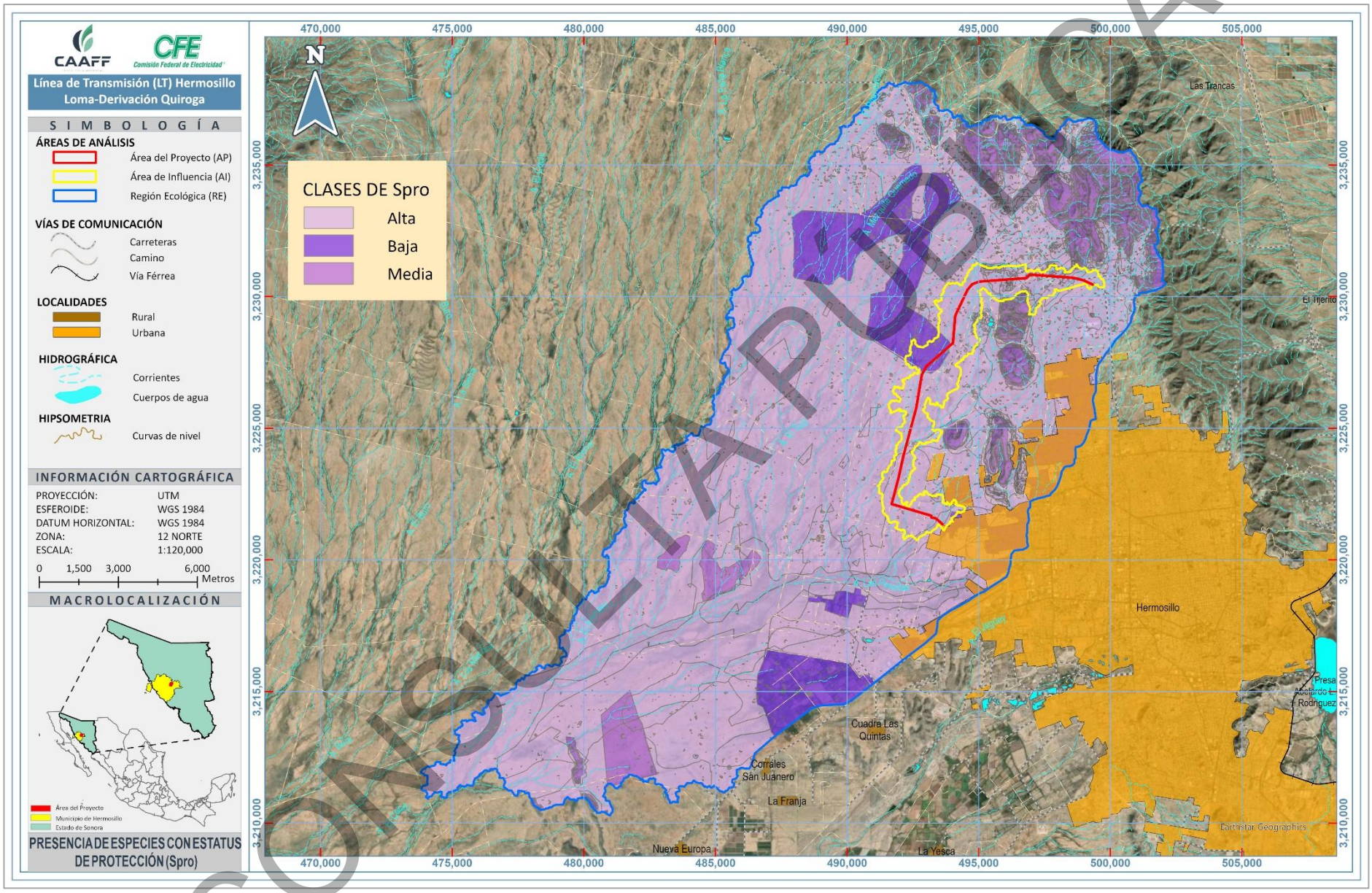


Figura 3. Presencia de especies con estatus de protección (Spro) de la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.4 FV = FRAGILIDAD DEL PAISAJE

Los resultados de Fragilidad Visual (FV) muestran un claro predominio de la categoría Baja en las tres áreas de análisis. En la RE, el 91.0% de la superficie presenta baja fragilidad, mientras que únicamente el 6.1% y 2.9% corresponden a fragilidad media y alta, respectivamente. Esto indica que la mayor parte del territorio presenta condiciones que le permiten resistir o integrar modificaciones visuales sin experimentar cambios significativos en su percepción paisajística.

Esta condición es aún más marcada en el AI, donde el 96.0% de la superficie presenta fragilidad baja, mientras que la fragilidad media y alta representan únicamente el 3.6% y 0.4%, respectivamente. Por su parte, en el AP, el 96.1% corresponde a fragilidad baja, el 3.7% a fragilidad media y apenas el 0.2% a fragilidad alta.

En términos generales, los resultados indican que las áreas directamente relacionadas con el proyecto presentan una baja fragilidad visual, por lo que la mayor parte de estas superficies cuenta con una capacidad relativamente favorable para integrar modificaciones sin generar alteraciones visuales importantes. Las áreas clasificadas con fragilidad media y alta representan sectores puntuales de mayor sensibilidad paisajística, por lo que deberán recibir mayor atención durante la evaluación de los posibles efectos visuales del proyecto.

Tabla 5. Distribución de la FV por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	32,906.956	91.0
2	Media	2,211.235	6.1
3	Alta	1,062.966	2.9
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	1,893.452	96.0
2	Media	71.579	3.6
3	Alta	8.149	0.4
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	28.439	96.1
2	Media	1.104	3.7
3	Alta	0.049	0.2
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

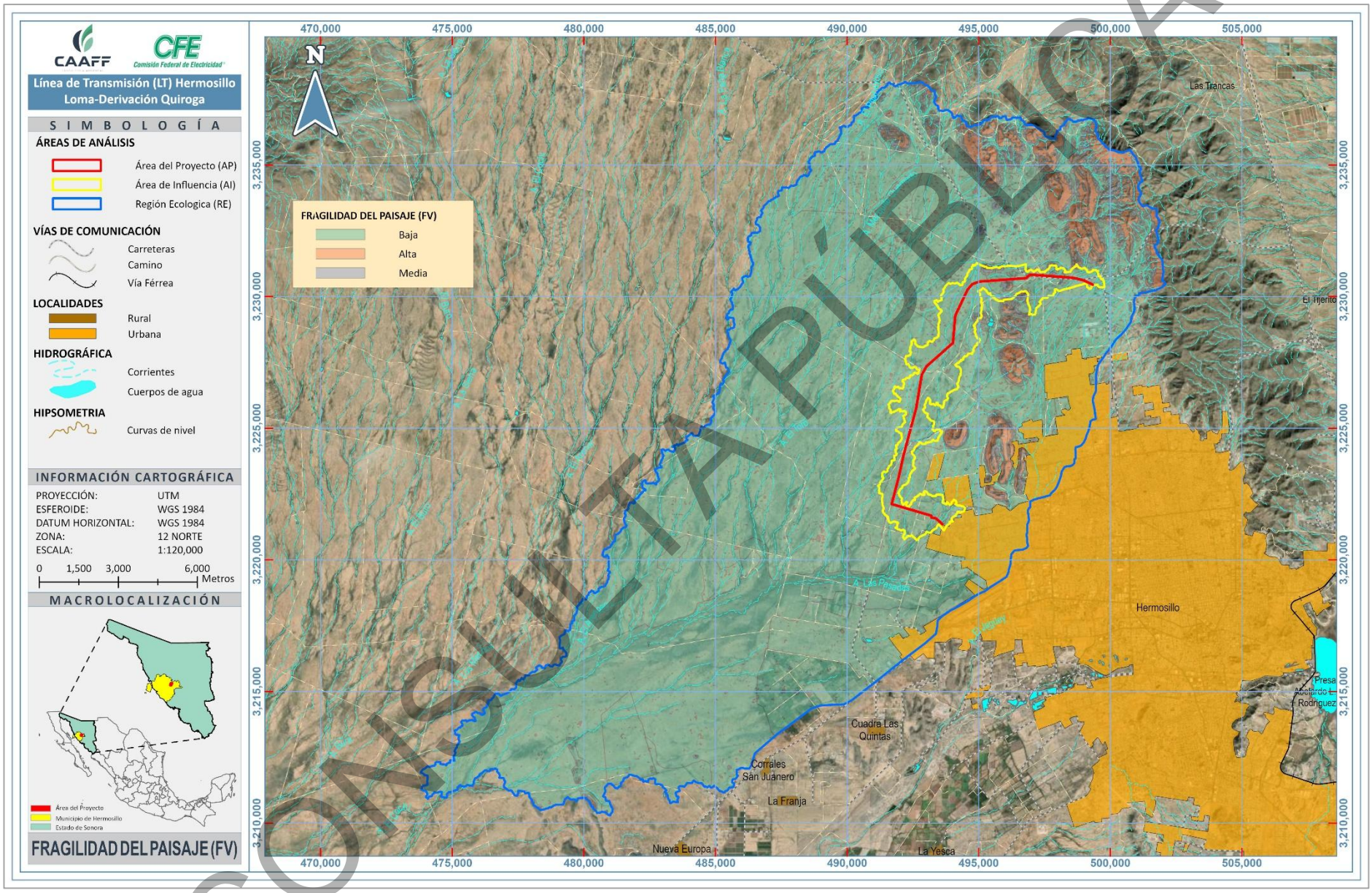


Figura 4. Calidad visual vulnerable (CVV) del paisaje en la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.5 IE = IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Para el factor IE se consideraron las variables de naturalidad, representatividad y vulnerabilidad a partir del uso de suelo y vegetación, mientras que la fragilidad se determinó con base en la pendiente del terreno. Cada componente fue clasificado en tres niveles y posteriormente sus valores fueron sumados y reclasificados para obtener las categorías de IE baja, media y alta.

Los resultados de IE muestran un claro predominio de la categoría Media en las tres áreas analizadas. En la RE, esta categoría comprende el 77.8% de la superficie, lo que indica que la mayor parte del territorio presenta una combinación intermedia de naturalidad, representatividad, fragilidad y vulnerabilidad.

En el AI y el AP, la categoría Media también es predominante, con 88.1% y 87.6%, respectivamente. Esto indica que la mayor parte de las áreas directamente relacionadas con el proyecto presenta una importancia ecológica intermedia. Las categorías Alta representan únicamente el 3.8% en ambas áreas, mientras que los valores bajos corresponden al 8.1% del AI y al 8.6% del AP.

En términos generales, la distribución de IE indica que las áreas directamente relacionadas con el proyecto se encuentran predominantemente dentro de una condición de importancia ecológica media, mientras que las superficies clasificadas como Alta son reducidas y corresponden a sectores donde existe una mayor coincidencia de atributos ecológicos, por lo que deberán recibir especial atención en la evaluación ambiental.

Tabla 6. Distribución de la IE por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	5,223.641	14.4
2	Media	28,165.440	77.8
3	Alta	2,792.076	7.7
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	160.318	8.1
2	Media	1,737.752	88.1
3	Alta	75.110	3.8
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	2.560	8.6
2	Media	25.912	87.6
3	Alta	1.122	3.8
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

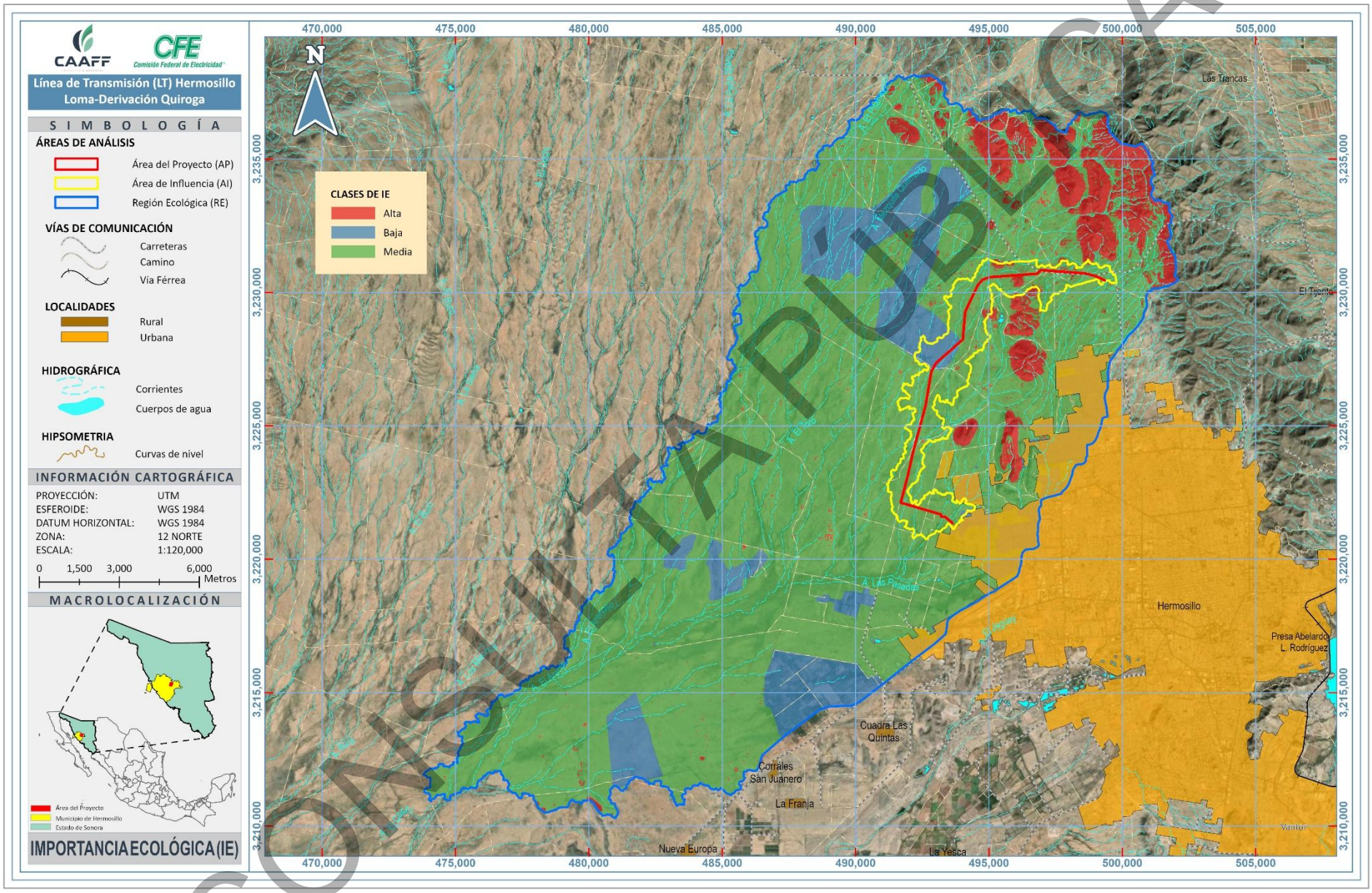


Figura 5. Importancia Ecológica (IE) de la RE, AIP y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.2.6 RERO = RIESGO O SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

Los resultados de Rero muestran un claro predominio de la categoría Alta en las tres áreas de análisis. En la RE, esta categoría representa el 94.2% de la superficie, mientras que el 5.8% corresponde a la categoría Media y no se identificaron superficies en la categoría Baja. Esto indica que, de acuerdo con la clasificación utilizada, la mayor parte de la región presenta una condición favorable respecto al riesgo de erosión.

En el AI, el 92.2% de la superficie se clasifica como Alta y el 7.8% como Media, mientras que en el AP el 91.35% corresponde a Alta y el 8.65% a Media. La ausencia de valores bajos en ambas áreas indica que no se identificaron sectores con la condición más desfavorable de susceptibilidad a la erosión.

En términos generales, la predominancia de la categoría Alta en las áreas directamente relacionadas con el proyecto refleja una baja susceptibilidad relativa a la erosión, asociada a las condiciones de cobertura vegetal, suelo y relieve consideradas en la evaluación. Las superficies clasificadas como Media representan sectores puntuales con una mayor susceptibilidad relativa y, por ello, requieren mayor atención durante la evaluación de los posibles efectos del proyecto.

Tabla 7. Distribución del Rero por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	0.000	0.00
2	Media	2,087.162	5.8
3	Alta	34,093.995	94.2
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	0.000	0.0
2	Media	153.187	7.8
3	Alta	1,819.993	92.2
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	0.000	0.00
2	Media	2.560	8.65
3	Alta	27.033	91.35
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

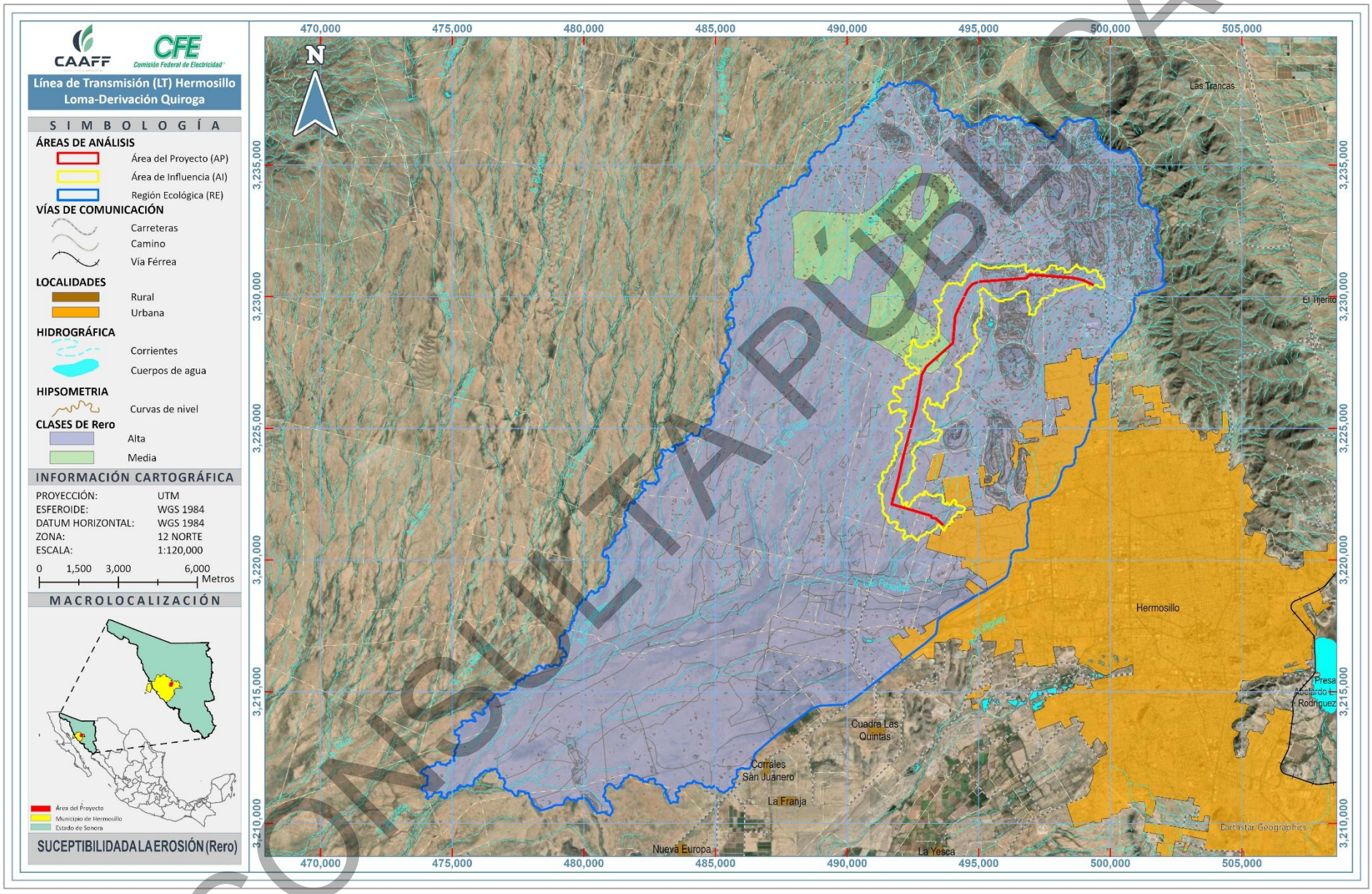


Figura 6. Riesgo o susceptibilidad a la erosión (Rero) de la RE, AIP y AP.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.7 PROSUE = PROTECCIÓN AL SUELO (COBERTURA DE LA VEGETACIÓN)

Los resultados de Protección al Suelo (Prosue) muestran una condición predominantemente favorable en las áreas analizadas, debido a que la mayor parte de la superficie presenta coberturas vegetales con capacidad Alta o Media para proteger el suelo. En la RE, el 74.9% presenta protección Alta y el 21.3% protección Media, mientras que únicamente el 3.8% corresponde a protección Baja.

En el AI, se mantiene esta tendencia, con 72.6% de la superficie con protección Alta y 27.1% con protección Media. Para el AP, el 67.4% presenta protección Alta y el 32.6% protección Media, sin superficies clasificadas con protección Baja.

Esta distribución resulta favorable para el proyecto, considerando que se trata de una línea de transmisión eléctrica, ya que la mayor parte del área relacionada con su establecimiento presenta una cobertura vegetal que contribuye a mantener protegido el suelo. Además, la ausencia de áreas con protección Baja dentro del AP indica que las obras se desarrollan, en términos generales, sobre superficies con una condición de protección del suelo media a alta. No obstante, las actividades que impliquen remoción temporal de vegetación o exposición del suelo deberán considerar medidas de manejo y restauración para conservar esta condición.

Tabla 8. Distribución de la Prosue por RE, AI y AP.

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	1,385.230	3.8
2	Media	7,709.399	21.3
3	Alta	27,086.528	74.9
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	7.132	0.4
2	Media	533.809	27.1
3	Alta	1,432.239	72.6
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	0.000	0.0
2	Media	9.647	32.6
3	Alta	19.946	67.4
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

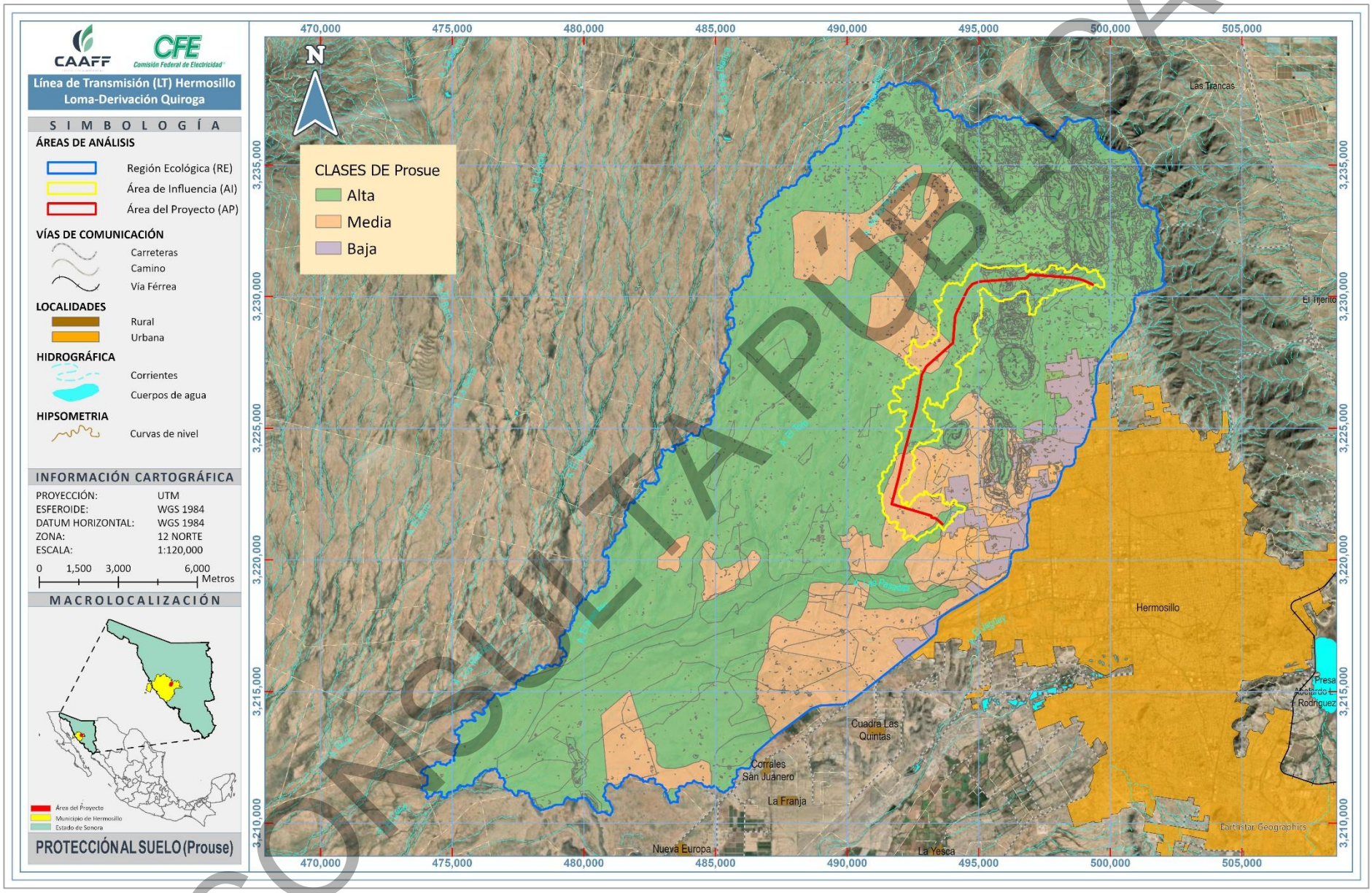


Figura 7. Protección al suelo (Prosue) de la RE, AIP y AP.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.8 HSUP = CARACTERÍSTICAS DEL PATRÓN DE DRENAJE EN CUANTO A SU DISECCIÓN HORIZONTAL

Para la evaluación de las características del patrón de drenaje superficial (Hsup) en la Región Ecológica (RE), se consideró la Disección Horizontal o Densidad de Drenaje (Dd), expresada en km/km². Este indicador permite valorar el grado en que el terreno se encuentra disectado por la red de drenaje y, de manera relativa, las condiciones de escurrimiento superficial del territorio.

Este cálculo se realizó utilizando ArcGIS Pro 3.0.2 y la herramienta de Line Density, tomando como base la red de drenaje de la RE. Para clasificar la densidad de drenaje, se aplicaron los criterios de Fuentes (2004), que se detallan a continuación en la tabla:

Tabla 9. Clasificación de la red de drenaje.

RANGO (km/km²)	VALOR NUMÉRICO	CLASES
<1.9	1	Alta
1.9 – 3.7	2	Media
>3.7	3	Baja

La densidad de drenaje fue reclasificada en tres categorías, asignando valores de acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación de la calidad ambiental. La clasificación se realizó de manera inversa, de modo que una menor densidad de drenaje recibe un valor mayor, al representar una menor disección del terreno.

Los resultados de Hsup muestran un predominio de la categoría Baja en las tres áreas analizadas, con valores que van de 58.9% a 92.5% de la superficie. La categoría Media representa entre 7.5% y 26.0%, mientras que la categoría Alta únicamente se presenta en la RE, con 15.1%, sin registrarse en el AI ni en el AP.

La predominancia de valores bajos, particularmente en el AI y AP, indica una baja disección horizontal del terreno y una menor densidad relativa de la red de drenaje en las áreas directamente relacionadas con el proyecto. Esta condición resulta favorable para el establecimiento de la línea de transmisión, al reducir la interacción potencial de las obras con una red de drenaje superficial más desarrollada. Las áreas con condición Media representan sectores puntuales que deberán considerarse durante la ejecución de las obras para mantener los patrones naturales de escurrimiento.

Tabla 10. Distribución de la Hsup por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	21,324.016	58.9
2	Media	9,397.851	26.0
3	Alta	5,459.290	15.1
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	1,799.588	91.2
2	Media	173.592	8.8
3	Alta	0.000	0.0
TOTAL		**1,973.180**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	27.387	92.5
2	Media	2.206	7.5
3	Alta	0.000	0.0
TOTAL		29.593	100

CONSULTA PÚBLICA

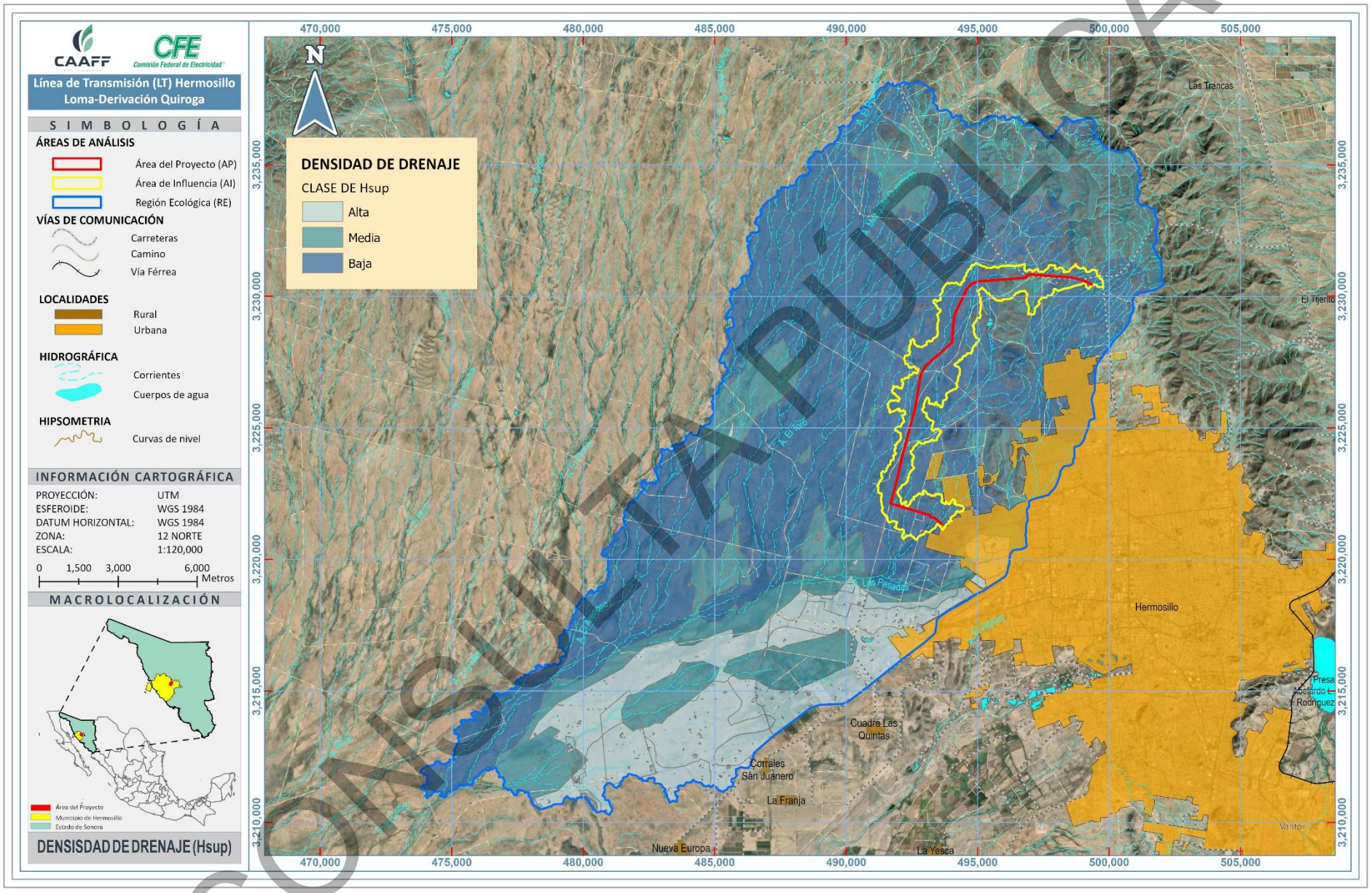


Figura 8. Densidad de Drenaje (Hsup) de la RE, AIP y AP.

CONSULTA PÚBLICA

I.2.9 HSUB = HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Los resultados de Hsub muestran un claro predominio de la categoría Media en las tres áreas analizadas, con valores que van de 90.1% a 95.0%. La categoría Baja representa entre 2.1% y 5.67%, mientras que la Alta comprende únicamente entre 0.39% y 7.77% de las superficies evaluadas.

Esta distribución indica que la capacidad potencial relativa del territorio para favorecer procesos asociados con la infiltración y el movimiento del agua hacia el subsuelo es predominantemente media, de acuerdo con las condiciones consideradas en el análisis. En el AI y AP, la presencia de condiciones Altas es mínima, lo que indica que las áreas directamente relacionadas con la línea de transmisión no se concentran en sectores con una alta capacidad potencial de infiltración.

En términos generales, los resultados representan una condición predominantemente media y relativamente homogénea, por lo que no se identifican extensas áreas de alta capacidad potencial de infiltración que pudieran representar una condición hidrológica particularmente sensible dentro del área del proyecto. Cabe señalar que esta clasificación expresa una capacidad potencial relativa del terreno y no implica disponibilidad de agua, recarga efectiva del acuífero ni infiltración permanente, ya que estos procesos dependen también de la cantidad y distribución de la precipitación y de otras propiedades hidrológicas del suelo.

Tabla 11. Distribución de la Hsub por RE, AI y AP

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	768.917	2.1
2	Media	32,599.758	90.1
3	Alta	2,812.482	7.8
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	76.533	3.9
2	Media	1,875.259	95.0
3	Alta	21.389	1.08
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	1.678	5.7
2	Media	27.800	93.9
3	Alta	0.116	0.4
TOTAL		**29.593**	**100**

CONSULTA PÚBLICA

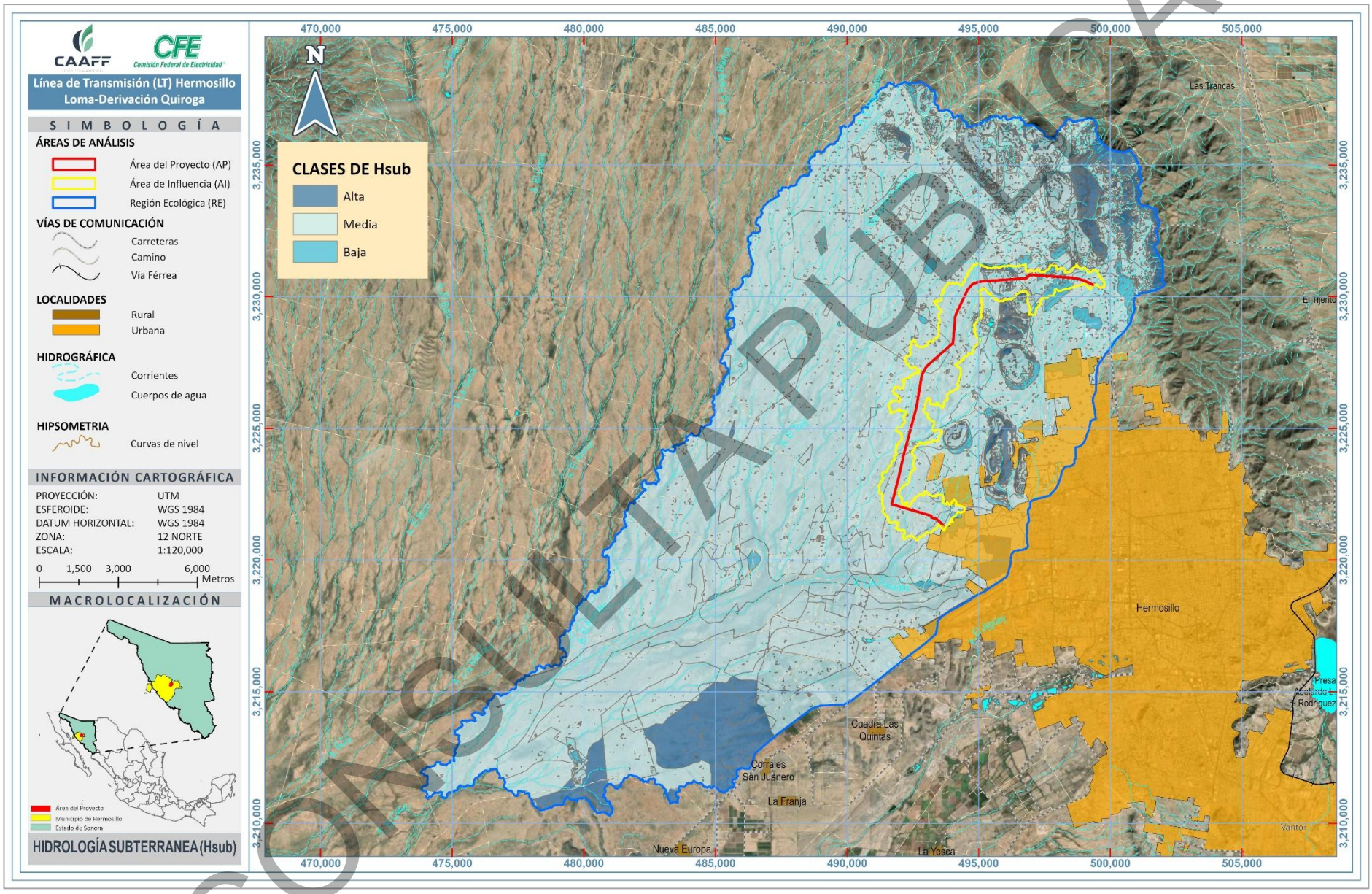


Figura 9. Hidrología subterránea (Hsub) de la RE, AIP y AP.

CONSULTA PÚBLICA

I.3 EVALUACIÓN MULTICRITERIO O CLASIFICACIONES JERÁRQUICAS DE SAATY

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), propuesto por Thomas Saaty, es una técnica de decisión multicriterio que facilita la toma de decisiones al integrar múltiples escenarios, actores y criterios (tangibles e intangibles) en una escala de razón que permite establecer prioridades. Este método permite evaluar la consistencia de los juicios del decisor en las comparaciones pareadas de las matrices recíprocas, incorporando así una estructura de preferencias en el modelo. Además, el AHP permite descomponer sistemas complejos en elementos constituyentes, organizarlos jerárquicamente y sintetizar los juicios según la importancia relativa de cada elemento en cada nivel de jerarquía, lo que facilita la comprensión del sistema y su análisis.

Como se mencionó anteriormente, la Calidad Ambiental es el resultado de un conjunto de factores ambientales (vector de componentes ambientales). Sin embargo, no todos estos factores contribuyen de igual manera o con el mismo peso a la calidad ambiental. Por esta razón, los factores se combinan aplicando un peso específico a cada uno, seguido de una sumatoria ponderada de los resultados, para generar un mapa que represente espacialmente la calidad ambiental, de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{S = \sum [Wi * Xi]}$$

Donde:

S = Calidad ambiental
Wi = Peso de factor i
Xi = Valor del criterio de factor i

Además, se debe considerar que, en una combinación lineal ponderada, la suma de las ponderaciones asignadas a cada elemento debe ser la unidad (1).

$$\boldsymbol{\sum [Wi = 1]}$$

I.3.1 PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS

En este estudio, la ponderación directa de los nueve factores podría resultar compleja, por lo que se empleó la técnica de comparación por pares mediante una matriz recíproca cuadrada. Dividir la información en comparaciones simples, considerando solo dos criterios a la vez, facilita significativamente el proceso de ponderación y contribuye a obtener un conjunto de resultados más sólido. Además, el método de comparación por pares ofrece la ventaja de proveer una estructura organizada para las discusiones en grupo, lo cual ayuda en la toma de decisiones al asignar un peso a cada criterio.

Las comparaciones se enfocan en la importancia relativa de cada par de criterios en relación con el objetivo planteado. Los puntajes se asignan en una escala continua de 9 puntos (ver tabla a continuación).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 12. Criterios de valoración en la comparación por pares de los factores.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1	Ambos elementos son de igual importancia	Ambos elementos contribuyen con la propiedad de igual forma.
3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen un elemento sobre otro.
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente dominante.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Valores recíprocos	Valores menores a la unidad.	Usados para indicar un elemento es menos favorecido sobre otro.
1.1 – 1.9	Si las actividades tienen un valor muy similar.	Usados por graduaciones más finas de los juicios.

Al realizar las comparaciones, un individuo o grupo evalúa cada par de criterios posibles e ingresa los puntajes en una matriz de comparación por pares. Una vez completada la matriz, se evalúa la importancia relativa de los criterios y se determina el grado de consistencia de los puntajes, utilizando la metodología propuesta por Saaty (Saaty 1980, en Saaty 2008).

I.3.2 CRITERIOS DE VALORACIÓN

Las tablas a continuación presentan la matriz de comparación por pares de los 9 factores considerados en la evaluación multicriterio para estimar la Calidad Ambiental, junto con sus ponderaciones.

Tabla 13. Matriz de comparación por pares.

	Dflor	Dfau	FV	Rero	Hsub	Hsup	IE	Prosue	Spro
Dflor	1	5	3	1/3	3	1	1/3	1	3
Dfau	1/5	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/5	1/9	1
FV	1	3	1	1	3	3	1/5	1/7	3
Rero	3	5	3	1	5	7	1	1	9
Hsub	1/3	3	1/3	1/5	1	3	1/5	1/5	3
Hsup	1	3	1/3	1/7	1/3	1	1/7	1/5	3
Ie	3	5	5	1	5	7	1	1/5	9
Prosue	1	9	7	1	5	5	5	1	5
Spro	1	1	1/3	1/9	1/3	1/3	1/9	1/5	1
SUMA	**11.533**	**35.000**	**20.332**	**4.987**	**22.999**	**27.666**	**8.187**	**4.054**	**37.000**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 14. Matriz Normalizada y Ponderaciones (Wi).

Dflor	Dfau	FV	Rero	Hsub	Hsup	Ie	Prosue	Spro	Sumatoria	Ponderación (Wi)
0.087	0.143	0.148	0.067	0.130	0.036	0.041	0.247	0.081	0.979	**0.109**
0.017	0.029	0.016	0.040	0.014	0.012	0.024	0.027	0.027	0.208	**0.023**
0.087	0.086	0.049	0.201	0.130	0.108	0.024	0.035	0.081	0.802	**0.089**
0.260	0.143	0.148	0.201	0.217	0.253	0.122	0.247	0.243	1.834	**0.204**
0.029	0.086	0.016	0.040	0.043	0.108	0.024	0.049	0.081	0.478	**0.053**
0.087	0.086	0.016	0.029	0.014	0.036	0.017	0.049	0.081	0.416	**0.046**
0.260	0.143	0.246	0.201	0.217	0.253	0.122	0.049	0.243	1.735	**0.193**
0.087	0.257	0.344	0.201	0.217	0.181	0.611	0.247	0.135	2.279	**0.253**
0.087	0.029	0.016	0.022	0.014	0.012	0.014	0.049	0.027	0.270	**0.030**
1.00	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**9.00**	**1.00**

En la tabla anterior se realiza la división de cada elemento de la matriz entre el total de su columna. En el siguiente paso se calculó el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

Interpretación de cada factor dentro del cálculo de la Calidad Ambiental (CA):

1. **Dflor (0.109):** La diversidad de especies vegetales es un indicador clave de la biodiversidad del ecosistema, ya que influye directamente en su capacidad para mantener procesos naturales y condiciones ambientales saludables.
2. **Dfau (0.023):** La diversidad de fauna refleja la riqueza biológica del área y su capacidad para sostener interacciones ecológicas, aunque su influencia en el cálculo general de la CA es menor.
3. **FV (0.089)**: Representa el valor estético de la zona, importante para el atractivo visual y la percepción de calidad en áreas expuestas a la actividad humana.
4. **Rero (0.204)**: Este factor cuantifica la susceptibilidad del suelo a la erosión, siendo crítico para la estabilidad del suelo y, por tanto, para la CA. Menores riesgos de erosión se traducen en mayor calidad ambiental.
5. **Hsub (0.053)**: Basado en la capacidad de infiltración, este factor indica la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua subterránea, esencial para la recarga de acuíferos y la disponibilidad hídrica. Zonas con alta capacidad de infiltración son favorables para la CA.
6. **Hsup (0.046)**: Enfocada en las características del patrón de drenaje, particularmente en la disección horizontal, que describe cómo el relieve y el drenaje afectan la capacidad de retención de agua en superficie. Áreas con un buen patrón de drenaje suelen evitar estancamientos y facilitan el flujo de agua superficial, lo que beneficia la calidad ambiental.
7. **IE (0.193)**: Representa el valor ecológico general de la zona en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos, indicando su rol clave en el sostenimiento del ecosistema local.
8. **Prosue (0.253)**: Con el mayor peso, refleja el valor de la cobertura vegetal y su capacidad para proteger el suelo de la erosión y otros procesos degradantes, esencial para la estabilidad de la calidad ambiental.
9. **Spro (0.030)**: Aunque su peso es menor, la presencia de especies protegidas aumenta la calidad ambiental al reflejar un alto valor de conservación en la zona.

CONSULTA PÚBLICA

Para calcular la CA, multiplica cada factor por su ponderación, suma los valores, y se obtendrá un índice que representa la calidad ambiental para cada área. Se empleo el siguiente Modelo de Evaluación Multicriterio:

Donde:

CA = Calidad Ambiental:

$$CA = Dflor\ (0.109) + Dfau\ (0.023) + FV\ (0.089) + Rero\ (0.204) + Hsub\ (0.053) + Hsup\ (0.046) + IE\ (0.193) + Prosue\ (0.253) + Spro\ (0.030)$$

La tabla a continuación muestra los resultados de la CA clasificados según su categoría en las diferentes áreas de análisis.

I.4 RESULTADOS DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LAS TRES ÁREAS DE ANÁLISIS

Tabla 15. Clases de la Calidad Ambiental (CA) en la RE, AI y AP.

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
Región Ecológica (RE)			
1	Baja	689.005	1.9
2	Media	25,107.935	69.4
3	Alta	10,384.217	28.7
TOTAL		**36,181.157**	**100**
Área de Influencia (AI)			
1	Baja	7.132	0.4
2	Media	1,749.929	88.7
3	Alta	216.119	11.0
TOTAL		**1,973.180**	**100**
Área Total del Proyecto (AP)			
1	Baja	0.000	0.0
2	Media	26.923	91.0
3	Alta	2.670	9.0
TOTAL		**29.593**	**100**

La valoración integral consideró nueve factores ambientales, siendo Prosue (0.253), Rero (0.204) e IE (0.193) los de mayor ponderación, que en conjunto representan el 65.0% del índice. Estos factores reflejan principalmente las condiciones de protección del suelo, susceptibilidad a la erosión e importancia ecológica del territorio. Los factores restantes complementan la evaluación incorporando aspectos relacionados con biodiversidad, fragilidad del paisaje, hidrología superficial y subterránea y presencia de especies con estatus de protección.

CONSULTA PÚBLICA

Los resultados de la Calidad Ambiental (CA) muestran una condición predominantemente Media a Alta en las tres áreas de análisis. En la RE, la categoría Media representa el 69.40% de la superficie y la Alta el 28.70%, mientras que únicamente el 1.90% corresponde a calidad Baja. Esta distribución indica que, en términos generales, la región mantiene condiciones ambientales de moderadas a favorables, con una proporción importante de áreas que conservan atributos ecológicos relevantes.

En el AI, la condición ambiental es aún más favorable, ya que el 88.7% de la superficie presenta calidad Media y el 11.0% calidad Alta, mientras que solo el 0.4% corresponde a calidad Baja. En el AP, la totalidad de la superficie se encuentra clasificada entre las categorías Media y Alta, con 91.0% de calidad Media y 9.0% de calidad Alta, sin presencia de áreas clasificadas como de calidad Baja.

La predominancia de las categorías Media y Alta dentro del AI y AP se relaciona con la conservación de coberturas vegetales que proporcionan protección al suelo, la baja susceptibilidad relativa a la erosión, la baja fragilidad visual y las condiciones ecológicas y de drenaje identificadas en los factores evaluados. En particular, los resultados de Prosue y Rero, que presentan las mayores ponderaciones dentro del índice, contribuyen de manera importante a esta condición favorable. A su vez, la importancia ecológica (IE) aporta un componente relevante al considerar las características naturales y la sensibilidad del territorio.

Los factores Dflor y Dfau también contribuyen a la valoración integral, principalmente por la presencia de vegetación natural que proporciona hábitat y favorece la diversidad de especies. No obstante, su ponderación dentro del índice es menor, por lo que su influencia se integra con las demás características ambientales del territorio. De manera similar, las condiciones de Hsub y Hsup reflejan principalmente condiciones medias y favorables en las áreas directamente relacionadas con el proyecto, sin una concentración importante de sectores con condiciones hidrológicas potencialmente más sensibles.

En conjunto, los resultados indican que el área donde se desarrollará la línea de transmisión presenta predominantemente una calidad ambiental Media, sin superficies clasificadas como de calidad Baja, mientras que una proporción reducida corresponde a calidad Alta. Esto sugiere que la infraestructura propuesta se inserta principalmente en un entorno con condiciones ambientales intermedias y con capacidad para mantener parte de sus funciones ecológicas, aunque las áreas de mayor calidad deberán ser consideradas durante la ejecución del proyecto mediante medidas de prevención, manejo y restauración.

En términos generales, la distribución espacial de la CA muestra que las áreas de mayor calidad ambiental se encuentran principalmente fuera del AP, mientras que el área directamente asociada con la infraestructura presenta una condición predominantemente Media. Por ello, la adecuada delimitación de las áreas de trabajo y la aplicación de medidas de manejo de vegetación y suelo serán elementos importantes para evitar que las actividades del proyecto generen un deterioro innecesario de las condiciones ambientales existentes.

CONSULTA PÚBLICA

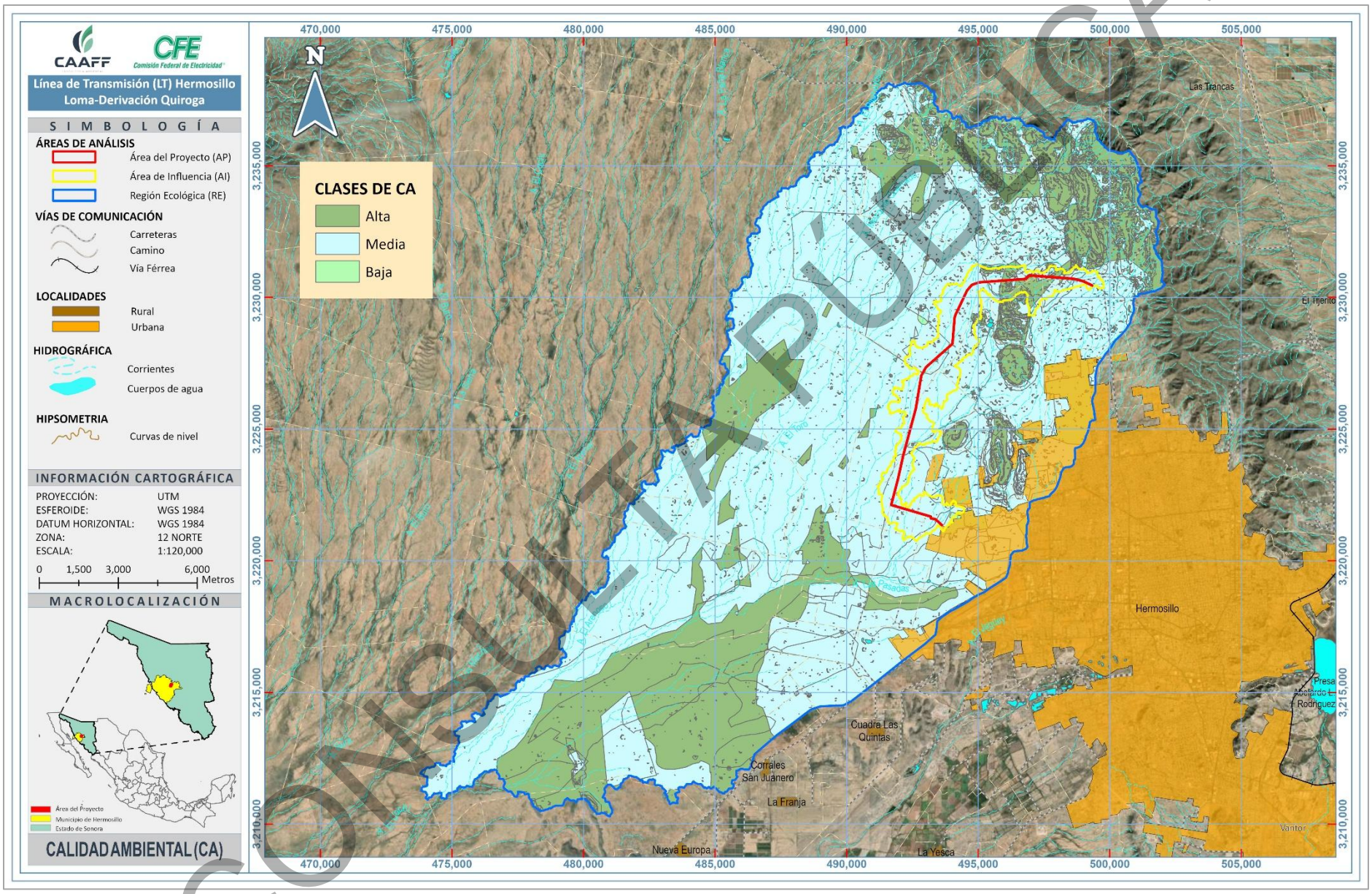


Figura 10. Mapa de Calidad Ambiental (CA) en la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 12

ANÁLISIS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I ANÁLISIS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO 1
I.1 DEMOGRAFÍA 1
I.1.1 LOCALIDADES 1
I.1.2 POBLACIÓN 3
I.1.2.1 POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD 3
I.1.2.2 POBLACIÓN INDÍGENA Y AFROMEXICANA O AFRODESCENDIENTE 4
I.1.2.3 ANALFABETISMO Y ESCOLARIDAD 4
I.1.2.4 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS 4
I.1.2.5 AFILIACIÓN A SERVICIOS DE SALUD 5
I.1.2.6 VIVIENDAS Y HOGARES 6
I.2 MARGINACIÓN (IM) 6
I.3 ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH) 6
I.4 FACTORES SOCIOCULTURALES 6

CONSULTA PÚBLICA

I ANÁLISIS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

Se define el medio socioeconómico como el conjunto de elementos que conforman las condiciones sociales, económicas, históricas y culturales de las comunidades o población asentadas en un área determinada. En este apartado se presenta una descripción general del municipio en el que se localiza la Región Ecológica (RE) que cuenta con una superficie propuesta de 36,181.157 ha, y tiene pretendida la ubicación en el municipio de Hermosillo, Sonora; ocupando el 100% de la superficie total del RE.

El municipio se localiza en la zona oeste de Sonora, limita al norte con el municipio de Pitiquito y Carbó, al este con el municipio de San Miguel Horcasitas y Ures, al oeste con la Isla Tiburón y el Golfo de Baja California, y al sur con el municipio de Guaymas, está ubicado entre las coordenadas geográficas 28° 13' y 29° 43' de latitud norte; y los meridianos 110° 22' y 112° 37' de longitud oeste, tiene una extensión territorial de 15,724.3 km² que representan el 8.8% del total del territorio de Sonora.

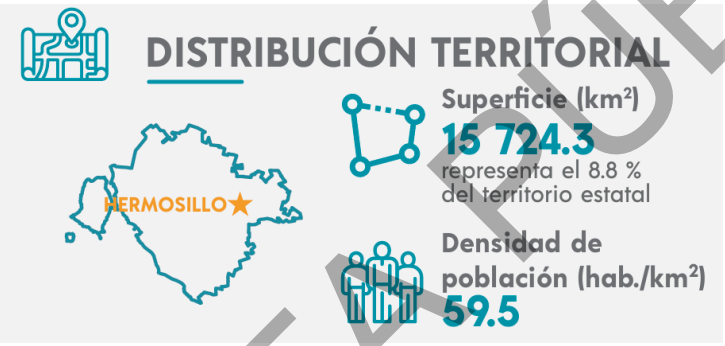


Figura 1. Distribución territorial del municipio de Hermosillo, Sonora
Fuente: Panorama sociodemográfico de Sonora: Censo de Población y Vivienda 2020.

I.1 DEMOGRAFÍA

La demografía es el estudio estadístico de las poblaciones humanas, la cual examina el tamaño, la estructura, el movimiento de la población sobre el tiempo y espacio. Esta ciencia usa métodos de la historia, economía, antropología, sociología entre otras. Para los siguientes apartados se toma en cuenta principalmente los datos del Censo de Población y Vivienda del 2020 del INEGI, basándose en las dos localidades dentro del Región Ecológica.

I.1.1 LOCALIDADES

Dentro de la RE se identificaron un total de 27 localidades, de las cuales 26 son rurales y una urbana (el municipio de Hermosillo).

La identificación y ubicación de estas localidades se realizó con base al Conjunto de datos vectoriales de información topográfica de las cartas por ejemplo H12C39 a escala 1:50 000 serie II, lo que permitió precisar la presencia humana dentro del área de análisis. A continuación, se presenta un mapa en el que se observa la distribución espacial de dichas localidades dentro del RE.

CONSULTA PÚBLICA

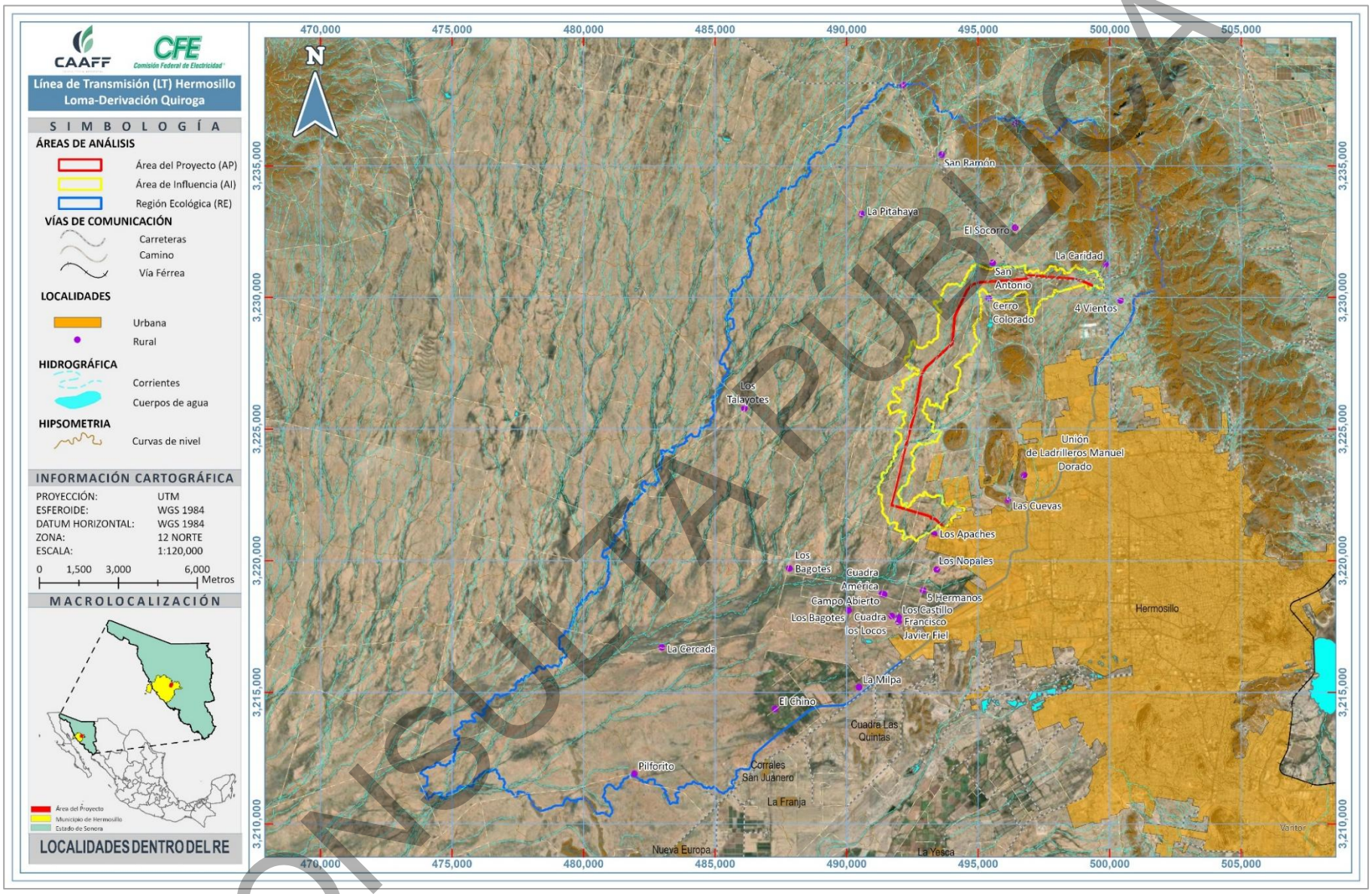


Figura 2. Localidades dentro de la RE

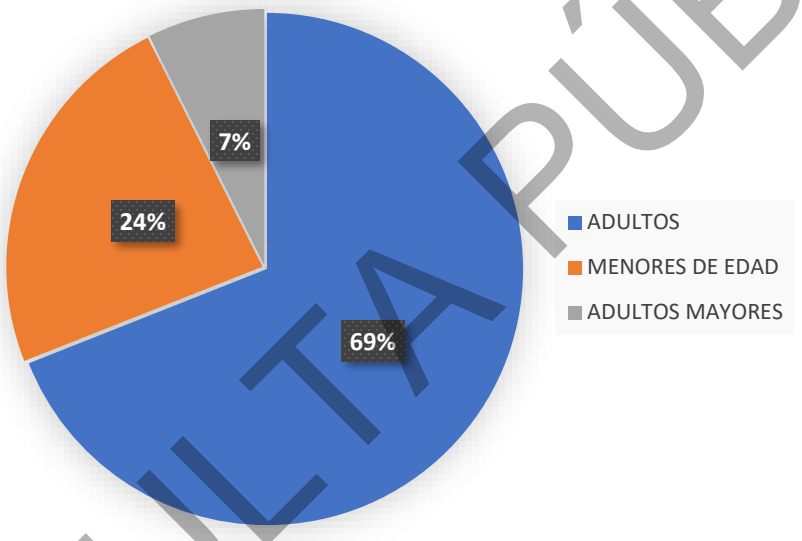
CONSULTA PÚBLICA

I.1.2 POBLACIÓN

El área RE alberga una población de 936,404 habitantes, de los cuales el 49.95% son mujeres y el 50.063% son hombres, lo que refleja una ligera predominancia del sexo masculino. En cuanto a la distribución por edad, el 24% corresponde a menores de edad, mientras que el 69% son personas adultas. De estos adultos, el 7% pertenece al grupo de adultos mayores, proporción que se encuentra en concordancia con el promedio nacional reportado por el INEGI en 2020.

Las localidades con mayor número de habitantes fueron:

1. Hermosillo con 936,263 habitantes (99.98%)
2. Cuatro vientos con 24 habitantes (0.0025%)
3. Unión de Ladrilleros Manuel Dorado con 13 habitantes (0.0013%)



Gráfica. 1. Distribución etaria en el RE

I.1.2.1 Población con Discapacidad

Según la definición del INEGI, se considera como población con discapacidad a las personas que enfrentan mucha dificultad o que no pueden realizar al menos una de las siguientes actividades: ver (incluso usando lentes), oír (incluso con aparatos auditivos), caminar, subir o bajar escaleras, recordar o concentrarse, bañarse, vestirse o comer, así como hablar o comunicarse.

En el área del RE, el 4.8% de la población presenta alguna discapacidad, lo que representa un total de 45,836 habitantes; La mayoría se encuentra en la localidad de Hermosillo. Esta proporción es significativa, ya que refleja las condiciones de accesibilidad y necesidades particulares de esta comunidad.

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.2 Población Indígena y Afromexicana o Afrodescendiente

En el RE se identificaron 20,506 personas indígenas, afromexicanas o afrodescendientes, lo que representa aproximadamente el 2.2% de la población total, respectivamente. La mayor cantidad se presenta en Hermosillo.

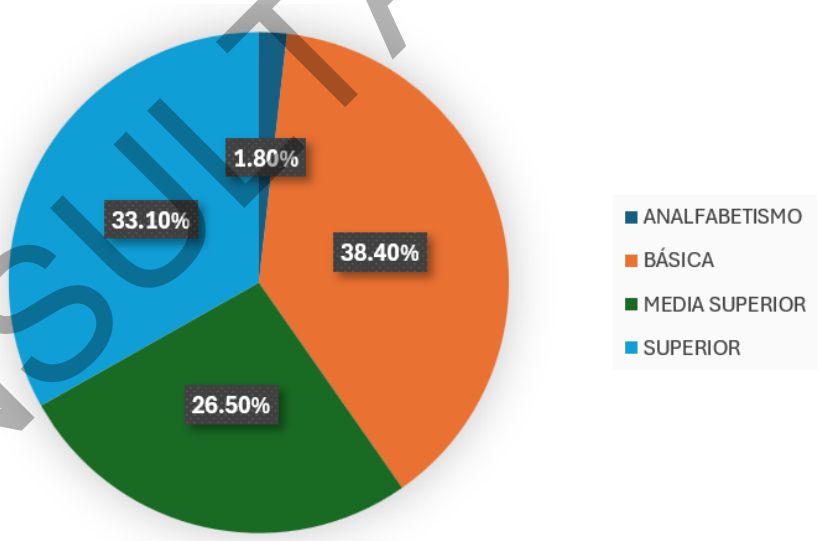
Aunque estas cifras representan un porcentaje reducido, reflejan la diversidad étnica presente en el territorio, lo cual es importante considerar en el análisis del medio socioeconómico.

I.1.2.3 Analfabetismo y Escolaridad

El analfabetismo, entendido como la incapacidad de leer y escribir, sigue siendo un desafío importante en diversas regiones. En el municipio de Hermosillo, es uno la mayor cantidad de rezago educativo de acuerdo con INEGI. En el área de la RE, se contabilizan 168 personas en situación de analfabetismo, lo que representa el 1.8% de la población total. Este mismo porcentaje corresponde a quienes no cuentan con ningún grado de escolaridad formal.

En cuanto al nivel educativo alcanzado, el 38.4% de la población cuenta con educación básica (primaria y secundaria), mientras que un 26.5% ha tienen educación media superior y el 33.1% nivel superior.

Estas cifras reflejan una cobertura educativa aceptable en términos generales, aunque la presencia de población sin escolaridad y en condición de analfabetismo indica áreas de atención prioritaria en materia de inclusión educativa.



Gráfica. 2. Población según nivel escolaridad y analfabetismo

I.1.2.4 Población Económicamente Activa (PEA) y Actividades Económicas

En el RE, el 63.1% de la población se encuentra dentro de la Población Económicamente Activa (PEA). De esta proporción, el 57.9% son hombres y el 42.1% mujeres, lo cual no refleja una marcada diferencia de participación entre géneros, evidenciando una posible igualdad al acceso al empleo para las mujeres. Por otro lado, el 36.18% de la población se clasifica como no económicamente activa; este grupo está compuesto por personas jubiladas

CONSULTA PÚBLICA

o pensionadas, estudiantes, personas dedicadas al trabajo doméstico, individuos con alguna discapacidad permanente, y quienes no realizan ninguna actividad laboral.

El resto de la población corresponde a menores de edad o personas no especificadas en los grupos anteriores. Esta distribución permite identificar tanto la estructura demográfica como los posibles desafíos en términos de empleo, igualdad de oportunidades y políticas públicas orientadas al desarrollo productivo local.

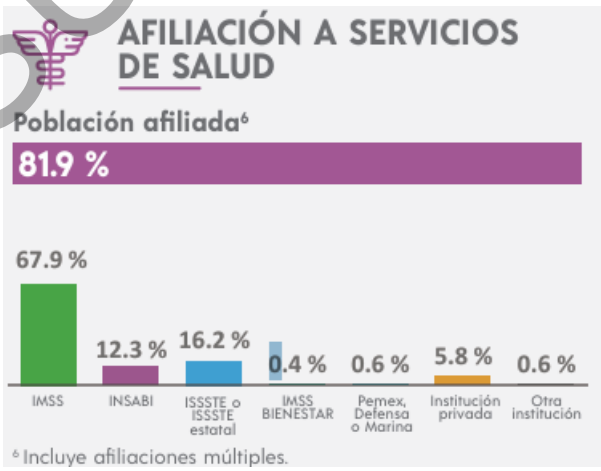
En cuanto a las principales actividades económicas en el municipio de Hermosillo, de acuerdo con la Secretaría de Economía destacan en el comercio exterior, especialmente en la exportación de oro en bruto o en formas semimanufacturadas o en polvo, alambres y cables eléctricos y verduras, frescas o refrigeradas. Sus principales destinos son Estados Unidos, Suiza y Japón. Así mismo, existen alrededor de 10,793 comercios al por menor registrados, 109 negocios de agricultura y ganadería, 589 de construcción y alrededor de 4,263 de industrias manufactureras.

En resumen, la región que abarca una gran diversificación económica que combina la producción, crianza agrícola y ganadera, desarrollo industrial y comercial, contribuyendo significativamente al crecimiento económico del estado de Sonora.

I.1.2.5 Afiliación a servicios de salud

Este apartado presenta la distribución de la población del RE en relación con su acceso a servicios de salud, entendidos como el conjunto de instituciones, recursos y actividades orientadas a la promoción, prevención, atención y recuperación de la salud. En el municipio de Hermosillo, el 81.9% de la población cuenta con afiliación a algún servicio de salud, mientras que el 18.1% no está afiliada a ninguna institución.

En la siguiente gráfica se ilustran los diferentes esquemas de afiliación, donde destaca que la mayoría de la población se encuentra adscrita al Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), seguido por otras instituciones como el IMSS, ISSSTE y servicios privados.



Gráfica. 3. Afiliación a los servicios de salud

CONSULTA PÚBLICA

I.1.2.6 Viviendas y hogares

Existe un total de 278,550 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3.3 personas por vivienda. La mayoría de estas viviendas cuentan con piso de material diferente a la tierra, lo que refleja una mejora en las condiciones de habitabilidad. Además, las viviendas disponen de servicios básicos como energía eléctrica, agua entubada y drenaje, lo que indica un acceso relativamente adecuado a infraestructuras esenciales para la vida cotidiana.

I.2 MARGINACIÓN (IM)

El índice de marginación es una medida resumida que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas. La CONAPO reporta como base de la información censal generada por el INEGI, que el municipio de Hermosillo presenta un grado de marginación "Muy Bajo" con el valor de 60.4.

I.3 ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)

El índice de desarrollo humano (IDH) es un indicador que se utiliza para clasificar a los países en tres niveles de desarrollo humano. El índice está compuesto por la esperanza de vida, la educación (tasa de alfabetización, tasa bruta de matriculación en diferentes niveles y asistencia neta) e indicadores de ingreso per cápita. El municipio de Hermosillo presentó un IDH "Muy Alto" (0.817).

I.4 FACTORES SOCIOCULTURALES

Sonora posee una gran diversidad étnica, habitan siete etnias originarias y una con asentamiento de poco más de un siglo, además de casi una docena de pueblos oriundos de otras regiones de México con aproximadamente tres décadas de residencia. Los ocho pueblos originarios indígenas son: yoreme (mayo), yoeme (yaqui), o'ob (pima), macurawe (guarijío), comcáac (seri), tohono o'odham (pápago), kuapak (cucapá) y kikapu, de los cuales varios tienen carácter binacional por su condición fronteriza bi-nacional; además de los grupos de origen migrante: mixes, mixtecos, nahuas, triquis y zapotecos, que ya han formado familias en Sonora; que en conjunto representan el patrimonio cultural inmaterial en el estado.

Tabla 1. Sociocultura del municipio de Hermosillo

ATRACTIVOS CULTURALES Y TURÍSTICOS	FIESTAS, DANZAS Y TRADICIONES	CENTROS TURÍSTICOS
Museo de Culturas Populares e Indígenas de Sonora Catedral Cerro de la Campana	Feria del Cobre y Día de Muertos La Danza del Venado Carnaval de Hermosillo La celebración de los Fariseos Gastronomía	Plaza Zaragoza Catedral Metropolitana de Hermosillo Museo de Arte de Sonora

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 7

ANÁLISIS DEL COMPONENTE ABIÓTICO Y BIÓTICO

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

CONTENIDO

I ANÁLISIS DEL COMPONENTE ABIÓTICO 1
I.1 CLIMA 1
I.1.1 TIPOS DE CLIMA 1
I.1.1.1 VARIABLES CLIMATOLÓGICAS 3
I.1.1.1.1 TEMPERATURA MEDIA 3
I.1.1.1.2 PRECIPITACIÓN 4
I.1.1.2 PERIODO DE SEQUÍA 6
I.2 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS 9
I.2.1 TORMENTAS DE NIEVE 9
I.2.2 TORMENTAS DE GRANIZO 11
I.2.3 CICLONES TROPICALES 13
I.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 15
I.3.1 GEOLOGÍA (TIPOS DE ROCAS) 15
I.3.2 FALLAS Y FRACTURAS 16
I.3.3 SISMICIDAD 18
I.3.4 HUNDIMIENTOS Y DESLIZAMIENTOS 20
I.3.5 INUNDACIONES 20
I.4 FISIOGRAFÍA 22
I.4.1 PROVINCIA FISIOGRÁFICA 22
I.4.2 SUBPROVINCIA FISIOGRÁFICA 23
I.4.3 SISTEMA DE TOPOFORMAS 26
I.5 TOPOGRAFÍA 28
I.5.1 ELEVACIONES 28
I.5.2 PENDIENTES 30
I.5.3 EXPOSICIONES 32
I.6 TIPOS DE SUELO 34
I.6.1 UNIDADES DE SUELO 34
I.6.1.1 GRUPOS DE SUELO 35
I.6.1.2 CLASES TEXTURALES DEL SUELO 36
I.6.2 DEGRADACIÓN DEL SUELO 39
I.6.3 CÁLCULO DE LA EROSIÓN DEL SUELO 42
I.6.3.1 EROSIÓN HÍDRICA 42
I.6.3.1.1 FACTOR R = EROSIVIDAD DE LA LLUVIA 43
I.6.3.1.2 FACTOR K = EROSIONABILIDAD DEL SUELO (TON/HA) 47
I.6.3.1.3 FACTOR L= FACTOR DE LONGITUD DE LA PENDIENTE (ADIMENSIONAL) 51
I.6.3.1.4 FACTOR S= FACTOR DE GRADO DE PENDIENTE (ADIMENSIONAL) 51
I.6.3.1.5 FACTOR C= FACTOR DE CUBIERTA VEGETAL (ADIMENSIONAL) 55
I.6.3.1.6 CÁLCULO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 59
I.6.3.1.7 CÁLCULO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL ÁREA FORESTAL DEL PROYECTO (AFP) 62
I.6.3.2 EROSIÓN EÓLICA 65
I.6.3.2.1 PREDICCIÓN DE LE EROSIÓN EÓLICA 65
I.6.3.2.2 CÁLCULO DE LA EROSIÓN EÓLICA EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 74
I.6.3.2.3 CÁLCULO DE EROSIÓN EÓLICA EN EL AFP 75
I.7 HIDROLOGÍA 80
I.7.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL 80
I.7.1.1 TIPOS Y ORDEN DE CORRIENTE 85

CONSULTA PÚBLICA

I.7.1.2 DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUPERFICIAL 86
I.7.2 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA 88
I.7.2.1 DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA (DMA) 88
I.7.3 CALIDAD DEL AGUA 91
I.7.3.1 CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL 92
I.7.3.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA 94
I.7.4 BALANCE HÍDRICO 97
I.7.4.1 PRECIPITACIÓN 97
I.7.4.1.1 ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA RE Y EN EL AFP 97
I.7.4.2 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL 98
I.7.4.2.1 ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN LA RE 100
I.7.4.2.1 ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO EN EL AFP 100
I.7.4.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (ETR) 102
I.7.4.3.1 ESTIMACIÓN DE LA ETR EN LA RE 105
I.7.4.3.2 ESTIMACIÓN DE LA ETR FINAL EN EL AFP 107
I.7.4.4 INFILTRACIÓN 108
I.7.4.4.1 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN DE LA RE 109
I.7.4.4.1.1 INFILTRACIÓN EN EL AFP 109
I.8 PAISAJE 111
I.8.1 CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (CV) EN LA RE 111
I.8.2 FRAGILIDAD DEL PAISAJE (FV) EN LA RE 115
I.8.3 GRADO DE VISIBILIDAD (V) EN LA RE 119
I.8.4 CONCLUSIÓN DEL APARTADO PAISAJE 121

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLIMAS PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 1
TABLA 1. CLIMAS PRESENTES EN EL AFP 1
TABLA 2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS 3
TABLA 3. TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS 3
TABLA 4. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DE LA ESTACIÓN 24092. 4
TABLA 5. TIPOS DE ROCA EXISTENTE EN LA RE 15
TABLA 6. GEOLOGÍA EXISTENTE EN EL AFP 15
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE PELIGRO SÍSMICO (CFE, 2015) 18
TABLA 8. TOPOFORMAS PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 26
TABLA 9. ELEVACIONES PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 28
TABLA 10. ELEVACIONES PRESENTES EN EL AFP 28
TABLA 11. PENDIENTES PRESENTES EN LA RE 30
TABLA 12. PENDIENTES PRESENTES EN EL AFP 30
TABLA 13. EXPOSICIONES PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 32
TABLA 14. EXPOSICIONES PRESENTES EN EL AFP 32
TABLA 15. UNIDADES DE SUELO PRESENTE EN LA RE 34
CLAVE DE LAS UNIDADES DE SUELO; CL (CALCISOL), CM (CAMBISOL), LP (LEPTOSOL), LV (LUVISOL), RG (REGOSOL), VR (VERTISOL) Y PL (PLANOSOL) 34
TABLA 16. UNIDADES DE SUELO PRESENTE EN EL AFP 35
TABLA 17. TIPOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 39
TABLA 18. TIPOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN EL AFP 40
TABLA 19. CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA IMPLEMENTAR LA EUPS 43

CONSULTA PÚBLICA

TABLA 20. ECUACIONES DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA PARA LAS DIFERENTES REGIONES DE MÉXICO 45
TABLA 21. CLASIFICACIÓN DE LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA 45
TABLA 22. VALORES DEL FACTOR DE EROSIVIDAD (K) EN FUNCIÓN DE LA UNIDAD DE SUELO Y SU TEXTURA SUPERFICIAL 48
TABLA 23. VALORARES DE FACTOR DE EROSIVIDAD (K) EN LA RE 49
TABLA 24. VALORARES DE FACTOR DE EROSIVIDAD (K) EN EL AFP 49
TABLA 25. VALORES DEL FACTOR LS POR USO DEL SUELO Y/O VEGETACIÓN PRESENTES EN LA RE 52
TABLA 26. VALORES DEL FACTOR LS POR USO DEL SUELO Y/O VEGETACIÓN PRESENTES EN EL AFP 52
TABLA 27. VALORES DE C PARA LA EUPS 55
TABLA 28. VALOR DEL FACTOR DE CUBIERTA VEGETAL (C) EN LA RE 55
TABLA 29. ASIGNACIÓN DE FACTOR C POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTES EN EL AFP (ESCENARIO 1) 56
TABLA 30. ASIGNACIÓN DE FACTOR C POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTES EN EL AFP (ESCENARIO 2) 57
TABLA 31. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA 59
TABLA 32. TASA DE EROSIÓN HÍDRICA (TON/HA/AÑO) POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE 59
TABLA 33. SUPERFICIE EN HECTÁREAS (HA) POR NIVEL DE EROSIÓN Y POR TIPO DE VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE LA RE 60
TABLA 34. VOLUMEN DE EROSIÓN HÍDRICA (TON/AÑO), CLASIFICADA POR NIVEL DE EROSIÓN Y POR TIPO DE VEGETACIÓN EN LA RE 61
TABLA 35. SUPERFICIE POR NIVEL DE EROSIÓN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) 62
TABLA 36. VALORES DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN CONDICIONES ACTUALES EN EL AFP (ESCENARIO 1) 62
TABLA 37. VALORES DE LA EROSIÓN HÍDRICA UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EN EL AFP (ESCENARIO 2) 63
TABLA 38. EROSIÓN HÍDRICA EN EL ÁREA DEL AFP EN CONDICIONES ACTUALES Y UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO 63
TABLA 39. VALORES DE KA (FACTOR DE CORRECCIÓN), DE ACUERDO CON LA LATITUD Y EL MES DEL AÑO 66
TABLA 26. FACTOR DE AGRESIVIDAD CLIMATICA 67
TABLA 40. VALORES PARA EL FACTOR SUELO "S" (FAO, 1980) 67
TABLA 41. VALORES PARA EL FACTOR DE VEGETACIÓN "V" (FAO, 1980) 67
TABLA 42. VALORES DEL FACTOR DE USO DEL SUELO "L" (FAO, 1980) 67
TABLA 43. FACTORES DE LA ECUACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN EÓLICA EN LA RE 68
TABLA 44. FACTORES DE LA ECUACIÓN DE PERDIDA DE SUELO POR EROSIÓN EÓLICA EN EL AFP (ESCENARIO 1) 68
TABLA 45. FACTORES DE LA ECUACIÓN DE PERDIDA DE SUELO POR EROSIÓN EÓLICA EN EL AFP (ESCENARIO 2) 69
TABLA 46. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN EÓLICA 74
TABLA 47. TASA Y VOLUMEN DE EROSIÓN EÓLICA POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE 74
TABLA 48. VALORES DE LA EROSIÓN EÓLICA EN CONDICIONES ACTUALES EN EL AFP (ESCENARIO 1) 76
TABLA 49. VALORES DE LA EÓLICA UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EL AFP (ESCENARIO 2) 76
TABLA 50. EROSIÓN EÓLICA EN CONDICIONES ACTUALES Y UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EN EL AFP 78
TABLA 51. REGIÓN HIDROLÓGICA, CUENCA Y SUBCUENCA SOBRE LAS QUE INCIDE LA RE 80
TABLA 52. REGIÓN HIDROLÓGICA, CUENCA Y SUBCUENCAS SOBRE LAS QUE INCIDE EL AFP 80
TABLA 53. TIPOS DE CORRIENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA SEGÚN SU ORDEN 86
TABLA 54. TIPOS DE CORRIENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA SEGÚN SU CONDICIÓN 86
TABLA 55. TIPOS DE CORRIENTES EN EL AFP SEGÚN SU ORDEN Y CONDICIÓN 86
TABLA 56. DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LAS CUENCAS DEL RIO SONORA. 87
TABLA 57. ACUÍFEROS QUE INCIDEN EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 88
TABLA 58. DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA PARA LOS ACUÍFEROS EXISTENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA Y ÁREA FORESTAL DEL PROYECTO 89
TABLA 59. INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LOS SITIOS DE MUESTRO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 94
TABLA 60. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MENSUAL Y ANUAL 97
TABLA 61. PRECIPITACIÓN TOTAL POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTE EN EL ÁREA DE LA RE 97
TABLA 62. PRECIPITACIÓN TOTAL EN EL AFP 98
TABLA 63. GRUPOS DE SUELOS DE ACUERDO CON SUS CARACTERÍSTICAS 99
TABLA 64. ESCURRIMIENTO MEDIO SUPERFICIAL EN LA RE 100

CONSULTA PÚBLICA

TABLA 65. ESCURRIMIENTO MEDIO SUPERFICIAL EN EL AFP EN CONDICIONES ACTUALES (ESCENARIO 1) 101
TABLA 66. COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO UNA VEZ EJECUTADO PROYECTO EN EL AFP (ESCENARIO 2) 101
TABLA 67. VALORES DE KA (FACTOR DE CORRECCIÓN), DE ACUERDO CON LA LATITUD Y EL MES DEL AÑO. 103
TABLA 68. ÍNDICE DE CALOR MENSUAL PARA CADA UNO DE LOS MESES. 103
TABLA 69. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MENSUAL Y ANUAL. 103
TABLA 70. COEFICIENTE DE CULTIVO O COEFICIENTE DE AJUSTE (KC) PARA LA RE 105
TABLA 71. PORCENTAJE DE HORAS LUZ DE LOS MESES CON RESPECTO AL AÑO, DE ACUERDO CON LA LATITUD. 105
TABLA 72. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE LA RE 106
TABLA 73. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DE LA RE 106
TABLA 74. COEFICIENTE DE CULTIVO O COEFICIENTE DE AJUSTE (KC) PARA EL AFP 107
TABLA 75. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL AFP EN SUS DIFERENTES ESCENARIOS 107
TABLA 76. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN EL AFP (ESCENARIO 1) 107
TABLA 77. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN EL AFP (ESCENARIO 2) 108
TABLA 78. INFILTRACIÓN DEL AGUA POR TIPO DE VEGETACIÓN PRESENTE EN LA RE 109
TABLA 79. CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN DEL AFP (ESCENARIO 1) 109
TABLA 80. CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN DEL AFP (ESCENARIO 2) 110
TABLA 81. UNIDADES PAISAJÍSTICAS PRESENTES EN LA REGIÓN ECOLÓGICA 111
TABLA 82. CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL (CV) 112
TABLA 83. CLASIFICACIÓN DE CALIDAD VISUAL (CV) DEL PAISAJE 113
TABLA 84. CLASES DE LA CALIDAD VISUAL (CV) DENTRO DE LA RE 113
TABLA 85. FACTORES CONSIDERADOS EN LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN VISUAL (CAV) DEL PAISAJE 115
TABLA 86. CLASES DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN VISUAL (CAV) 116
TABLA 87. CLASES DE CLASIFICACIÓN DE LA FRAGILIDAD VISUAL (FV) EN LA RE 117
TABLA 88. GRADO DE VISIBILIDAD (V) EN LA RE 119

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE TIPOS DE CLIMAS PRESENTES EN LA RE 2
FIGURA 2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS DE LA RE 5
FIGURA 3. GRADO DE PELIGRO POR SEQUÍA EN LA RE 8
FIGURA 4. GRADO DE RIESGO POR NEVADAS EN LA RE 10
FIGURA 5. GRADO DE RIESGO POR GRANIZO EN LA RE 12
FIGURA 6. GRADO DE RIESGO POR CICLONES TROPICALES EN LA RE 14
FIGURA 7. GEOLOGÍA PRESENTE EN LA RE, AI Y AP 17
FIGURA 8. PLACAS TECTÓNICAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA (CENAPRED, 2017) 18
FIGURA 9. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA NACIONAL (CFE, 2015) 19
FIGURA 10. GRADO DE RIESGO POR INUNDACIONES EN LA RE 21
FIGURA 11. PROVINCIAS FISIOGRÁFICAS PRESENTES EN LA RE 24
FIGURA 12. SUBPROVINCIAS FISIOGRÁFICAS PRESENTES EN LA RE 25
FIGURA 13. TOPOFORMAS PRESENTES EN LA RE 27
FIGURA 14. MAPA DE ELEVACIONES DEL TERRENO DENTRO DE LA RE 29
FIGURA 15. MAPA DE PENDIENTES DEL TERRENO DENTRO DE LA RE 31
FIGURA 16. MAPA DE EXPOSICIONES DEL TERRENO DENTRO DE LA RE 33
FIGURA 17. TIPOS DE SUELO PRESENTES EN LA RE 38
FIGURA 18. TIPOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO PRESENTES EN LA RE 41
FIGURA 19. REGIONES DE MÉXICO DONDE APLICAN LAS ECUACIONES DE EROSIVIDAD 44
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR R EN EL ÁREA DE LA RE 46
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR K EN LA RE 50

CONSULTA PÚBLICA

FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR LS EN LA RE 54
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR C EN LA RE 58
FIGURA 24. MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA PRESENTE EN EL ÁREA DE LA RE EN SU ESCENARIO ACTUAL 64
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR C1 EN LA RE 70
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR S EN LA RE 71
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR T EN LA RE 72
FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE LOS VALORES DEL FACTOR VL EN LA RE 73
FIGURA 29. MAPA DE EROSIÓN EÓLICA PRESENTE EN EL ÁREA DE LA RE EN SU ESCENARIO ACTUAL 79
FIGURA 30. MAPA DE LA REGIÓN HIDROLÓGICA QUE INCIDE EN LA RE 82
FIGURA 31. MAPA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA QUE INCIDE EN LA RE 83
FIGURA 32. MAPA DE LA SUBCUENCA QUE INCIDEN EN LA RE 84
FIGURA 33. PRINCIPALES MODELOS DE DRENAJE 85
FIGURA 34. UBICACIÓN DE LOS ACUÍFEROS PRESENTES EN LA RE 90
FIGURA 35. UBICACIÓN DE SITIOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS DE LA RENAMECA MONITOREADOS DURANTE EL PERIODO 2012-2025 91
FIGURA 36. MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA RE 93
FIGURA 37. MAPA DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA RE 96
FIGURA 38. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO (VSA/MZX) 101
FIGURA 39. CALIDAD VISUAL (CV) DEL PAISAJE PRESENTE EN LA RE. 114
FIGURA 40. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN VISUAL (CAV) EN LA RE 118
FIGURA 41. GRADO DE VISIBILIDAD (V) DEL PAISAJE EN EL SA 120

CONSULTA PÚBLICA

I ANÁLISIS DEL COMPONENTE ABIÓTICO

El análisis del componente abiótico comprende la caracterización de las condiciones físicas del territorio dentro de la Región Ecológica (RE) y del Área Forestal del Proyecto (AFP). Para ello, se integra y analiza información proveniente de fuentes oficiales y especializadas, entre las que se encuentran el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), entre otras. Esta información permite establecer las condiciones ambientales actuales de las áreas de estudio y constituye la base para la posterior evaluación de los posibles efectos del proyecto sobre el medio.

I.1 CLIMA

El clima es el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; es decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo (OMM, 2013).

I.1.1 TIPOS DE CLIMA

De acuerdo con la clasificación hecha por Vladimir Köppen, adaptada por García (1964) para las condiciones de la República Mexicana, en la RE y en el AFP se tiene influencia en el clima "Muy Árido" presentando dos variaciones; cálido y semicálido, el clima "Muy árido, semicálido" (ver siguiente tabla y figura).

Tabla 1. Climas presentes en la Región Ecológica

NO.	FÓRMULA CLIMÁTICA	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE	
			ha	%
1	BWh(x')	Muy árido, semicálido	34,139.780	94.36
2	BW(h')(x')	Muy árido, cálido	2,041.377	5.64
TOTAL			**36,181.157**	**100.0**

Tabla 1. Climas presentes en el AFP

NO.	FÓRMULA CLIMÁTICA	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE	
			ha	%
1	BWh(x')	Muy árido, semicálido	26.772	99.16
2	BW(h')(x')	Muy árido, cálido	0.227	0.84
TOTAL			**26.999**	**100.0**

A continuación, se describe el tipo de clima presente.

BWh(x'): Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frio menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

BW(h')(x'): Muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frio mayor de 18°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

CONSULTA PÚBLICA

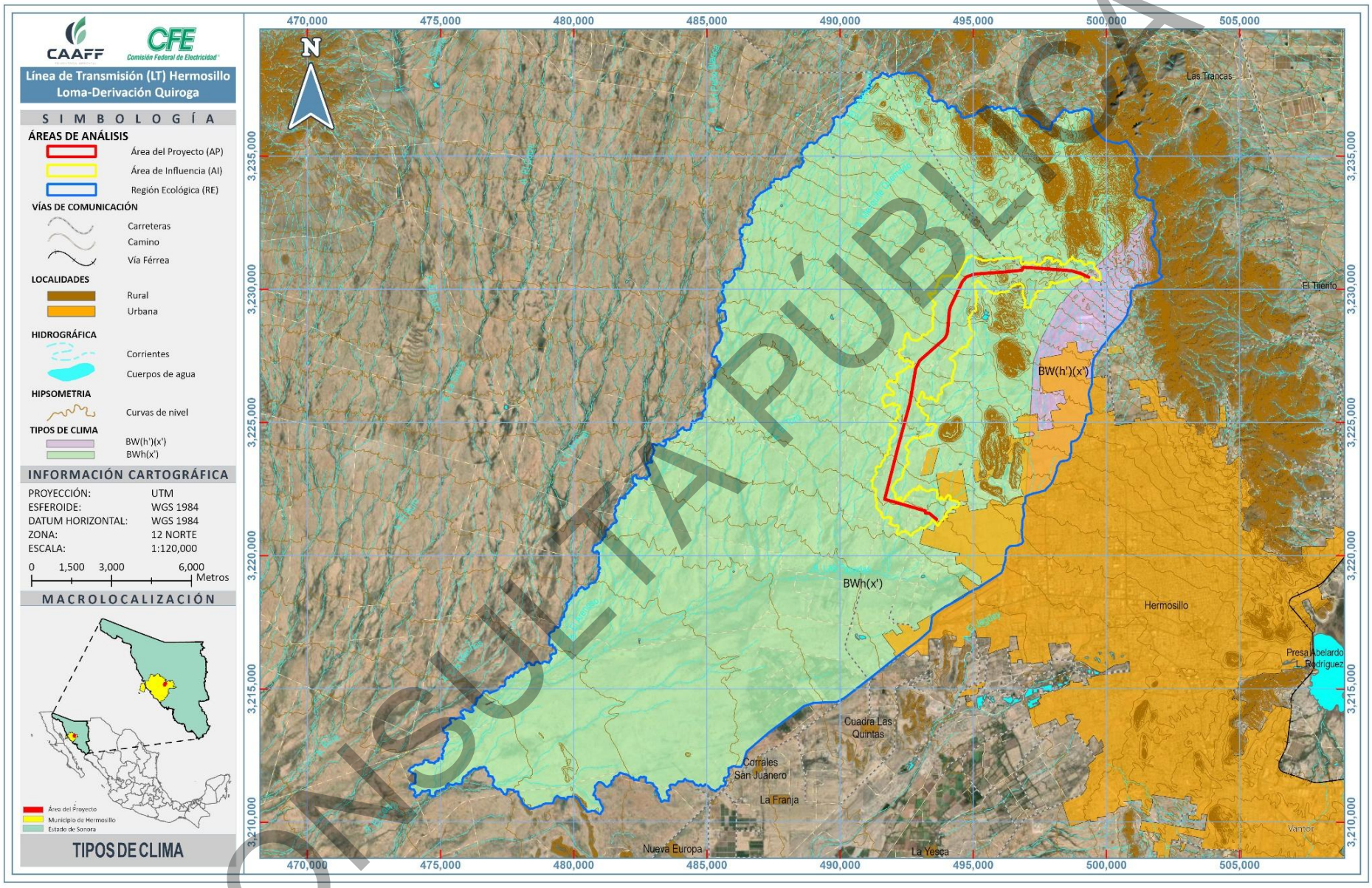


Figura 1. Mapa de tipos de climas presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.1 Variables climatológicas

Para la obtención de los valores climatológicos en la RE y AFP, se utilizaron los datos de las de dos estaciones meteorológicas más cercanas y próximas al proyecto y la RE las cuales se ubican en la ciudad de Hermosillo, Sonora. A continuación, se presentan los datos.

Tabla 2. Estaciones meteorológicas utilizadas

CLAVE	NOMBRE	UBICACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	DISTANCIA RESPECTO A LA RE
26139	Hermosillo II (DGE)	Hermosillo, Sonora	29.09888889 °	-110.9541667 °	221 msnm	15 km
26040	Hermosillo (OBS)	Hermosillo, Sonora	29.07833333 °	-110.93 °	215 msnm	18 km

Las variables de precipitación y temperatura se consultaron en las normales climatológicas de las estaciones mencionadas con un periodo de 30 años (1991 a 2020).

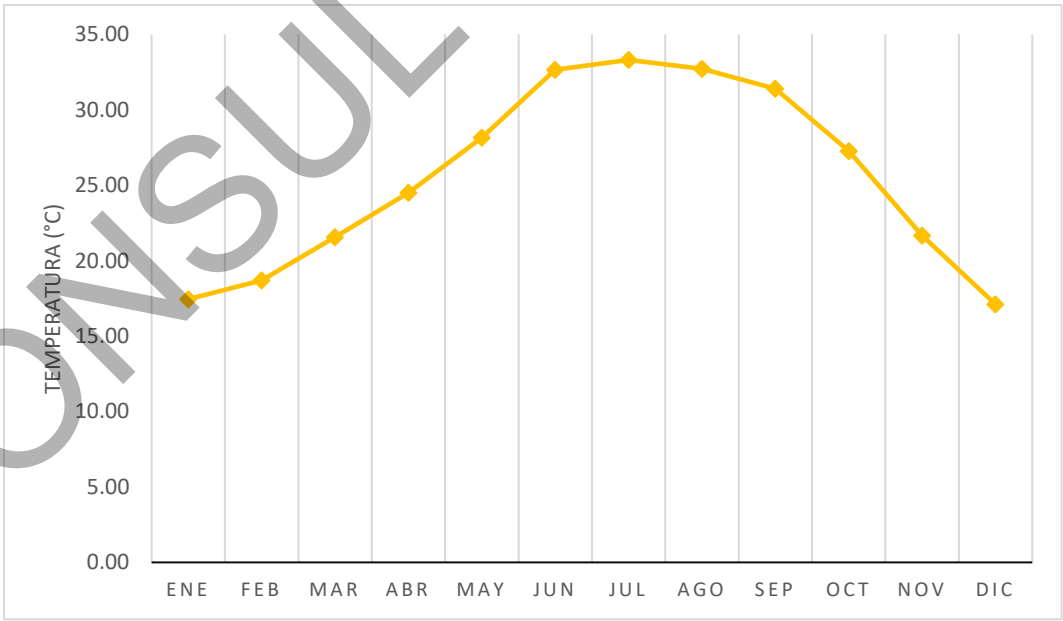
I.1.1.1.1 Temperatura media

Por lo anterior en la siguiente tabla se presentan los valores de la temperatura media mensual, promedio y anual de las estaciones 26139 y 26040.

Tabla 3. Temperatura promedio mensual y anual de las estaciones meteorológicas

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
26139	17.80	18.90	21.60	24.40	28.00	32.20	32.70	32.30	31.20	27.50	22.00	17.40	25.5
26040	17.10	18.50	21.50	24.60	28.30	33.10	33.90	33.10	31.60	27.00	21.30	16.80	25.6
Promedio	**17.45**	**18.70**	**21.55**	**24.50**	**28.15**	**32.65**	**33.30**	**32.70**	**31.40**	**27.25**	**21.65**	**17.10**	**25.53**

Los meses de mayor temperatura promedio en esta región se presentan durante los meses de mayo a agosto, lo anterior descrito se puede observar en la siguiente gráfica.



Gráfica. 1. Temperatura promedio mensual de las estaciones meteorológicas.

CONSULTA PÚBLICA

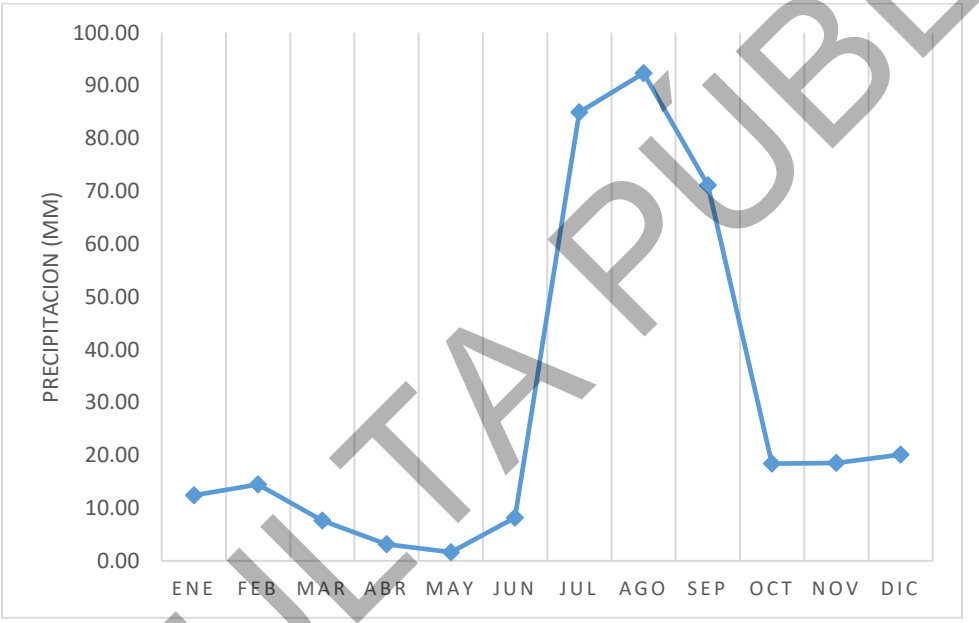
I.1.1.1.2 Precipitación

A continuación, se presentan los valores registrados de precipitación promedio, mensual y anual de las estaciones meteorológicas.

Tabla 4. Precipitación promedio mensual y anual de la estación 24092.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
26139	12.9	16.6	8.6	3.2	2.3	7.3	97.7	100.8	79.3	18.5	22.1	19.8	389.1
26040	11.9	12.3	6.7	3.1	1	9	72.2	83.9	63	18.3	15	20.4	316.8
Promedio	**12.40**	**14.45**	**7.65**	**3.15**	**1.65**	**8.15**	**84.95**	**92.35**	**71.15**	**18.40**	**18.55**	**20.10**	352.95

Los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre, mientras que los meses con menor precipitación son, diciembre, enero, febrero marzo y abril.



Gráfica. 2. Precipitación promedio mensual de las estaciones meteorológicas

CONSULTA PÚBLICA

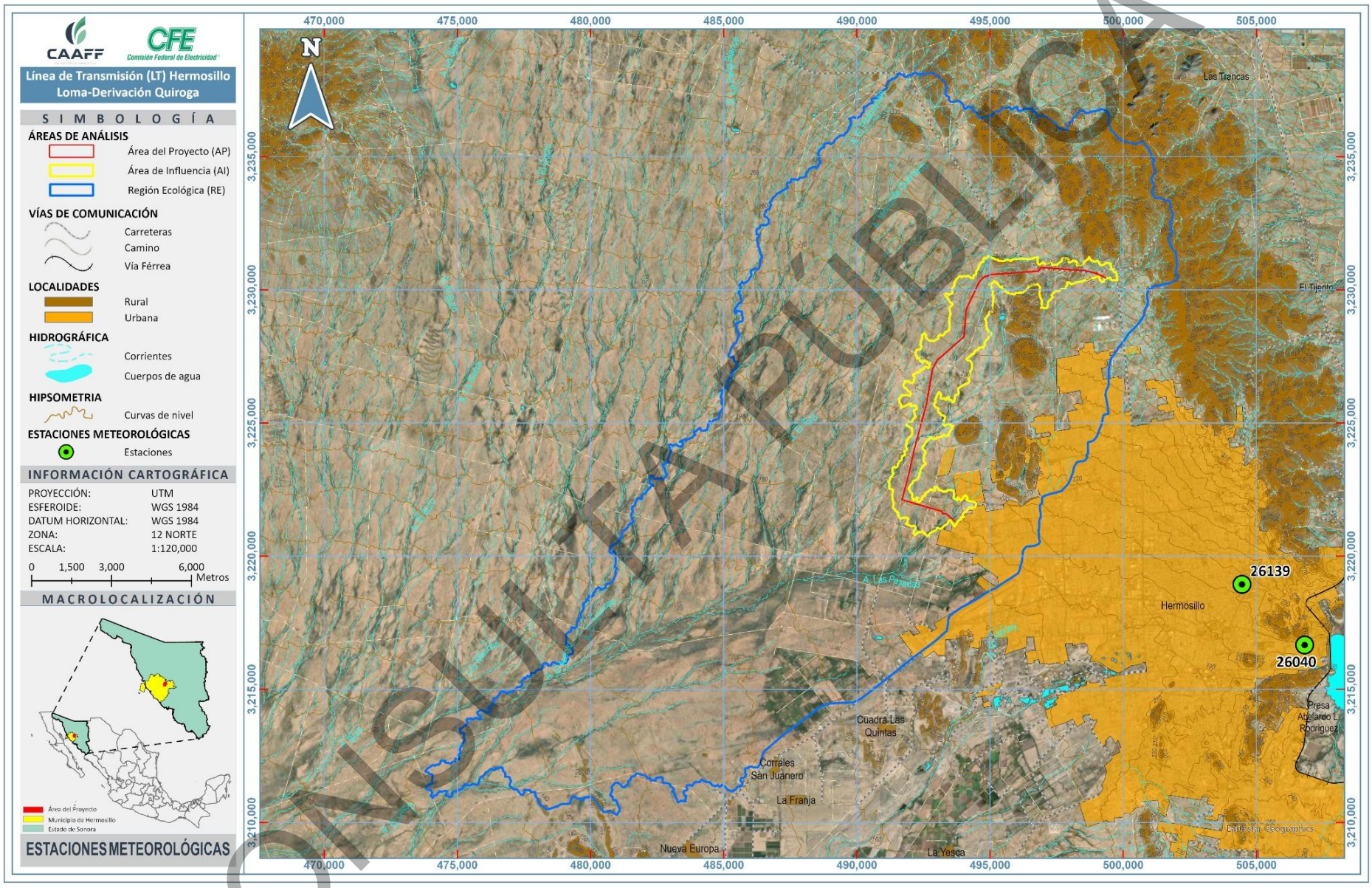


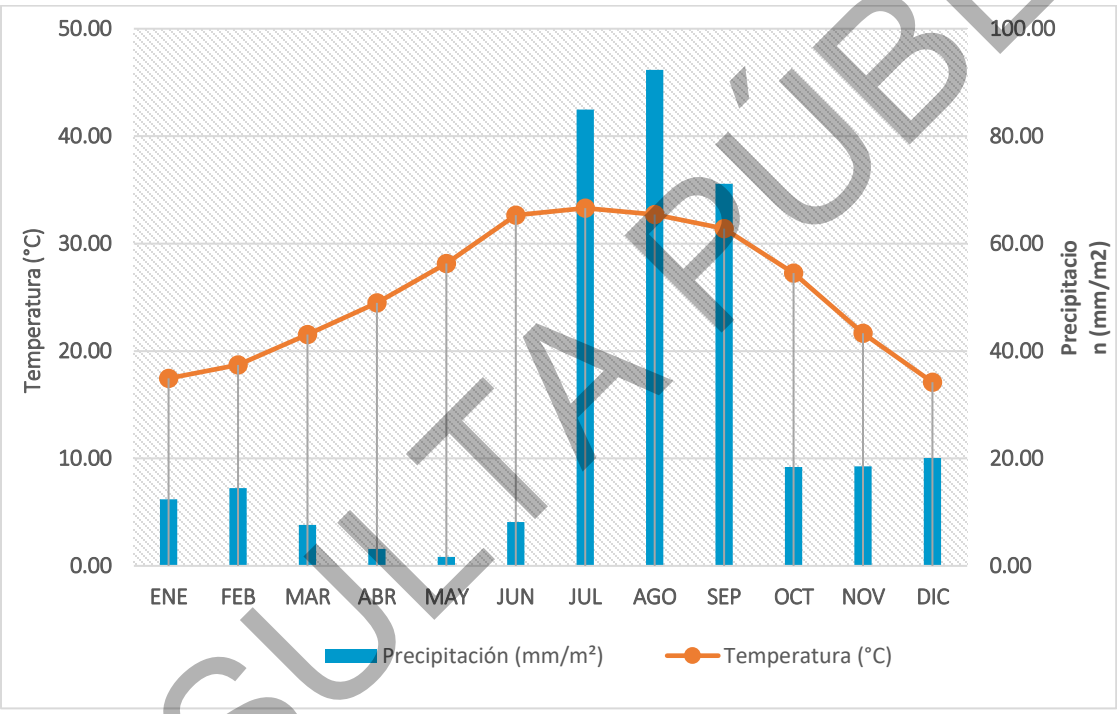
Figura 2. Estaciones meteorológicas cercanas de la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.1.1.2 Periodo de Sequía

La sequía se presenta cuando la precipitación acumulada durante un determinado lapso es significativamente menor que el promedio histórico de las precipitaciones registradas en el mismo periodo, o que un valor umbral específico de precipitación (Ramírez, 2014).

Con el objetivo de identificar con mayor precisión el periodo de sequía, se elaboró un diagrama ombrotérmico basado en el método de Gaussen (1957), empleando los datos ponderados de temperatura y precipitación presentados anteriormente. Los diagramas climáticos se construyen utilizando los promedios mensuales de temperatura y precipitación. Este tipo de representación gráfica consta de un sistema de coordenadas rectangulares, con una abscisa dividida en 12 unidades que corresponden a los meses del año, y dos ejes verticales: uno que representa la temperatura (°C) y otro que indica la precipitación (mm).



Gráfica. 3. Diagrama ombrotérmico

De acuerdo con el diagrama que antecede se concluye lo siguiente:

1. Periodo de sequía identificado:
   - Los meses de **enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre** presentan una precipitación promedio mensual acumulada inferior de la temperatura correspondiente, lo cual indica un periodo de sequía prologando en la mayor parte del año.
   - Este comportamiento es coherente con la estacionalidad climática, ya que dichos meses corresponden a la temporada seca de la región.

2. Relación entre temperatura y precipitación:
   - Durante estos meses de sequía, la línea de temperatura (amarilla) se encuentra visualmente por encima de la precipitación (barras azules), lo que refuerza la relación característica de un periodo seco según el diagrama de Gaussen.

CONSULTA PÚBLICA

2. Transición a la temporada húmeda:
   - Entre los meses de **julio, agosto** y **septiembre**, la precipitación comienza a aumentar significativamente, alcanzando su punto máximo en el mes de **agosto**. Esto marca la transición de la sequía a la temporada de lluvias.

Con base en la capa de **Grado de Peligro por Sequía** elaborada por el CENAPRED (2012), se identifican los municipios de México que presentan algún nivel de riesgo. En el caso de la Región Ecológica (RE), se presenta una clase de riesgo "Alto".

CONSULTA PÚBLICA

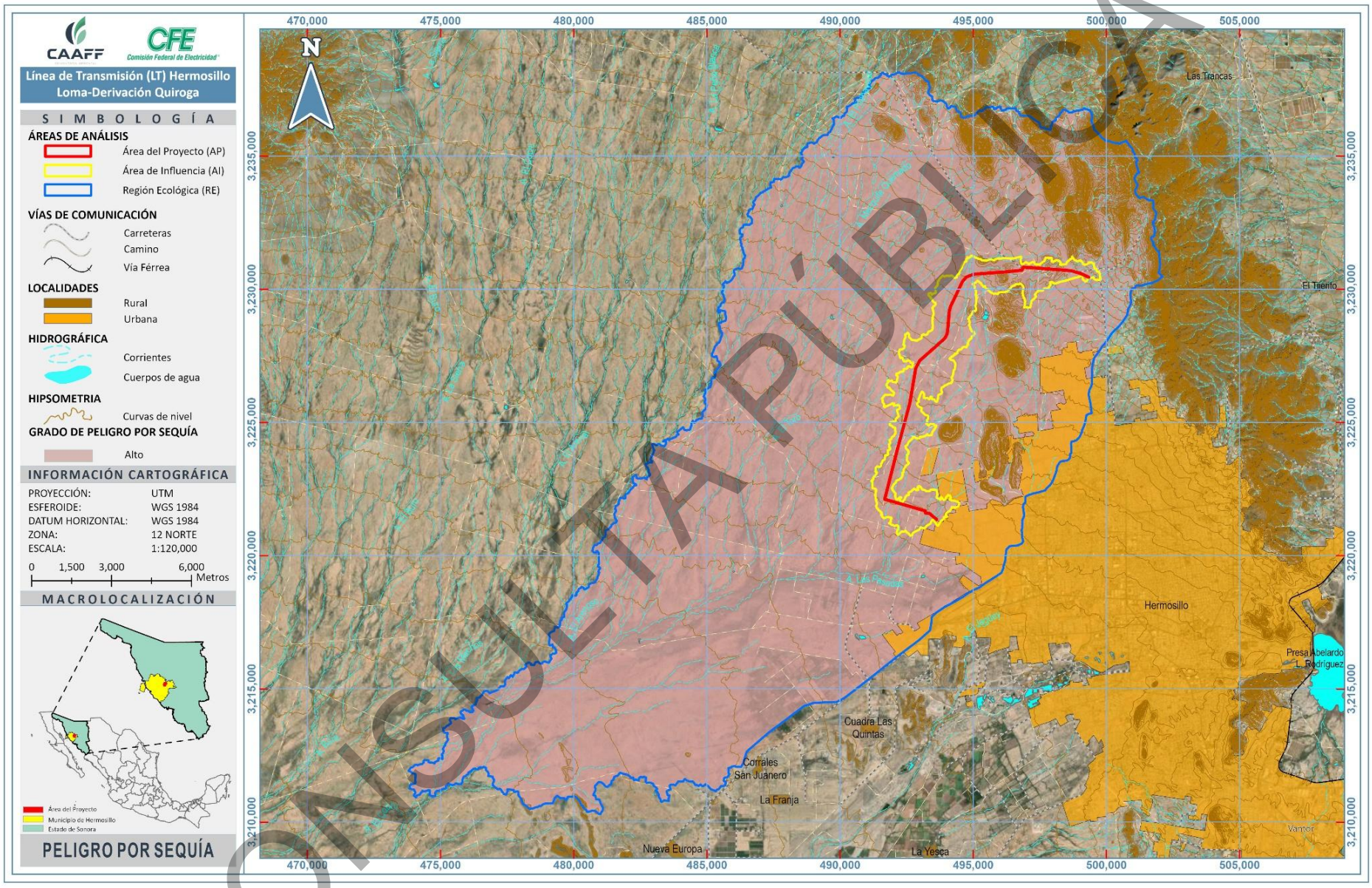


Figura 3. Grado de peligro por sequía en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.2 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

I.2.1 TORMENTAS DE NIEVE

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones. Los copos de nieve tienen diferentes formas y tamaño, ello depende de la temperatura y humedad de la atmósfera, aunque todos presentan estructuras hexagonales debido a la manera en cómo se agrupan las moléculas de oxígeno e hidrógeno al congelarse el agua (CENAPRED).

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

Debido a la ubicación geográfica de México, las nevadas son un fenómeno poco frecuente y se concentran principalmente en regiones elevadas, como montañas o sierras, particularmente durante el invierno (González, 2010). En la Región Ecológica como en el Área Forestal del proyecto, el Grado de peligro por nevadas se clasifica en un nivel "Bajo".

CONSULTA PÚBLICA

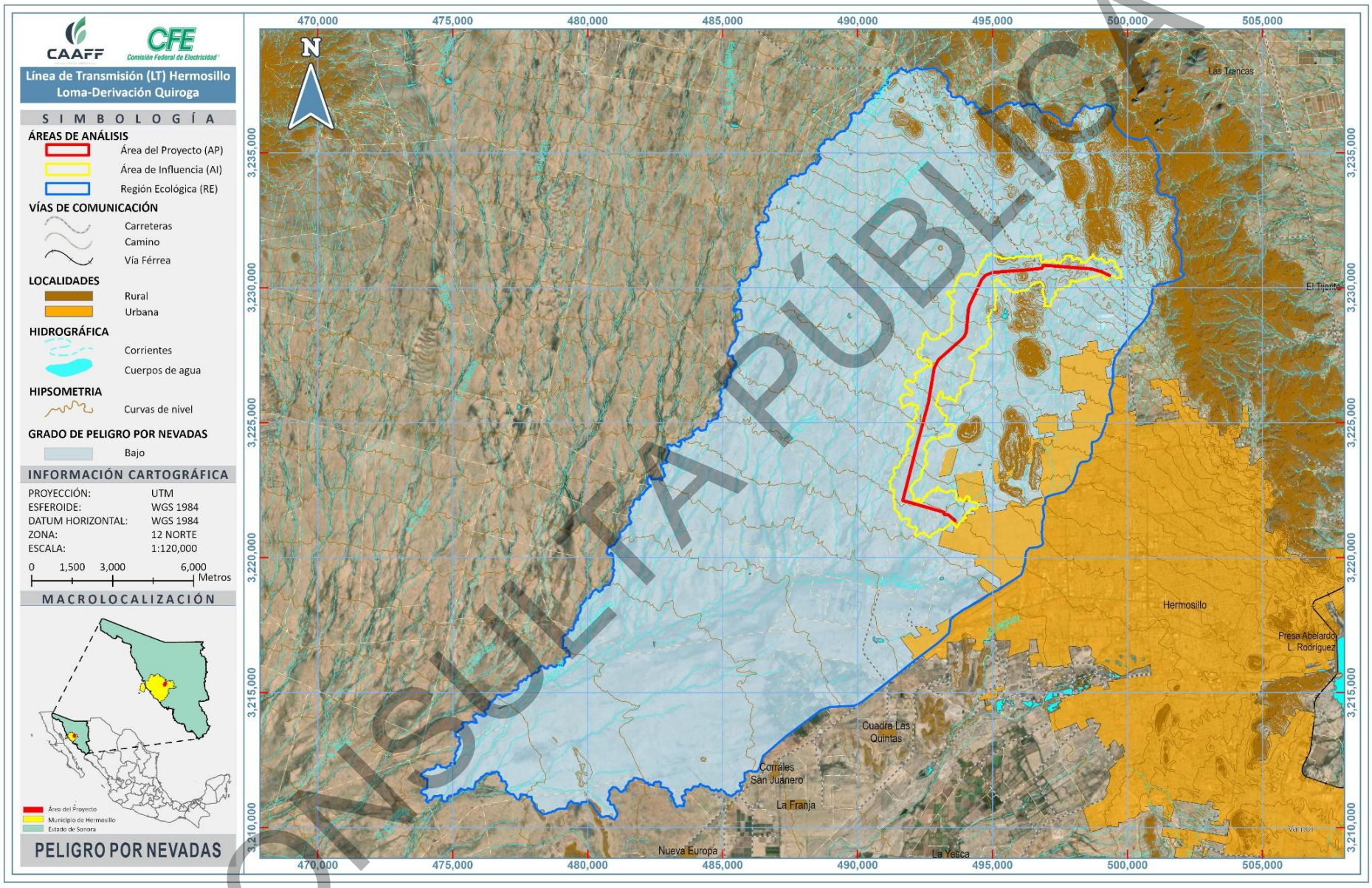


Figura 4. Grado de riesgo por nevadas en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.2.2 TORMENTAS DE GRANIZO

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulunimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. Las piedras de granizo se forman dentro de una nube cumulunimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobre enfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. El tamaño de las piedras de granizo está entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedruscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas, como para romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles, pero el mayor daño se produce en los cultivos o a veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas de hielo y nieve sin forma (CENAPRED).

El depósito del granizo sobre la superficie terrestre exhibe un patrón angosto y largo a manera de un corredor. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de la porción sur de éste y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora (González, 2010). Cuando se presenta una granizada se tiene en consideración dos factores; la intensidad de la granizada que es la potencia o fuerza con que el granizo cae sobre la superficie, de igual manera se debe considerar el grado de riesgo el cual indica la magnitud del daño que puedan afectar las granizadas.

En la RE y AFP, el Grado de peligro por presencia de tormentas de granizo se clasifica dentro de una única categoría, correspondiente al grado "Medio".

CONSULTA PÚBLICA



Figura 5. Grado de riesgo por granizo en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.2.3 CICLONES TROPICALES

Cuando los ciclones tropicales se desarrollan intensamente y se internan en el continente pueden causar daños de gran consideración. La dirección del viento varía de acuerdo con el paso del meteoro, de tal manera que es difícil marcar zonas de riesgo derivadas de este evento. Los vientos pueden afectar zonas muy amplias, pues en ocasiones el radio de influencia del huracán puede ser de varios cientos de kilómetros e incluso, algunos ciclones penetran en tierra.

Los ciclones tropicales pueden presentarse en alguna de sus tres fases:

Como depresión tropical con velocidades de vientos menores de 63 km/hr.
Como tormenta tropical con velocidades de vientos de entre 63 a 118 km. /hr.
Como huracán con velocidades arriba de 118 km/hr. Cabe mencionar que un ciclón tropical adquiere la categoría de huracán cuando se presentan vientos con velocidades mayores a los 118 km/hr.

Huracán categoría 1: 118-153 km/hr.
Huracán categoría 2: 154-177 km/hr.
Huracán categoría 3: 178-209 km/hr.
Huracán categoría 4: 210-249 km/hr.
Huracán categoría 5: mayor a 249 km/hr.

De acuerdo con la capa de Grado de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales elaborada por el CENAPRED (2012), se identifican los municipios de México con algún nivel de riesgo. En la RE y AFP el grado de riesgo es clasificado como "Medio", abarcando la totalidad de su superficie.

CONSULTA PÚBLICA

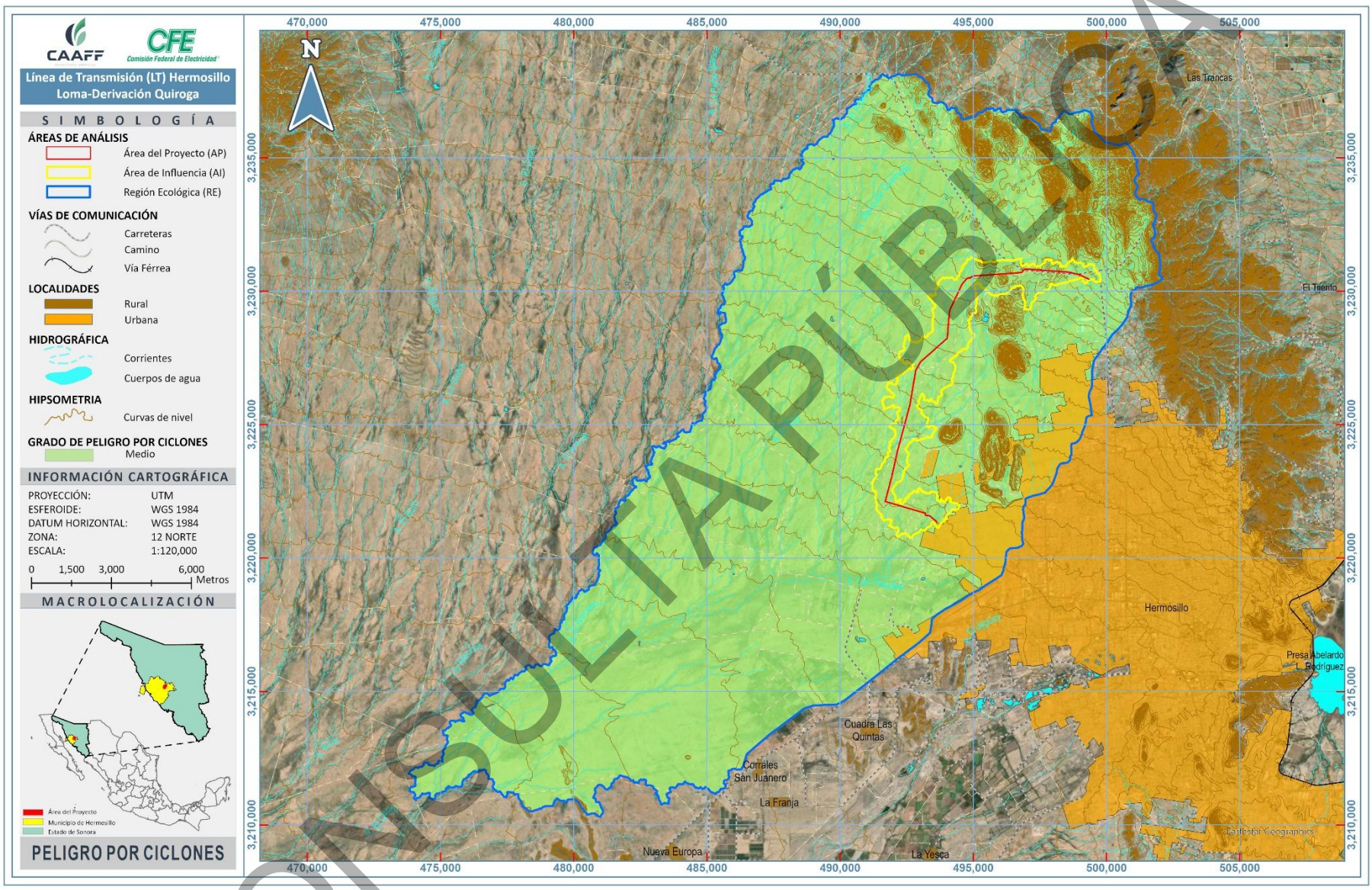


Figura 6. Grado de riesgo por ciclones tropicales en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

I.3.1 GEOLOGÍA (TIPOS DE ROCAS)

El sustrato geológico de la Región Ecológica es el resultado de complejos procesos que ocurrieron durante distintas épocas geológicas, reflejando la dinámica tectónica y sedimentaria de la región. Según el Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales de la carta H12-8, a escala 1:250,000, Serie I, del Servicio Geológico Mexicano (SGM), el área de la Región Ecológica está compuesta predominantemente por material de origen aluvial.

Dentro de la clasificación litológica, existen las rocas ígneas extrusivas e intrusivas, que cubren 7.52% de la superficie, y en segundo lugar las rocas sedimentarias, que abarcan el 4.33%. Estas formaciones corresponden a diferentes eras y sistemas, lo que indica la existencia de antiguos ambientes marinos y transiciones tectónicas importantes. No obstante, la carta geológica clasifica el suelo de acuerdo a los lugares donde se depositan, en este caso el suelo aluvial ocupa el mayor porcentaje de superficie en la RE (88.10%).

A continuación, se muestra la distribución de la litología en la RE.

Tabla 5. Tipos de roca existente en la RE

NO.	CLAVE	LITOLOGÍA	TIPO DE ROCA	ERA	SISTEMA	SUPERFICIE	
						ha	%
1	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	265.862	0.73
2	Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	975.823	2.70
3	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	261.931	0.72
4	K(Gr)	Ígnea intrusiva	Granito	Mesozoico	Cretácico	1,217.629	3.37
5	Q(al)	Suelo	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	31,873.888	88.10
6	S/It	Zona Urbana	N/A	N/A	N/A	19.607	0.05
7	P(cz)	Sedimentaria	Caliza	Paleozoico	N/D	1,149.441	3.18
8	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	45.506	0.13
9	P(ar)	Sedimentaria	Arenisca	Paleozoico	N/D	277.107	0.77
10	M(ar)	Sedimentaria	Arenisca	Mesozoico	N/D	94.361	0.26
TOTAL						36,181.157	100.0

Tabla 6. Geología existente en el AFP

NO.	CLAVE	LITOLOGÍA	TIPO DE ROCA	ERA	SISTEMA	SUPERFICIE	
						ha	%
1	Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	4.752	17.60
2	Q(al)	Suelo	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	21.493	79.61
3	P(cz)	Sedimentaria	Caliza	Paleozoico	N/D	0.754	2.79
Total						26.999	100.0

Las **rocas ígneas** se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. El material antes de solidificarse recibe el nombre genérico de MAGMA (solución compleja de silicatos con agua y gases a elevada temperatura). Se forma a una profundidad de la superficie terrestre de entre 25 a 200 km. Cuando emerge a la superficie se conoce como LAVA. Las rocas **ígneas intrusivas** se forman cuando la corteza terrestre se debilita en algunas áreas, el magma asciende y penetra en las capas cercanas a la superficie, pero sin salir de ésta, lentamente se enfría y se solidifica dando lugar a la formación de este tipo de rocas. La característica principal es la formación de cristales, observables a simple vista. Las rocas **ígneas extrusivas**, se forman cuando el magma llega a la superficie terrestre es derramado a través de fisuras o conductos (Volcán), al enfriarse y solidificarse forma este tipo de rocas. Se distinguen de las intrusivas, por

CONSULTA PÚBLICA

presentar cristales que sólo pueden ser observados por medio de una lupa. (Guía para la interpretación de cartografía geológica. INEGI, 2005).

Las rocas **sedimentarias** se forman a causa de los agentes externos de erosión: agua, viento, hielo y cambios de temperatura, se produce el efecto de meteorización (desintegración y descomposición de las rocas), cuyas partículas son transportadas y finalmente depositadas. Conforme se acumulan sedimentos, los materiales del fondo se compactan formando la Roca Sedimentaria (INEGI, 2005).

En cuanto a los **suelos (aluvial)**, debe destacarse que a diferencia de la carta edafológica que los trata considerando sus propiedades físicas, químicas y morfológicas, la geológica los trata atendiendo a los lugares en que se depositan llanuras de inundación, piedemonte, zonas lacustres, zonas de pantanos y litorales, por citar algunos) y a los agentes de transporte que los depositan (viento y corrientes de agua, entre otros). Desde el punto de vista geológico en la Región Ecológica) se presentan el tipo de suelo 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 (INEGI, 2005).

I.3.2 FALLAS Y FRACTURAS

En la geología se le reconoce como falla a la ruptura que tiene una superficie provocando deslizamientos que puede tener diversas direcciones, ya sean verticales, horizontales o la combinación de ambas, mientras que una fractura se define como una grieta o superficie de rotura producida en la roca, no relacionada con un fenómeno de foliación o clivaje en las metamórficas, a lo largo de la cual no ha habido ningún movimiento (IMPRES, 1993).

De acuerdo con el Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales Geológicos, a escala 1:1,000,000 del INEGI, se comprueba que en la Región Ecológica no se presenta fallas ni fracturas.

CONSULTA PÚBLICA

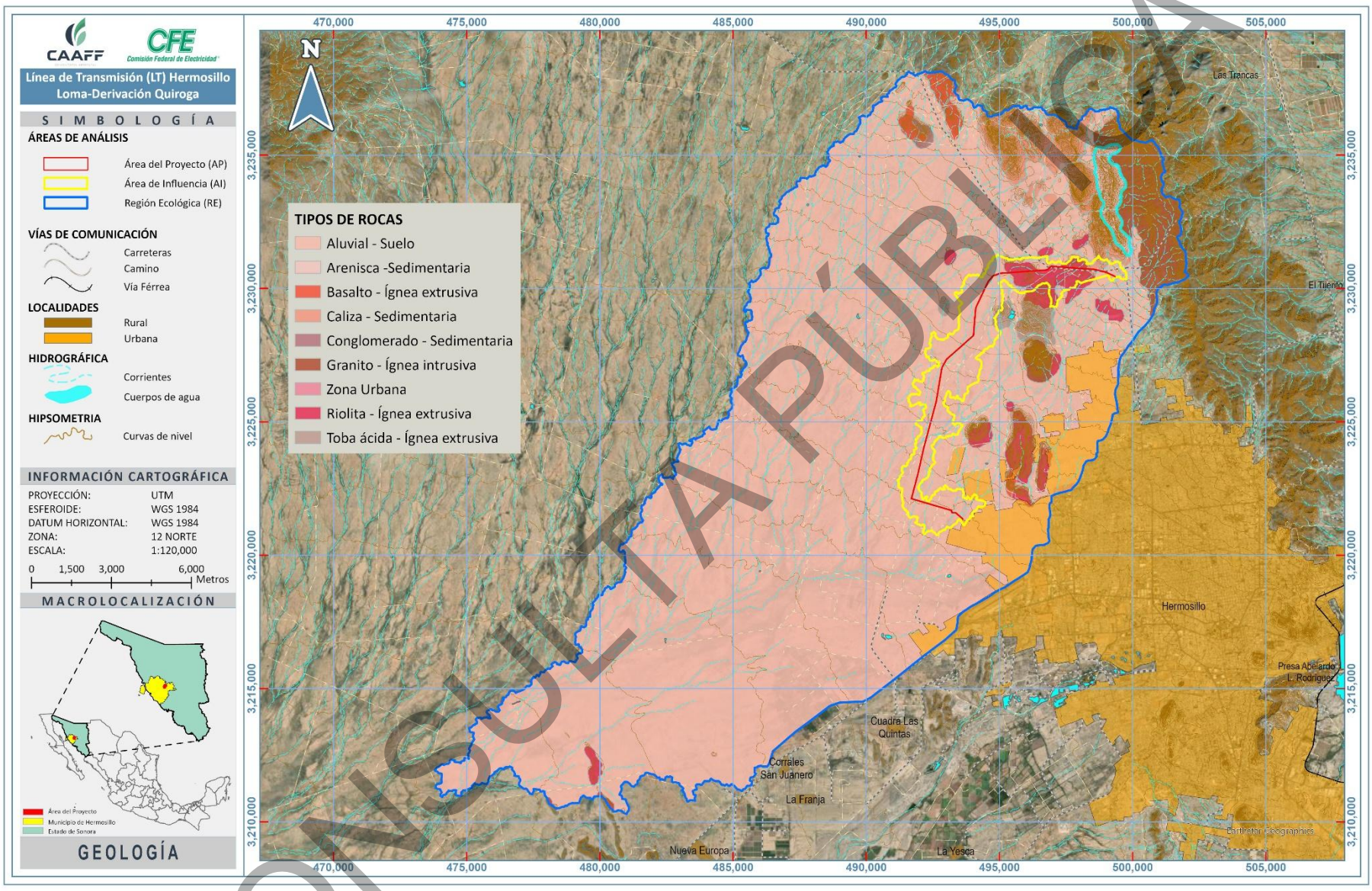


Figura 7. Geología presente en la RE, AI y AP

CONSULTA PÚBLICA

I.3.3 SISMICIDAD

Gran parte de la República Mexicana se encuentra sujeta a la actividad sísmica, debido a que está ubicada dentro de un área llamada Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde ocurren la mayor parte de los fenómenos sísmicos y volcánicos del mundo y que bordea al Océano Pacífico (SGM, 2017).

México está conformado por cuatro placas; dos grandes, la de Norteamérica, que va desde México hasta el Ártico y la del Pacífico, que además de incluir parte de México, incluye parte de Estados Unidos y casi todo el Pacífico Norte; una placa mediana, la de Cocos, que ocupa parte del Océano Pacífico, frente a las costas de México y Centroamérica, y se extiende al Sureste hasta Costa Rica; y la pequeña Placa de Rivera, que se encuentra en la boca del Golfo de California.

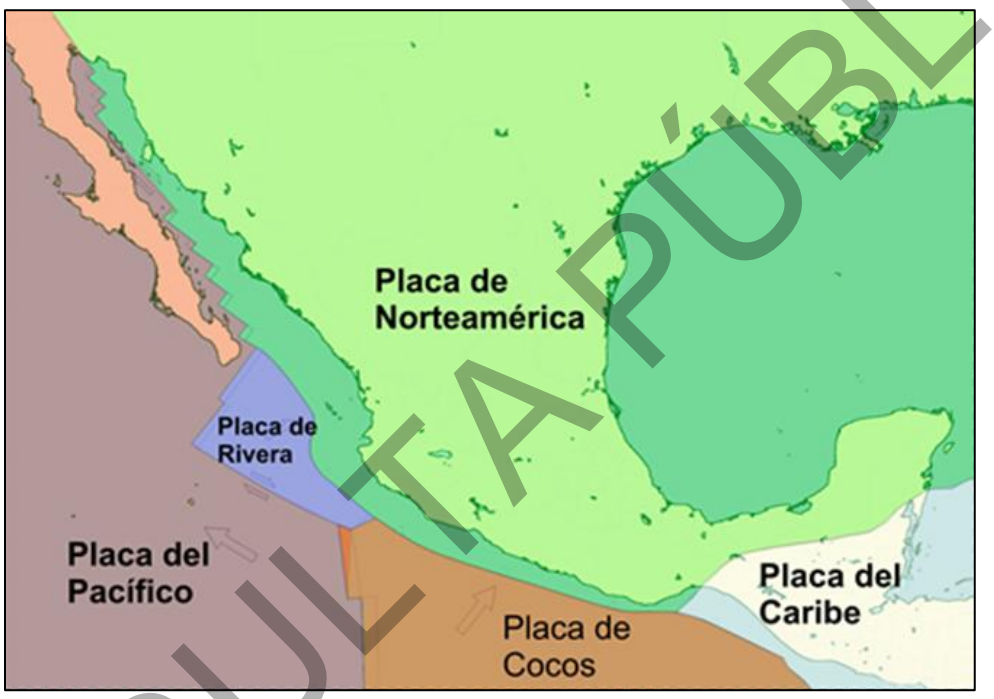


Figura 8. Placas tectónicas en la República Mexicana (CENAPRED, 2017)

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, (2015), México cuenta con una clasificación según el peligro sísmico limitado en cuatro zonas (ver tabla siguiente), donde la RE y AFP (y por ende el área del proyecto) se encuentran en la Zona B ocupando el total de la superficie, la cual se caracteriza como una zona con menor frecuencia sísmica.

Tabla 7. Clasificación de peligro sísmico (CFE, 2015)

ZONA A	ZONA B y C	ZONA D
No cuenta con registro histórico o reportes de sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10 % del valor de la gravedad.	Presentan sismicidad con menor frecuencia o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 70 % de gravedad.	Han ocurrido con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70 % de gravedad.

La república mexicana cuenta con una clasificación según el peligro sísmico limitado en cuatro zonas, las cuales se describen a continuación:

CONSULTA PÚBLICA

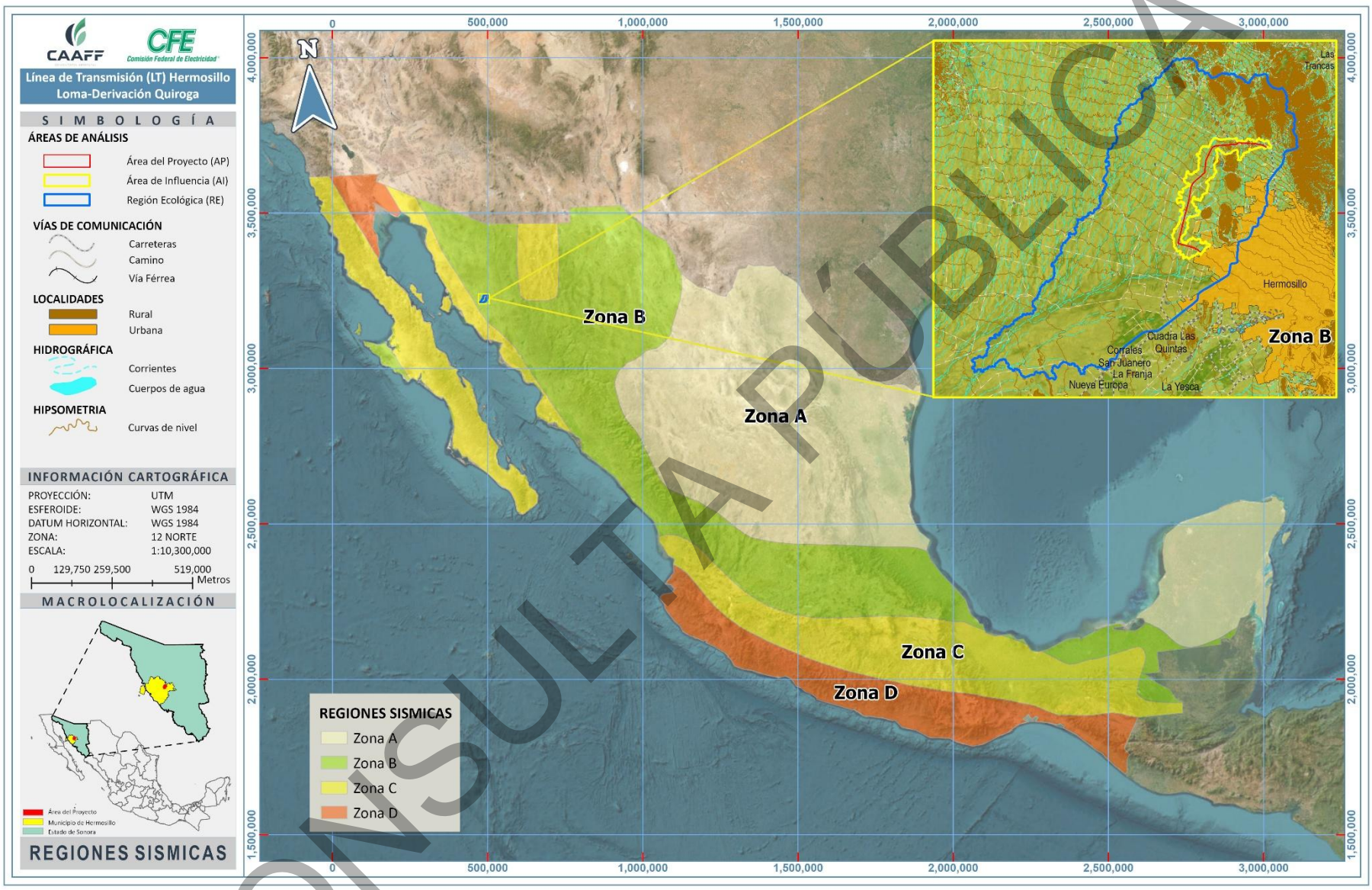


Figura 9. Regionalización sísmica nacional (CFE, 2015)

CONSULTA PÚBLICA

I.3.4 HUNDIMIENTOS Y DESLIZAMIENTOS

El deslizamiento de una ladera es un término general que se emplea para designar a los movimientos talud abajo de materiales térreos, que resultan de un desplazamiento hacia abajo y hacia afuera de suelos, rocas y vegetación, bajo la influencia de la gravedad. Estas inestabilidades se caracterizan porque los materiales que componen la masa fallada se pueden mover por derrumbe o caída, deslizamiento, flujo y desplazamiento lateral. Algunos deslizamientos son rápidos porque ocurren en segundos, mientras que otros pueden tomar horas, semanas, meses, o aun lapsos mayores para que se desarrollen (CENAPRED, 2014).

Un deslizamiento ocurre cuando se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan ladera abajo por acción de la gravedad. Aunque los deslizamientos usualmente suceden en taludes escarpados, tampoco es raro que se presenten en laderas de poca pendiente.

De acuerdo con la Capa Vectorial de la Ubicación de Laderas Susceptibles de Deslizamiento en México (CENAPRED, 2012), en el cual se observan los puntos identificados como susceptibles de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos de material. La RE y el AFP no tienen incidencia en una zona de riesgo por deslizamientos, la zona más próxima de peligro se encuentra a 225 km aproximadamente.

I.3.5 INUNDACIONES

Una inundación es el evento que debido a la precipitación (lluvia, nieve o granizo extremo), oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura (CENAPRED).

De acuerdo con los datos proporcionados por el CENAPRED, la RE y el AFP se encuentran en una zona cuyo grado de riesgo por inundaciones es "Medio" en su totalidad.

CONSULTA PÚBLICA

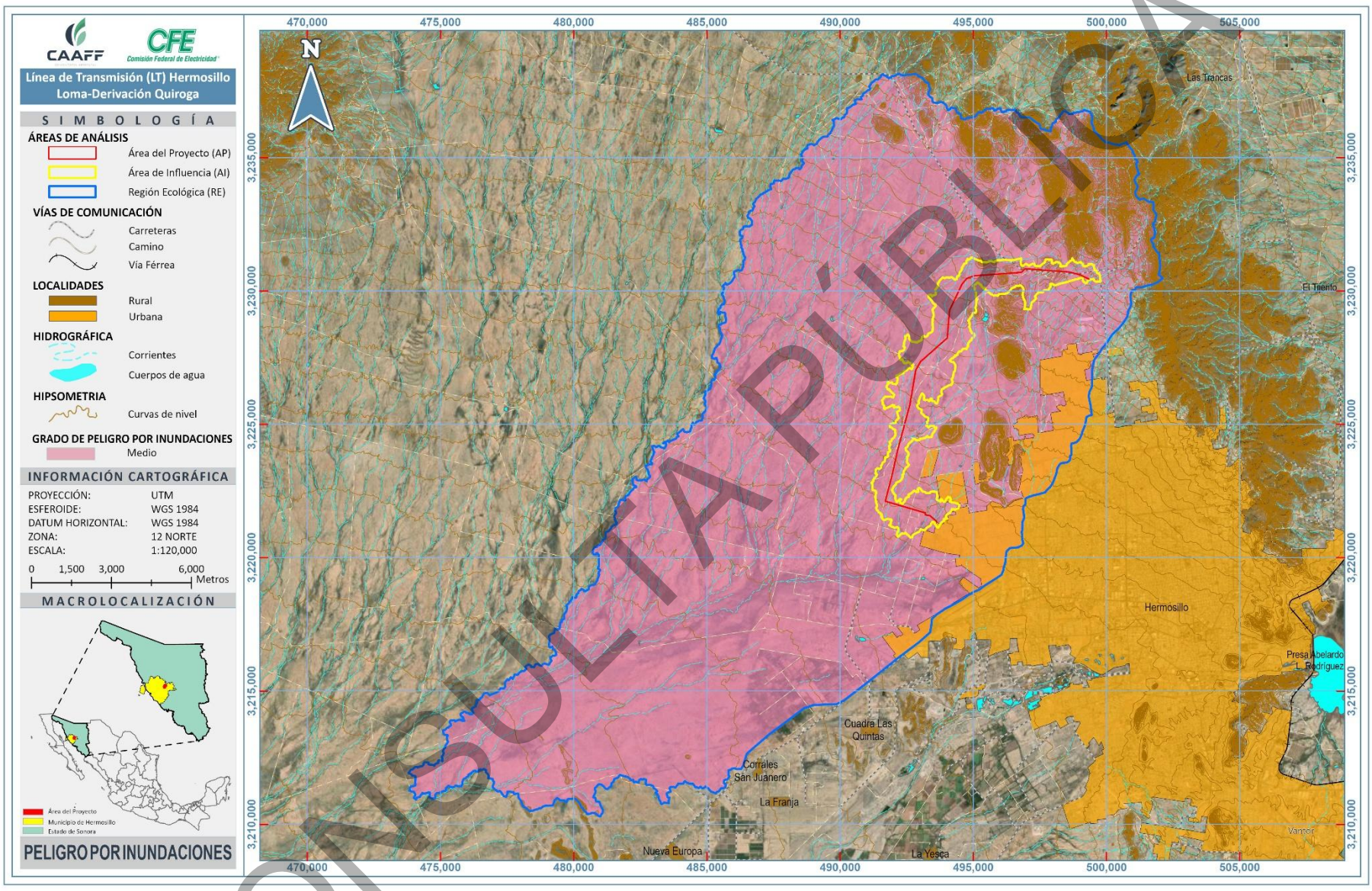


Figura 10. Grado de riesgo por inundaciones en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.4 FISIOGRAFÍA

El sistema fisiográfico para la clasificación del relieve ha sido adoptado por la Dirección General de Geografía (DGG) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Este sistema emplea criterios geológicos y topográficos-geométricos para definir con precisión los niveles jerárquicos, tales como Provincia y Subprovincia fisiográfica (Quiñones, 1987).

La **Provincia fisiográfica** constituye la unidad más amplia dentro de este sistema y se refiere a los grandes conjuntos estructurales que conforman un continente. Las provincias fisiográficas son definidas por el INEGI como grandes conjuntos estructurales de origen geológico unitario que presentan una morfología propia y distintiva. Estas unidades presentan características distintivas, como un origen geológico común en la mayor parte de su superficie, un patrón litológico uniforme o un mosaico litológico complejo derivado de un origen compartido, así como una morfología característica. Además, su extensión permite subdividirlas en subprovincias.

Por su parte, la **Subprovincia fisiográfica** se caracteriza por incluir geoformas típicas de la provincia, pero con diferencias en frecuencia, magnitud o variación morfológica. Estas variaciones están asociadas a características distintivas que no se presentan de manera significativa en el resto de la provincia, otorgándole una identidad propia dentro de la jerarquía fisiográfica.

I.4.1 PROVINCIA FISIOGRÁFICA

En el caso de la Región Ecológica y el AFP, estas se encuentran completamente dentro de la provincia fisiográfica "**Llanura Sonorense**". El entorno morfológico se caracteriza por extensas llanuras disectadas, sierras bajas y alargadas, salvo la parte centro y noreste donde las sierras son más definidas y abruptas como es el caso de los cerros de Batepito, Jojoval, Lopez, el Burro y las Trancas (INEGI, 2020).

Esta provincia se extiende por el norte hacia territorio estadounidense, donde incluye la cuenca del Rio Gila, en el estado de Arizona. Dentro del territorio mexicano adopta la forma de una cuña orientada noroeste-sureste; colinda con las provincias: Sierra Madre Occidental, y Llanura costera del Pacifico en su extremo sur. Esta provincia está formada por llanuras extensas, que son cada vez más amplias hacia la costa y que separan a sierras paralelas, con orientación nornoroeste-sursureste. Al oriente del río Colorado se tiene una extensa área de dunas arenosas que llegan hasta la discontinuidad fisiográfica de la sierra del Pinacate, formada por rocas lávicas; el volcán central que allí se encuentra, tiene una altura de mil 600 metros sobre el nivel del mar (msnm). En el norte, desde la Cordillera Peninsular bajacaliforniana hasta la sierra del Pinacate que integra una discontinuidad fisiográfica, dominan el delta del rio Colorado y los campos de dunas del desierto de Altar.

La mayor parte de la provincia en su porción sonorense está constituida por sierras aisladas, bajas, paralelas, orientadas nornoroeste-sursureste, con alturas que van desde 200 hasta 1540 msnm, encontrándose las cumbres más altas en la sierra de Mazatlán; esas sierras están separadas entre sí por llanuras cada vez ms amplias y bajas hacia el golfo de California. Este panorama es interrumpido en el centro por la llanura aluvial del rio Sonora que se extiende al suroeste. Este y el rio Colorado son los que aportan mayor caudal hidrológico a la provincia, aunque sus orígenes se encuentran fuera de ella, pues los ríos que nacen en esta región son escasos y solo algunos de ellos tienden a desembocar en el Golfo de California. La provincia fisiográfica "Llanura Sonorense" se divide en tres subprovincias; Desierto de Altar, Sierras y Llanuras sonorenses y Sierra del Pinacate (INEGI, 2001).

CONSULTA PÚBLICA

I.4.2 SUBPROVINCIA FISIOGRÁFICA

En lo correspondiente a las subprovincias, la RE y AFP se encuentran en la subprovincia "**Sierras y Llanuras Sonorenses**", esta subprovincia fisiográfica se sitúa en el noroeste de México. Se ubica en la franja del cinturón subtropical donde se distribuyen los grandes desiertos mundiales. De hecho, pertenece al gran Desierto de Sonora asociado con los climas más áridos de México, los BW. En algunas partes de esta subprovincia las precipitaciones apenas sobrepasan los 240 mm de lluvia anual. Efectivamente, lo distintivo de esta región es su aridez y sequía. También, algo distintivo son sus temperaturas extremas; en promedio por arriba de 30° C al año, pero en periodos de máximas pueden rebasar los 50°C. La adaptación a la aridez de las especies vegetales en esta región es extraordinaria. Destaca la gran variedad de cactáceas, muchas de ellas de carácter endémico. La asociación vegetal más importante es la del matorral desértico micrófilo; su adaptación al clima muy árido consiste en reducir el tamaño de sus hojas para recibir menor radiación en su superficie foliar y para optimizar sus niveles de evapotranspiración; de esta forma, aprovecha la escasa agua y humedad disponibles. En los arroyos y ríos es frecuente encontrar la vegetación de galería la cual se puede apreciar en los contornos de los ríos y arroyos. Fisiográficamente, en las Sierras y Llanuras Sonorenses se identifican grandes procesos de arrastre de materiales por meteorización o erosión. Los numerosos ríos y arroyos que surcan esta porción terrestre han ocasionado la conformación de enormes depósitos de material aluvial el cual es un material suelto no consolidado y es el que caracteriza a la Llanura Sonorense. Por otro lado, material rocoso sujeto a una intensa erosión ha quedado expuesto en la superficie terrestre, está asociado con los sistemas montañosos de esta subprovincia fisiográfica: material ígneo intrusivo como el granito forma parte de estos elementos montañosos, así como materiales ígneos extrusivos como la riolita también son importantes.

La provincia fisiográfica corresponde a una morfología madura, en geología se conoce como una provincia de sierras sepultadas, ya que sobre las extensas llanuras sobresalen montículos a manera de remanentes de sierras que se extienden bajo el subsuelo cubiertas por los suelos y material aluvial. Hacia la parte norte se observa vulcanismo félsico en porciones más occidentales de la sierra Madre Occidental, al este material plutónico constituyente de los extensos: batolito Laramidico de Mesozoico y en el extremo oeste material volcánico y plutónico del mesozoico inferior (INEGI, 2020).

CONSULTA PÚBLICA



Figura 11. Provincias fisiográficas presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA



Figura 12. Subprovincias fisiográficas presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.4.3 SISTEMA DE TOPOFORMAS

El Sistema de Topoformas es un conjunto de formas que presenta el terreno asociadas entre sí, según algún patrón (o patrones) estructural(es) o degradativo(s) y, además presentan un mayor grado de uniformidad paisajística en relación con la unidad jerárquica que las comprende.

De acuerdo con la clase de topoformas definida por el INEGI, las clases de topoformas se clasifican con base a la elevación, aspecto, componente, origen, material de depósito, ubicación, asociación y fase.

Dentro de la superficie total de la RE se identifican dos sistemas de topoforma "Sierra" y "Bajada". La bajada con lomerío es la más representativa en la RE con un 93.23%. Para el cao del AFP el 100% de su superficie está en la topoforma de bajada con lomerío, en la siguiente tabla se presentan las superficies que ocupan las topoformas en la RH.

Tabla 8. Topoformas presentes en la Región Ecológica

NO.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE	
			ha	%
1	Bajada	Bajada con Lomerío	33,730.118	93.23
2	Sierra	Sierra Escarpada Compleja	2,451.039	6.77
Total			36,181.16	100

El sistema de **Bajada con lomerío** son amplias zonas de transición o pendientes suaves formadas por depósitos de fragmentos de roca y arena que descienden desde las montañas hacia los valles, rodean los flancos de las sierras locales y sirven de asiento para zonas de matorral desértico en los valles y planicies centrales sonorenses, en la RE se presentan con elevación desde los 125 a 500 msnm.

El sistema **Sierra escarpada Compleja** presenta elevaciones de laderas abruptas y rocosas con fuerte pendiente formadas por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Aunque predomina la planicie, el terreno está interrumpido por elevaciones abruptas de origen volcánico y metamórfico, en la RE se ubican en la porción Norte (ocupando una superficie de 6.77%) y presentan elevación de 500 a 750 msnm.

CONSULTA PÚBLICA

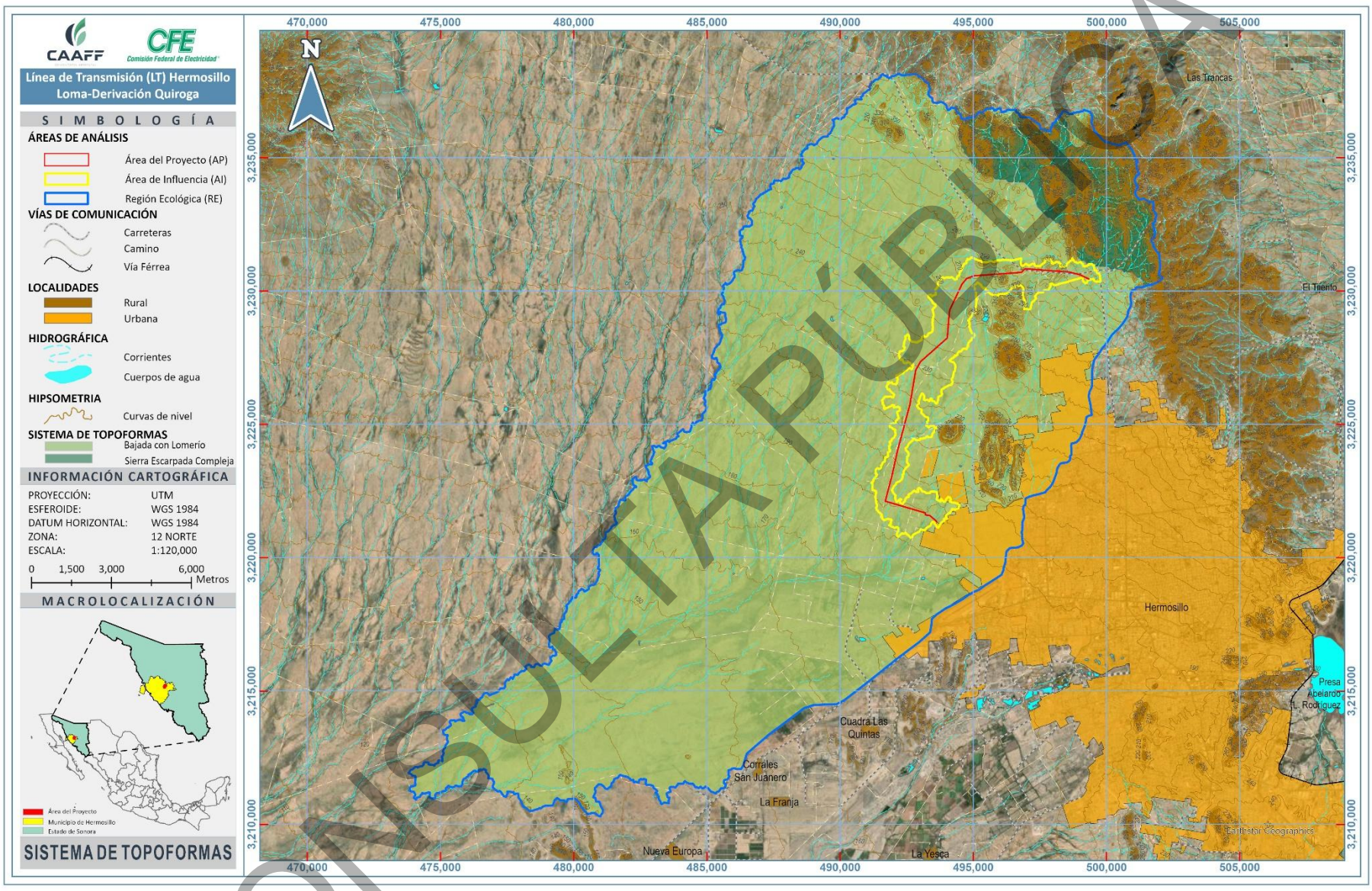


Figura 13. Topoformas presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.5 TOPOGRAFÍA

Entre las características más relevantes del relieve destacan las relacionadas con las elevaciones, pendientes y orientaciones del terreno, las cuales definen las topoformas de la superficie. Además, elementos como fallas y fracturas tectónicas complementan la morfología de una superficie específica, proporcionando información clave sobre su estructura geológica.

I.5.1 ELEVACIONES

La caracterización de las elevaciones de la RE y del AFP se realizó mediante el Modelo Digital de Elevación (MDE) de 15 m de resolución, obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

En la RE, las elevaciones varían de 125 a 750 msnm, concentrándose principalmente entre 125 y 300 msnm, intervalo que comprende el 68.15 % de su superficie. Las elevaciones superiores a 300 msnm representan el 14.73 % restante.

El AFP presenta elevaciones de 190 a 325 msnm, con predominio del intervalo de 200 a 300 msnm, que representa el 69.54 % de su superficie. En este sentido, el AFP se encuentra dentro de los rangos altitudinales que caracterizan el relieve predominante de la RE.

A continuación, se detalla la distribución de los rangos altitudinales en las dos áreas de análisis.

Tabla 9. Elevaciones presentes en la Región Ecológica

NO.	ALTITUD (msnm)	SUPERFICIE	
		ha	%
1	125-175	11,315.77	31.28
2	175-200	6,193.39	17.12
3	200-300	13,340.60	36.87
4	300-400	3,962.84	10.95
5	400-500	1,090.51	3.01
6	500-750	278.05	0.77
TOTAL		**36,181.157**	**100.0**

Tabla 10. Elevaciones presentes en el AFP

NO.	ALTITUD (msnm)	SUPERFICIE	
		ha	%
1	190-200	4.772	17.67
2	200-250	10.833	40.12
3	250-300	7.943	29.42
4	300-325	3.451	12.78
TOTAL		**26.999**	**100.0**

CONSULTA PÚBLICA

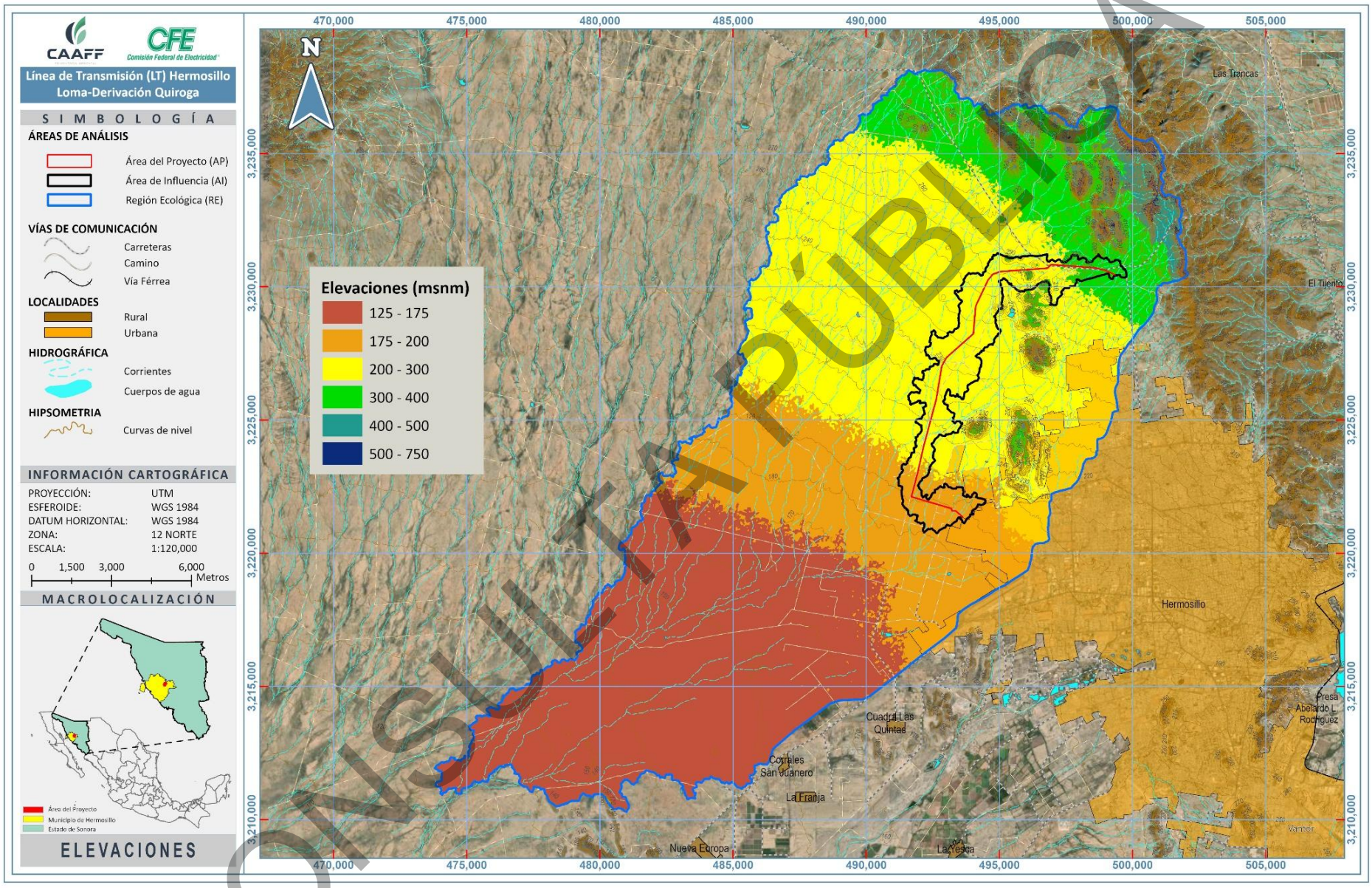


Figura 14. Mapa de elevaciones del terreno dentro de la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.5.2 PENDIENTES

La pendiente del terreno permite caracterizar el grado de inclinación y la configuración del relieve. Para su análisis se utilizó el Modelo Digital de Elevación (MDE) de 15 m de resolución del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), procesado mediante la herramienta Slope de ArcGIS Pro, expresando los resultados en porcentaje y clasificándolos de acuerdo con la metodología de la FAO (2009).

En la RE predominan los terrenos llanos a suavemente inclinados, con pendientes menores a 6 %, que en conjunto representan el 66.66 % de la superficie. Los terrenos inclinados, con pendientes de 6 a 13 %, ocupan el 23.91 %, mientras que las categorías de pendientes superiores a 13 % representan en conjunto el 9.43 %.

En el AFP se mantiene un patrón similar, con predominio de terrenos llanos a suavemente inclinados, que abarcan el 64.83 % de su superficie. Las pendientes de 6 a 13 % representan el 29.23 %, mientras que las pendientes superiores a 13 % ocupan únicamente el 5.93 %. No se identificaron superficies con pendientes mayores a 55 %.

En términos generales, tanto la RE como el AFP presentan un predominio de pendientes bajas a moderadas, con una menor presencia de terrenos escarpados.

Tabla 11. Pendientes presentes en la RE

NO.	PENDIENTE (%)	Descripción	SUPERFICIE	
			ha	%
1	Menor a 2%	Llano o casi llano	11,302.222	31.24
2	2% - 6%	Suavemente inclinado	12,813.838	35.42
3	6% - 13%	Inclinado	8,651.082	23.91
4	13% - 25%	Moderadamente escarpado	1,657.805	4.58
5	25% - 55%	Escarpado	1,414.551	3.91
6	Mayor a 55%	Muy escarpado	341.658	0.94
TOTAL			36,181.157	100.0

Tabla 12. Pendientes presentes en el AFP

NO.	PENDIENTE (%)	Descripción	SUPERFICIE	
			ha	%
1	Menor a 2%	Llano o casi llano	8.183	30.31
2	2% - 6%	Suavemente inclinado	9.321	34.52
3	6% - 13%	Inclinado	7.893	29.23
4	13% - 25%	Moderadamente escarpado	1.410	5.22
5	25% - 55%	Escarpado	0.192	0.71
6	Mayor a 55%	Muy escarpado	0.00	0.00
TOTAL			26.999	100.0

En las figuras siguientes se puede observar la distribución de los rangos de elevaciones, así como el rango de pendientes del terreno.

CONSULTA PÚBLICA

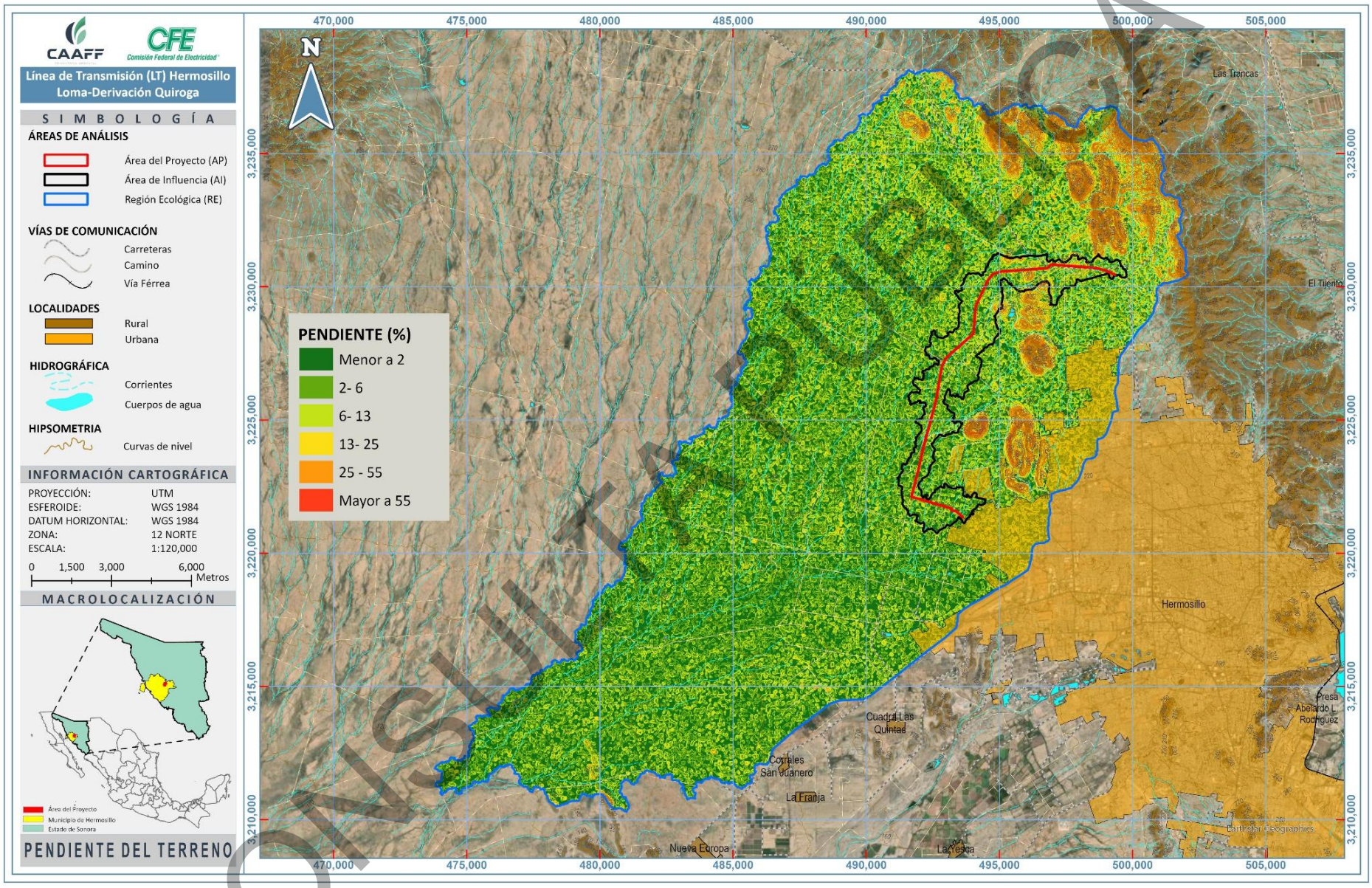


Figura 15. Mapa de pendientes del terreno dentro de la RE

CONSULTA

I.5.3 EXPOSICIONES

La exposición corresponde a la orientación de las superficies del terreno respecto a los puntos cardinales y constituye una variable relacionada con la incidencia de la radiación solar y las condiciones microclimáticas. Para su análisis se utilizó el MDE de 15 m de resolución del INEGI, mediante la herramienta Aspect de ArcGIS Pro.

En la RE, la exposición cenital es la categoría de mayor representación, con 25.27 % de la superficie, asociada principalmente con terrenos de pendiente plana. Entre las orientaciones del terreno, las exposiciones sur, suroeste y sureste representan en conjunto el 33.97 %, mientras que las orientaciones norte, noreste y noroeste abarcan el 19.98 %. Las exposiciones este y oeste representan conjuntamente el 20.77 %.

En el AFP se presenta una distribución similar, con predominio de la exposición cenital (25.64 %). Las orientaciones sur, suroeste y sureste concentran el 36.80 %, mientras que las orientaciones norte, noreste y noroeste representan el 20.44 %. Las exposiciones este y oeste comprenden el 17.12 % restante.

En términos generales, la distribución de las exposiciones en el AFP mantiene un patrón semejante al observado en la RE, sin que se identifique una orientación dominante entre las superficies inclinadas.

Tabla 13. Exposiciones presentes en la Región Ecológica

NO.	Exposición	SUPERFICIE	
		ha	%
1	Cenital	9,143.360	25.27
2	Norte	1,522.537	4.21
3	Noreste	2,413.794	6.67
4	Este	3,115.996	8.61
5	Sureste	3,746.238	10.35
6	Sur	4,055.749	11.21
7	Suroeste	4,488.809	12.41
8	Oeste	4,401.261	12.16
9	Noroeste	3,293.412	9.10
TOTAL		**36,181.157**	**100.0**

Tabla 14. Exposiciones presentes en el AFP

No.	Exposición	SUPERFICIE	
		ha	%
1	Cenital	6.923	25.64
2	Norte	1.436	5.32
3	Noreste	1.827	6.77
4	Este	1.786	6.61
5	Sureste	2.849	10.55
6	Sur	3.598	13.33
7	Suroeste	3.488	12.92
8	Oeste	2.839	10.51
9	Noroeste	2.256	8.35
Total		**26.999**	**100.0**

En la figura siguiente se aprecia la distribución de la orientación del terreno en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

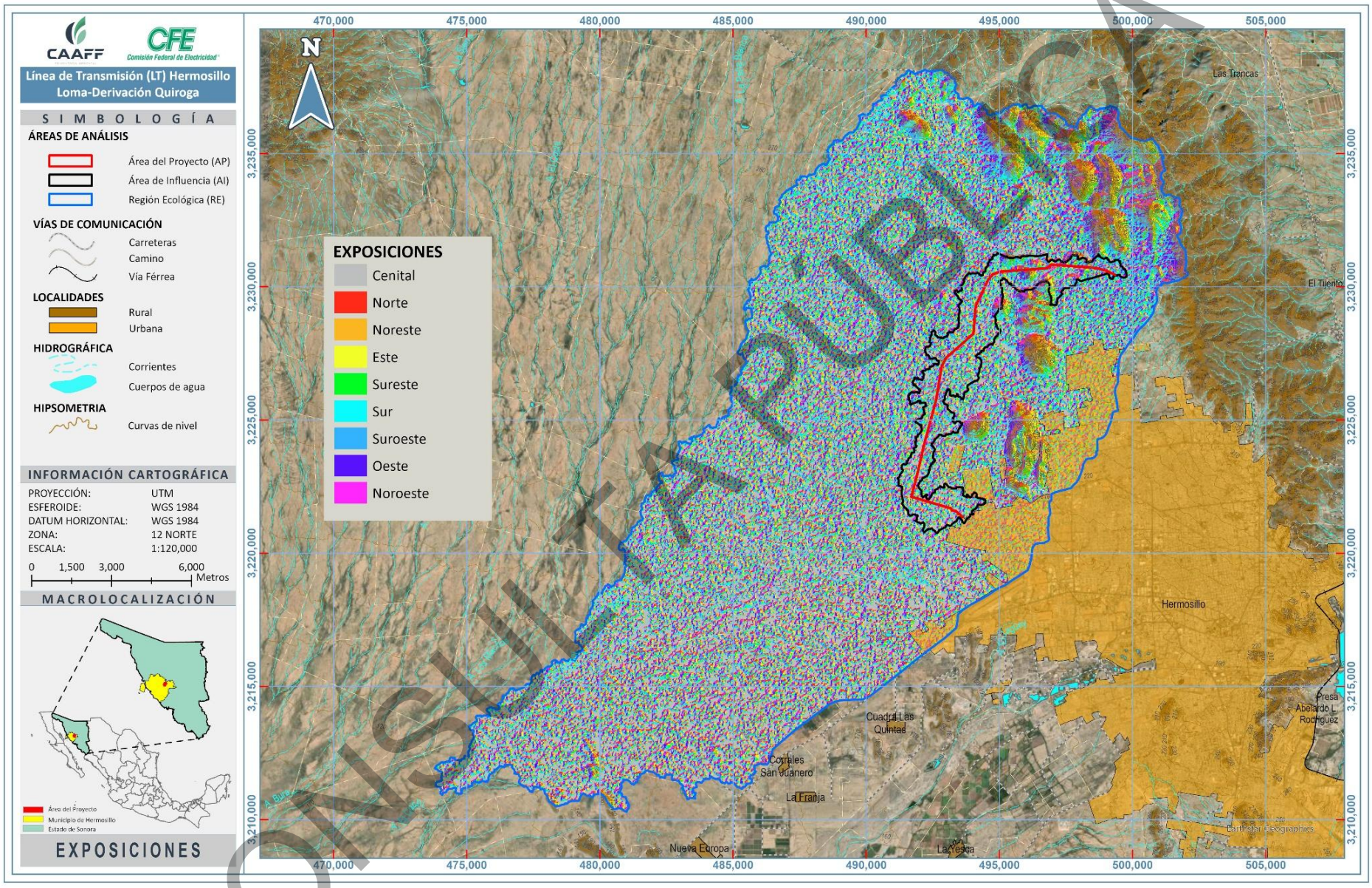


Figura 16. Mapa de exposiciones del terreno dentro de la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6 TIPOS DE SUELO

La edafología es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. El suelo se origina a partir de la materia madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre.

I.6.1 UNIDADES DE SUELO

Existen diferentes sistemas de clasificación de suelo, para el presente Proyecto se utilizó el conjunto de datos vectoriales Edafológicos escala 1:250,000 Serie III del INEGI.

Esta capa de INEGI contiene información actualizada de los diferentes grupos de suelos que existen en el territorio mexicano, que abarca una cobertura al año 2021, utilizando para la clasificación de los suelos el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (por sus siglas en ingles *World Reference Base for Soil Resources WRB*), reporte número 84, publicado por la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (SICS), Centro Internacional de Referencia e Información de Suelos (ISRIC) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y adaptado por el INEGI, para las condiciones ambientales de México.

Conforme a la clasificación de suelos de la WRB, en la RE se identifican 14 claves edafológicas, mientras que en el AFP se presentan 5. Cada clave puede estar conformada por una, dos o tres asociaciones de suelos, representadas mediante letras mayúsculas. La primera corresponde a la unidad de suelo dominante, mientras que las subsecuentes representan unidades asociadas, ordenadas de acuerdo con su extensión dentro de la unidad edafológica. Asimismo, cada unidad puede incluir calificadores descriptivos, identificados mediante letras minúsculas.

La carta edafológica también proporciona información sobre la textura del suelo. En la RE se encuentran representadas las tres clases texturales consideradas (fina, media y gruesa), mientras que en el AFP únicamente se identificaron las texturas media y gruesa.

Tabla 15. Unidades de suelo presente en la RE

NO.	CLAVE WRB	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	TEXTURA	SUPERFICIE	
						ha	%
1	CLlv-sl+RGca-ad+LVcc/2G	CL	RG	LV	2	18,367.519	50.77
2	CMeu-ax+RGeu-lo/2	CM	RG	N	2	1,868.656	5.16
3	CMsk-qs+PLeu-lo+RGad/2	CM	PL	RG	2	802.206	2.22
4	LPli-ca+RGlep-ca/2P	LP	RG	N/A	2	1,100.524	3.04
5	LPli-eu+RGlep-eu/1P	LP	RG	N/A	1	467.050	1.29
6	LPli-sk+LPvr-eu+VRlep/3P	LP	LP	VR	3	140.603	0.39
7	LPli-sk+RGlep-eu/1P	LP	RG	N/A	1	541.357	1.50
8	LPsk-lo/2G	LP	N/A	N/A	2	208.534	0.58
9	LVcan-ai+RGca-pr+CLlv/2	LV	RG	CL	2	2,113.753	5.84
10	RGeu-lo+CMcr-oh/2G	RG	CM	N/A	2	1,892.229	5.23
11	RGeu-lo+CMskp-oh/2G	RG	CM	N/A	2	152.572	0.42
12	RGeu-oh+CMsk-lo/2G	RG	CM	N/A	2	434.908	1.20
13	RGlep-sk+LPeu-ar/1G	RG	LP	N/A	1	1,246.326	3.44
14	VRcr-ca+CLcr-vr+RGce/3	VR	CL	RG	3	5,663.427	15.65
15	Zona Urbana	N/A	N/A	N/A	N/A	1,181.494	3.27
		TOTAL				36,181.157	100.0

Clave de las unidades de suelo; CL (Calcisol), CM (Cambisol), LP (Leptosol), LV (Luvisol), RG (Regosol), VR (Vertisol) y PL (Planosol)

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 16. Unidades de suelo presente en el AFP

NO.	CLAVE WRB	UNIDAD 1	GRUPO 2	GRUPO 3	SUPERFICIE	
					ha	%
1	CLlv-sl+RGca-ad+LVcc/2G	Calcisol	Regosol	Luvisol	20.473	75.83
2	LPli-ca+RGlep-ca/2P	Leptosol	Regosol	N	0.134	0.50
3	LPli-sk+RGlep-eu/1P	Leptosol	Regosol	N	2.128	7.88
4	LPsk-lo/2G	Leptosol	N	N/A	3.134	11.61
5	RGeu-lo+CMcr-oh/2G	Regosol	Cambisol	N	1.130	4.19
TOTAL					26.999	100.0

De acuerdo con la tabla anterior, existen 6 unidades de suelo dominantes o, que pertenecen al grupo 1 los cuales son; Calcisol, Cambisol, Leptosol, Luvisol, Regosol y Vertisol, siendo el Calcisol el que ocupa mayor superficie en la Región Ecológica con el 50.77%, seguido del Vertisol y Regosol con el 15.65% y el 10.30% respectivamente.

Del grupo 2 las unidades de suelo Regosol y Calcisol dominan sobre las demás unidades ocupando el 67.6% y el 15.65% con respecto de la superficie total de la RE. Finalmente, para el grupo 3 se identifican las unidades Luvisol y Regosol con el 50.77% y el 17.87% en la superficie de la RE.

En cuanto a las clases texturales; la textura media (2) es la más dominante en la RE, ocupando el 74.46% de la superficie total, seguido de la textura fina (3) con el 16.04% y la textura gruesa (1) ocupa el 6.23%.

A continuación, se presenta la descripción de las unidades de suelo de acuerdo con la Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. Escala 1: 250 000, Serie III, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015.

I.6.1.1 Grupos de suelo

Calcisol (CL). Se encuentra en el grupo 1, 2 y 3.
Del latín *calcarius,* calcáreo. Suelos con más del 15% de carbonato de calcio en por lo menos una capa de 15 cm de espesor, pueden presentar una capa cementada (petrocálcico). Muchos cultivos en Calcisoles tienen éxito si son fertilizados con nitrógeno, fósforo, hierro y zinc. Es uno de los grupos de suelo más extendidos en el país. Están situados principalmente en zonas áridas de origen sedimentario (calizas y lutitas-areniscas) en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, irrigados, drenados (para prevenir la salinización) y fertilizados, pueden ser altamente productivos bajo una amplia variedad de cultivos.

Cambisol (CM). Se encuentra en el grupo 1 y 2.
Del latín *cambiare,* cambiar. Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. No tienen un patrón climático definido, pero pueden encontrarse en alguna posición geomorfológica intermedia entre cualquiera de dos grupos de suelo considerados por la WRB. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente.

Leptosol (LP). Se encuentra en el grupo 1 y 2.
Anteriormente están incluidos en el grupo de los *Litosoles*. Del griego leptos, delgado. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras de 40% de pendiente como la sierra La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. También

CONSULTA PÚBLICA

son abundantes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, el Carso Huasteco, al pie de la Sierra Madre Occidental y en todos los sistemas de cañones. Un caso particular son los extensos afloramientos calizos encontrados en la Península de Yucatán. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero.

Luvisol (LV). Se encuentra en el grupo 1 y 3.
Del latín luere, lavar. Suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Los Luvisoles son generalmente fértiles para la agricultura. Son el quinto grupo de suelos más extendido sobre nuestro país y su distribución abarca superficies de bosques de pino en la Sierra Madre Occidental, extensas áreas de profundidad limitada en la Mesa del Centro, así como importantes superficies de pastizal en la llanura costera del Golfo.

Regosol (RG). Se encuentra en el grupo 1, 2 y 3.
Del griego *rhegos,* manta. Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados frecuentemente con Leptosoles.

Planosol (PL). Se encuentra únicamente en el grupo 2.
Del latín *planus,* plano. Suelos con un horizonte de textura gruesa abruptamente sobre un subsuelo denso y de textura más fina. Se encuentran típicamente en tierras planas de pastizales que durante algún periodo del año están cubiertas por agua. Presentan manchas rojas en la época de sequía. Son poco fértiles, comúnmente con arbustos dispersos y sistemas de raíces someros. Se distribuyen principalmente en las llanuras de piso cementado, llanuras de aluvión antiguo y extensas mesetas basálticas o escalonadas del estado de Jalisco y Aguascalientes. En México se utilizan con rendimientos moderados en la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos del centro y norte del país. Son muy susceptibles a la erosión.

Vertisol (VR). Se encuentra en el grupo 1 y 3.
Del latín *vertere,* dar vuelta. Suelos llamados pesados, se crean bajo condiciones alternadas de saturación-sequía, se forman grietas anchas, abundantes y profundas cuando están secos y con más de 30% de arcillas expandibles. Mediante un buen programa de labranza y drenaje son bastante fértiles para la agricultura por
su alta capacidad de retención de humedad y sus propiedades de intercambio mineral con las plantas. Las obras de construcción asentadas sobre estos suelos deben tener especificaciones especiales para evitar daños por movimiento o inundación. Son bastante estables frente a la erosión y tienen buen amortiguamiento contra sustancias tóxicas. Se encuentran frecuentemente en las zonas agrícolas de regadío del país, como los bajíos de Michoacán, Guanajuato y Campeche, la región de Chapala, la depresión
de Tepalcatepec y las fértiles llanuras costeras de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, así como en llanuras intermontanas de San Luis Potosí y Tamaulipas.

I.6.1.2 Clases texturales del suelo

La textura es la característica física del suelo determinada por la proporción relativa en la que se encuentran cada uno de sus componentes minerales o partículas primarias: arena, limo y arcilla. La textura influye sobre otras propiedades del suelo tales como la capacidad de almacenamiento de agua y su movimiento en el suelo; influye

CONSULTA PÚBLICA

también en la capacidad de abastecimiento de nutrimentos y aire para las plantas y demás organismos vivos. Es uno de los factores más importantes al evaluar la erosionabilidad del suelo.

De acuerdo con la información edafológica en la Región Ecológica existen tres códigos que describen la clase textural de los primeros 30 cm del suelo dominante:

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

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

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

CONSULTA PÚBLICA

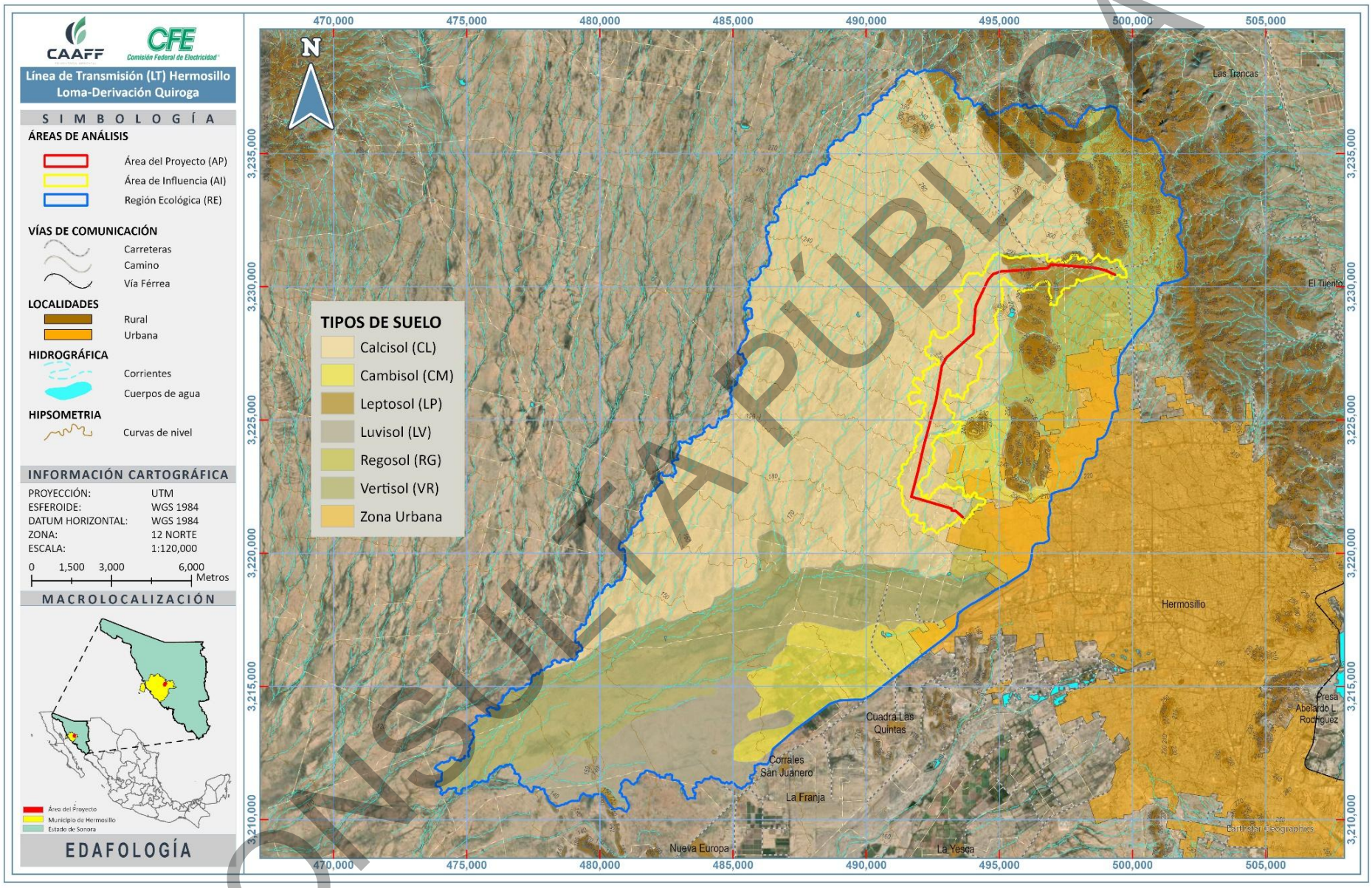


Figura 17. Tipos de suelo presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.2 DEGRADACIÓN DEL SUELO

La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo, resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales en su ecosistema.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la actualización de la evaluación de la degradación del suelo, causada por el hombre a nivel nacional. El propósito fue ubicar los principales procesos de degradación del suelo en base a la reducción de la productividad de los terrenos.

El mapa de Degradación del Suelo, generado por la Dirección General Forestal y de Suelos y, el Colegio de Postgraduados en el período 2001-2002 y publicado en la página de la CONABIO, ilustra la distribución de los distintos tipos de degradación.

Entre ellos se incluyen la erosión eólica (provocada por el viento), el déficit de humedad, y la erosión hídrica, que abarca factores como inundación, sedimentación y escurrimiento, entre otros. Además, se destacan los tipos de degradación química, como la salinización, contaminación, eutrofización y pérdida de nutrientes, así como la degradación física, que incluye fenómenos como la compactación de la estructura del suelo, encostramiento y sellamiento, hundimiento, la disminución de la disponibilidad de agua y la pérdida de la función productiva.

De acuerdo con la Capa Vectorial de Degradación del Suelo en la República Mexicana (SEMARNAT, 2004), en la RE se presentan procesos de erosión hídrica, erosión eólica y degradación física por pérdida de la función productiva. Los procesos erosivos abarcan en conjunto el 75.70 % de la superficie, predominando la erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, de grado ligero, asociada principalmente con la deforestación y remoción de la vegetación. La erosión eólica, de grado moderado, representa el 27.51 % y se relaciona principalmente con el sobrepastoreo y las actividades agrícolas. Por su parte, la degradación física comprende el 16.93 %, con grados fuerte y extremo, asociada principalmente con la urbanización y las actividades industriales. En el AFP se identifican principalmente erosión hídrica y degradación física por pérdida de la función productiva. La erosión hídrica, de grado ligero y asociada con la deforestación y remoción de la vegetación, representa el 72.93 % de su superficie. La degradación física comprende el 27.07 %, con grados fuerte y extremo, relacionada con la urbanización y las actividades industriales.

Tabla 17. Tipos de degradación del suelo en la Región Ecológica

NO.	TIPO DE DEGRADACIÓN	GRADO	CAUSA	SUPERFICIE	
				ha	%
1	Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Deforestación y remoción de la vegetación	17,434.244	48.19
2	Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento	Moderado	Sobrepastoreo	5,255.075	14.52
3	Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento	Moderado	Actividades agrícolas	4,699.121	12.99
4	Degradación física por pérdida de la función productiva	Fuerte	Urbanización	3,297.521	9.11
5	Degradación física por pérdida de la función productiva	Extremo	Actividades industriales	1,836.469	5.08
6	Degradación física por pérdida de la función productiva	Extremo	Urbanización	992.389	2.74
7	Sin Datos			2,666.338	7.37
TOTAL				**36,181.157**	**100.0**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 18. Tipos de degradación del suelo en el AFP

NO.	TIPO DE DEGRADACIÓN	GRADO	CAUSA	SUPERFICIE	
				ha	%
1	Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	ligero	Deforestación y remoción de la vegetación	19.69	72.93
2	Degradación física por pérdida de la función productiva	Fuerte	Urbanización	1.872	6.93
3		Extremo	Actividades industriales	5.437	20.14
TOTAL				26.999	100.0

A continuación, se realiza la descripción del grado de degradación.

Ligero: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad.
Moderado: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad.
Fuerte: Los terrenos a nivel de predio o de granja, tienen una degradación tan severa, que se pueden considerar con productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración.
Extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

De igual manera se observan cinco diferentes causas de la degradación, las cuales se describen a continuación:

Actividades agrícolas: se definen como el manejo inapropiado de los terrenos arables. Incluye una amplia variedad de prácticas; tales como: problemas por labranza, uso de agroquímicos, uso de abonos, uso de agua de riego de mala calidad y por la quema de residuos de cosecha. Los tipos de degradación comúnmente asociados con este factor son: erosión (hídrica y eólica), compactación, pérdida de nutrimentos, salinización y polución (por pesticidas y fertilizantes).
Deforestación y remoción de la vegetación: Se define como la (casi) total remoción de la vegetación natural (usualmente bosque primario y secundario), en grandes extensiones territoriales, para cambiar el uso de la tierra a agrícola y urbano, principalmente; para explotar comercialmente bosques a gran escala o por Incendios inducidos. La deforestación frecuentemente causa erosión y pérdida de nutrimentos.
Sobrepastoreo: además del común sobrepastoreo de la vegetación por el ganado, se consideran dentro de este grupo a otros factores relacionados con un número excesivo de cabezas de ganado, tal como el pisoteo. El efecto del sobrepastoreo usualmente es la compactación del suelo y/o la disminución de la cubierta vegetal, que provoca mayor erosión del suelo tanto por el agua como por el viento.
Actividades industriales: Incluye todas las actividades humanas de naturaleza (bio) industrial; minas abandonadas, desfogue de industrias, aguas residuales, derrames de petróleo y basureros, que están relacionadas con diferentes tipos de polución (ya sea como fuentes o de forma secundaria) y con la pérdida de la función productiva.
Urbanización: en donde se considera a todas las actividades efectuadas por la industria de la construcción, provocando la pérdida de la función productiva del suelo.

CONSULTA PÚBLICA

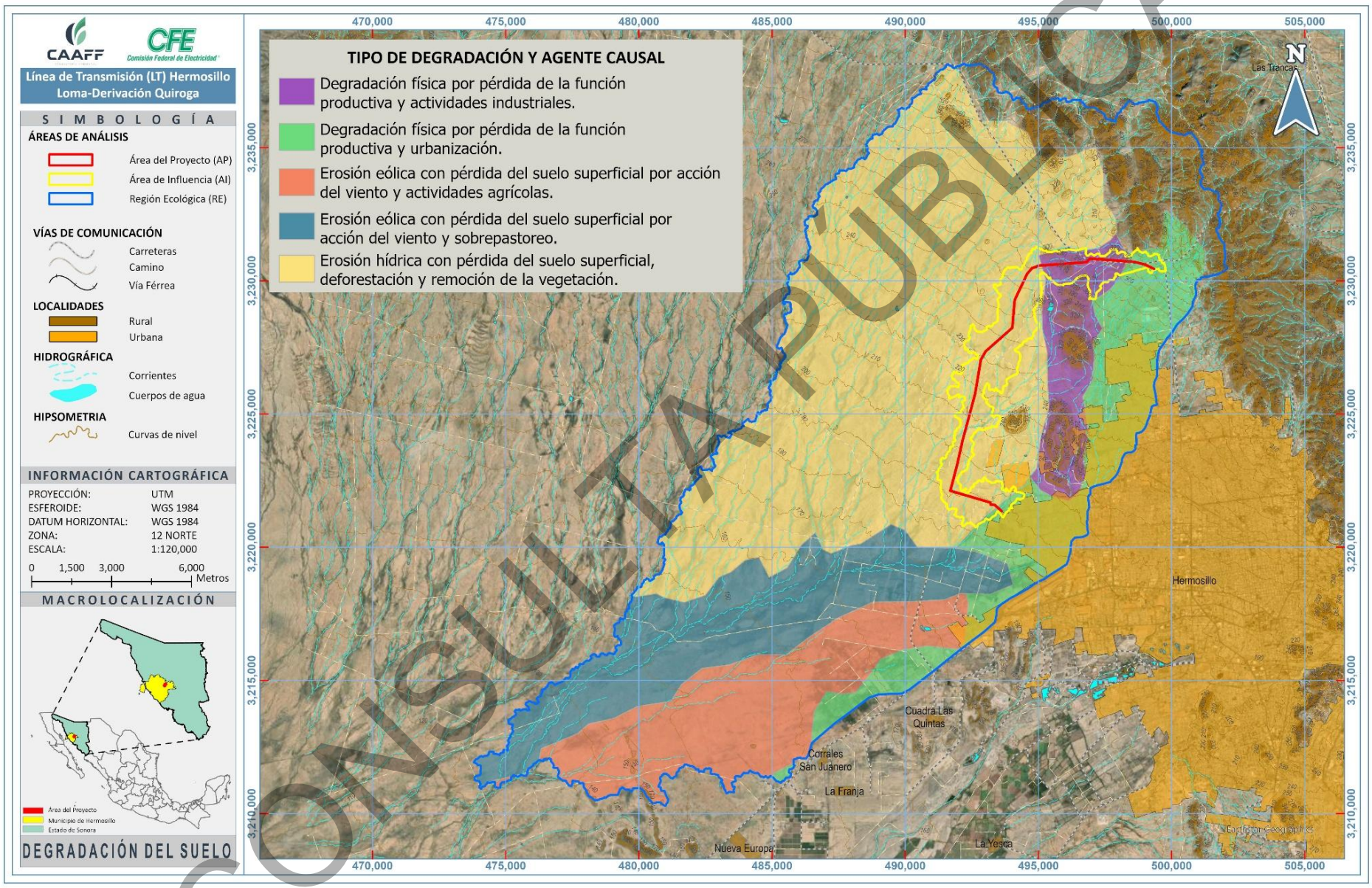


Figura 18. Tipos de degradación del suelo presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3 CÁLCULO DE LA EROSIÓN DEL SUELO

La erosión es la pérdida de suelo fértil, debido a que el agua y el viento normalmente arrastran la capa superficial de la tierra. Las actividades antropogénicas son de las principales causas de pérdida de suelo.

Uno de los factores importantes en el proceso para controlar la erosión es la evaluación del riesgo a la erosión, el cual tiene como objeto identificar aquellas áreas, donde la productividad sostenible de un uso específico de tierra es amenazada por una perdida excesiva de suelo (Zarate y Anaya, 1992; citados por Loredo *et al*., 2007).

En los siguientes apartados se presentarán los cálculos correspondientes para obtener las tasas de erosión hídrica y eólica en la RE.

I.6.3.1 Erosión hídrica

A continuación, se presentan de forma general los factores involucrados en el proceso de erosión y su progreso basados en la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS), desarrollada por Wischmeier y Smith, 1978. Con esto se pretende conocer el estado actual del suelo en el área la RE en cuanto a degradación erosiva se refiere, con el fin de tener una mayor perspectiva sobre los impactos ambientales que pudieran generarse con la realización del proyecto sobre el componente suelo. (Las hojas de cálculo de la erosión en formato Excel se presentan en los ANEXOS 8 y 9).

Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS):

$$A=R*K*L*S*C*P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo (ton/ha/año).
R = Erosividad de la lluvia (Mj mm/ha hr año).
K = Erosionabilidad del suelo (ton/hr/Mj mm).
L = Factor por longitud de pendiente (adimensional).
S = Factor por grado de pendiente (adimensional).
C = Factor por cubierta vegetal (adimensional).
P = Factor por prácticas de manejo (adimensional).

La pérdida de suelo se conoce como tasa de erosión, la tasa de erosión es un coeficiente que expresa la relación entre la cantidad y la frecuencia de los procesos erosivos. Los resultados de la tasa de erosión se clasificaron en grupos o niveles de erosión compuestos por rangos de toneladas por hectárea al año.

Cada uno de los valores de la EUPS se calculó de acuerdo con las características de la Región Ecológica. Esto se llevó a cabo con el apoyo de capas de información geográfica del INEGI escala 1:250,000 a excepción del Modelo Digital de Elevación (MDE) el cual es escala 1:50,000 y con resolución de 15 metros (ver tabla siguiente).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 19. Capas de información geográfica para implementar la EUPS

CAPA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	FACTOR
Precipitación (Datos de las estaciones meteorológicas 26139 y 26040)	R
Tipos de suelo (Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos Serie III)	K
Modelo Digital de Elevaciones (Resolución a 15 metros)	L, S
Uso del suelo y vegetación (Conjunto de Datos Vectoriales del Serie VII)	C

A continuación, se define cada uno de los factores, así como sus valores determinados para la Región Ecológica (RE).

I.6.3.1.1 Factor R = Erosividad de la lluvia

La erosividad de la lluvia se refiere a la habilidad o agresividad de la lluvia para producir erosión; es decir, la energía cinética de la lluvia necesaria para remover y transportar las partículas del suelo. Cuando la precipitación excede la capacidad de infiltración, se presenta el escurrimiento superficial, el cual también tiene la habilidad de remover y de transportar las partículas del suelo. Wischmmeier y Smith (1965) originalmente describieron la siguiente ecuación para estimar la erosividad de la lluvia (Factor R).

$$R = \sum_{j=1}^{n} (EI_{30})$$

Donde:

R = Erosividad de la lluvia (MJ mm ha-1).
n = Número de eventos durante el año.
EI30 = Índice de erosividad de la lluvia por evento.

$$EI_{30} = (E)(I_{30})$$

Donde:

EI30 = Índice de erosividad para un evento (MJ mm/Ha hr).
E = Energía cinética de la lluvia (MJ/Ha).
I30 = Intensidad máxima en 30 minutos continuos de lluvia (mm/hr).

Sin embargo, en los últimos años la utilización de este cálculo ha sido discutido y adaptado para diversas condiciones, Cortés (1991), propone catorce modelos de regresión (ecuaciones) a partir de datos de precipitación media anual para estimar el valor de R de la EUPS (ver siguiente tabla).

CONSULTA PÚBLICA

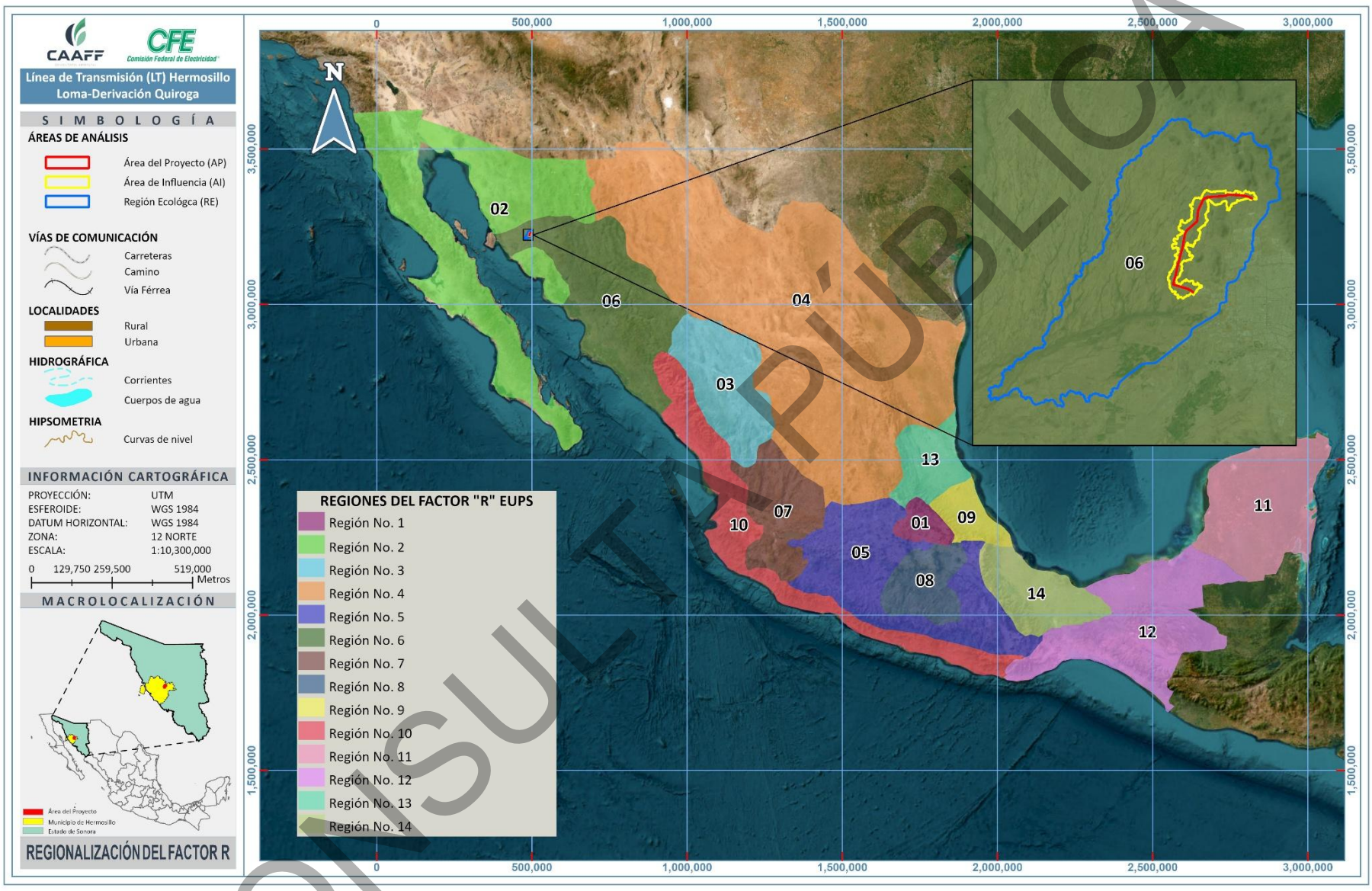


Figura 19. Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 20. Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México

REGIÓN	ECUACIONES	R^2
1	$Y= 1.20785X + 0.002276X^2$	0.92
2	$Y= 3.45552X + 0.006470X^2$	0.93
3	$Y= 3.67516X - 0.001720X^2$	0.94
4	$Y= 2.89594X + 0.002983X2$	0.92
5	$Y= 3.48801X - 0.000188X^2$	0.94
6	**$Y= 6.68471X + 0.001680X2$**	**0.90**
7	$Y= 0.03338X + 0.006661X^2$	0.98
8	$Y= 1.99671X +0.003270X^2$	0.98
9	$Y= 7.04579X - 0.002096X^2$	0.97
10	$Y= 6.8375X + 0.000442X^2$	0.95
11	$Y= 3.77448X + 0.004540X^2$	0.98
12	$Y= 2.46190X + 0.006067X^2$	0.96
13	$Y= 10.74273X - 0.001008X^2$	0.97
14	$Y= 1.50046X +0.002640X^2$	0.95

Tomando en cuenta la ecuación de erosividad de la lluvia de acuerdo con la región donde se encuentra el área de interés y una precipitación media anual, el factor R para el cálculo de la pérdida de suelo en cualquier modalidad será:

$$Y= 6.68471X + 0.001680X^2$$

Donde:

Y = Factor R.

X = Precipitación media anual.

Becerra (1997) clasifica la erosividad en ocho categorías, que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 21. Clasificación de la erosividad de la lluvia

CLASE	EROSIVIDAD R MJ mm ha^{-1}	CLASIFICACIÓN
1	< 1000	Natural
2	1000 a 2500	Muy Baja
3	2500 a 5000	Baja
4	5000 a 7500	Moderada
5	7500 a 10000	Alta
6	10000 a 15000	Muy Alta
7	15000 a 20000	Severa
8	> 20000	Extremadamente Severa

Fuente: Becerra, (1997).

De acuerdo a los resultados presentados en el apartado *III.1.1.2.2 Precipitación*, conforme a los datos promedios de las estaciones meteorológicas 26139 y 26040 la precipitación media anual a utilizar para los cálculos de erosión es de **352.95 mm**.

$$R= 6.68471X + 0.001680X^2$$
$$R= 6.68471(352.95) + 0.001680\ (352.95)^2$$
$$R = 2{,}568.652$$

En este estudio, se obtuvo un valor de **R = 2,568.652**, que se clasifica como muy "Baja", al encontrarse en el rango de 2,500 a 5,000. Esto sugiere que las precipitaciones en la región tienen menor impacto en cuanto a erosión del suelo.

CONSULTA PÚBLICA

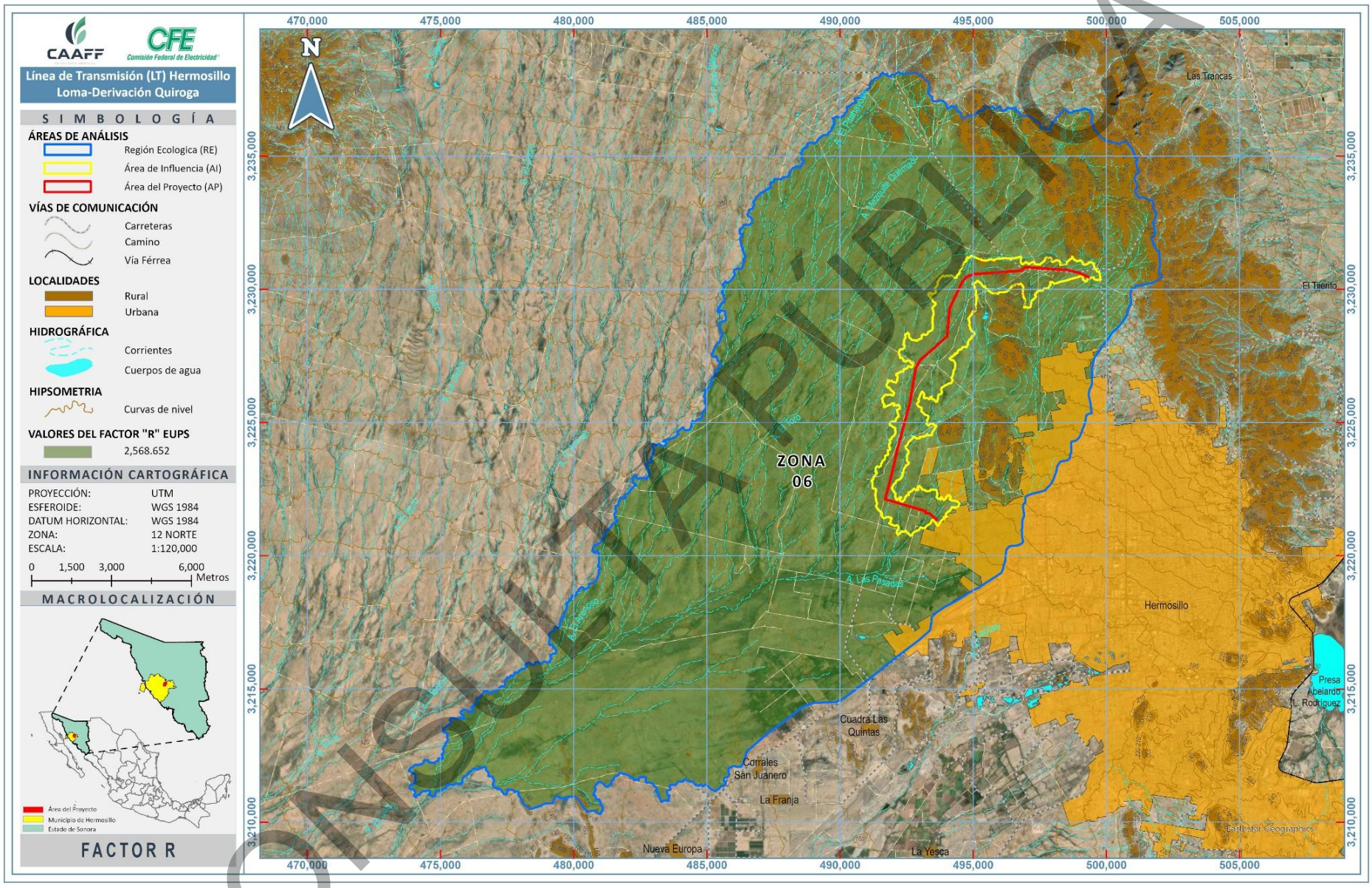


Figura 20. Distribución de los valores del factor R en el área de la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.1.2 Factor K = Erosionabilidad del suelo (ton/ha)

La erosionabilidad es la susceptibilidad del suelo a erosionarse; a mayor erosionabilidad, menor resistencia a la acción de los agentes erosivos. Las propiedades del suelo que afectan la erosionabilidad pueden agruparse en dos categorías: las que afectan la capacidad de infiltración y almacenamiento, así como las que influyen en la resistencia a la dispersión y al transporte durante la lluvia y el escurrimiento.

La erosividad varía en función de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo, presencia de óxidos de fierro y aluminio, uniones electroquímicas, contenido inicial de humedad y procesos de humedecimiento y secado. Estas propiedades se relacionan entre sí, observando que el contenido de materia orgánica afecta directamente la estabilidad estructural y esta, a su vez, influye en la porosidad, así como en la retención de humedad y conductividad hidráulica del suelo.

Las principales propiedades físicas del suelo que influyen en este factor son:

Textura del suelo. Es la característica física del suelo determinada por la proporción relativa en la que se encuentran cada uno de sus componentes minerales o partículas primarias: arena, limo y arcilla. La textura influye sobre otras propiedades del suelo tales como la capacidad de almacenamiento de agua y su movimiento en el suelo; influye también en la capacidad de abastecimiento de nutrimentos y aire para las plantas y demás organismos vivos. Es uno de los factores más importantes al evaluar la erosionabilidad del suelo.

Profundidad del suelo. Se refiere a la profundidad que pueden alcanzar las raíces sin encontrar impedimentos físicos o químicos para su desarrollo. Mientras más profundo sea el suelo superficial y mayor el espesor del material disponible para las raíces de las plantas, la erosión puede ocurrir sin pérdidas irreparables en la capacidad productiva.

Estructura. Este término se refiere a la forma en la que se agrupan los diferentes componentes del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) en agregados o peds (partículas estructurales de suelo); el patrón de acomodo de los agregados y los poros del suelo definidos por la estructura, influyen sobre el movimiento del agua y la aireación del suelo. Los principales tipos de estructura son granular, laminar, prismática y en bloques.

Estabilidad de agregados. Se refiere a la capacidad que tienen los agregados de conservar su forma cuando se humedecen o son sometidos a una acción física. Cuando se disminuye el espacio poroso total, la capacidad de infiltración tiende a bajar.

Porosidad. Se considera que el 50% del volumen del suelo se encuentra ocupado por la fracción porosa, la cual, dependiendo del tamaño de los poros, esta utilizada por aire, agua disponible y microorganismos. En sentido opuesto se encuentra la compactación, la cual es resultado, de la alteración del espacio poroso de los suelos, provocado por el uso inadecuado de prácticas en los sistemas de producción.

Consistencia. Es la resistencia que ofrece a la deformación una masa de suelo bajo condiciones específicas de humedad. La consistencia varía según el estado de humedad, por lo que se determina con el suelo seco, húmedo y mojado.

CONSULTA PÚBLICA

Infiltración y permeabilidad. La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. La capacidad de infiltración disminuye hasta alcanzar un valor casi constante a medida que la precipitación se prolonga y es entonces cuando empieza el escurrimiento.

Materia orgánica (MO). Los suelos sin MO, son suelos pobres, susceptibles a la erosión y poco favorables para el crecimiento de las plantas.

Por ello al carecer de información Montes *et al.,* (2011), propuso un método sencillo para estimar el factor K, donde se utiliza la unidad de clasificación del suelo y la textura como parámetros para estimar K. La ventaja de este método radica en su sencillez y en la disponibilidad de información, considerando que los mapas de edafología del INEGI contienen esta información.

Tabla 22. Valores del factor de erosividad (K) en función de la unidad de suelo y su textura superficial

NOMBRE	TEXTURA			
	CLAVE	GRUESA (1)	MEDIA (2)	FINA (3)
Acrisol	AC	0.026	0.04	0.013
Alisol	AL	0.026	0.04	0.013
Andosol	AN	0.026	0.04	0.013
Arenosol	AR	0.013	0.02	0.007
Chernozem	CH	0.013	0.02	0.007
Calsisol	**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
Ferralsol	FR	0.013	0.02	0.007
Gleysol	GL	0.026	0.04	0.013
Gypsisol	GY	0.053	0.079	0.026
Histosol	HS	0.053	0.02	0.007
Kastanozem	KS	0.026	0.04	0.013
Leptosol	**LP**	**0.013**	**0.02**	**0.007**
Luvisol	**LV**	0.026	**0.04**	0.013
Lixisol	LX	0.013	0.02	0.007
Nitisol	NT	0.013	0.02	0.007
Phaeozem	PH	0.013	0.02	0.007
Planosol	PL	0.053	0.079	0.026
Plinthosol	PT	0.026	0.04	0.013
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 *et al*., (2011).

Conforme a la información presentada en el apartado *III.1.6.1. Unidades de suelo*, a partir de las unidades de suelo dominantes o grupo 1 y la clase textural del suelo presente en la RE y AFP se determinó el valor de la erosionabilidad del suelo (K).

A continuación, en las siguientes tablas se muestran los valores del Factor K presentes.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 23. Valorares de factor de erosividad (K) en la RE

TIPO DE SUELO	TEXTURA	FACTOR K	SUPERFICIE	
			ha	%
Calsisol	2	0.079	18,367.519	50.77
Cambisol	2	0.04	2,670.862	7.38
Leptosol	1	0.013	1,008.407	2.79
Leptosol	2	0.02	1,309.057	3.62
Leptosol	3	0.007	140.603	0.39
Luvisol	2	0.04	2,113.753	5.84
Regosol	1	0.026	1,246.326	3.44
Regosol	2	0.04	2,479.709	6.85
Vertisol	3	0.026	5,663.427	15.65
Zona Urbana	N/A	0.000	1,181.494	3.27
TOTAL			36,181.157	100.0

Tabla 24. Valorares de factor de erosividad (K) en el AFP

TIPO DE SUELO	TEXTURA	FACTOR K	SUPERFICIE	
			ha	%
Calcisol	Media (2)	0.079	20.473	75.83
Leptosol	Gruesa (1)	0.013	2.128	7.88
Leptosol	Media (2)	0.02	3.269	12.11
Regosol	Media (2)	0.04	1.131	4.19
TOTAL			26.999	100.0

Los valores de K van desde 0.007 hasta 0.079 los valores más bajos corresponden para el suelo Leptosol (esta unidad presenta las 3 texturas de suelo), mientras que los valores más altos corresponden a grupo de los Calcisoles con textura media.

En la siguiente figura se pueden visualizar la extensión de los valores de Factor K dentro de la RE.

CONSULTA PÚBLICA

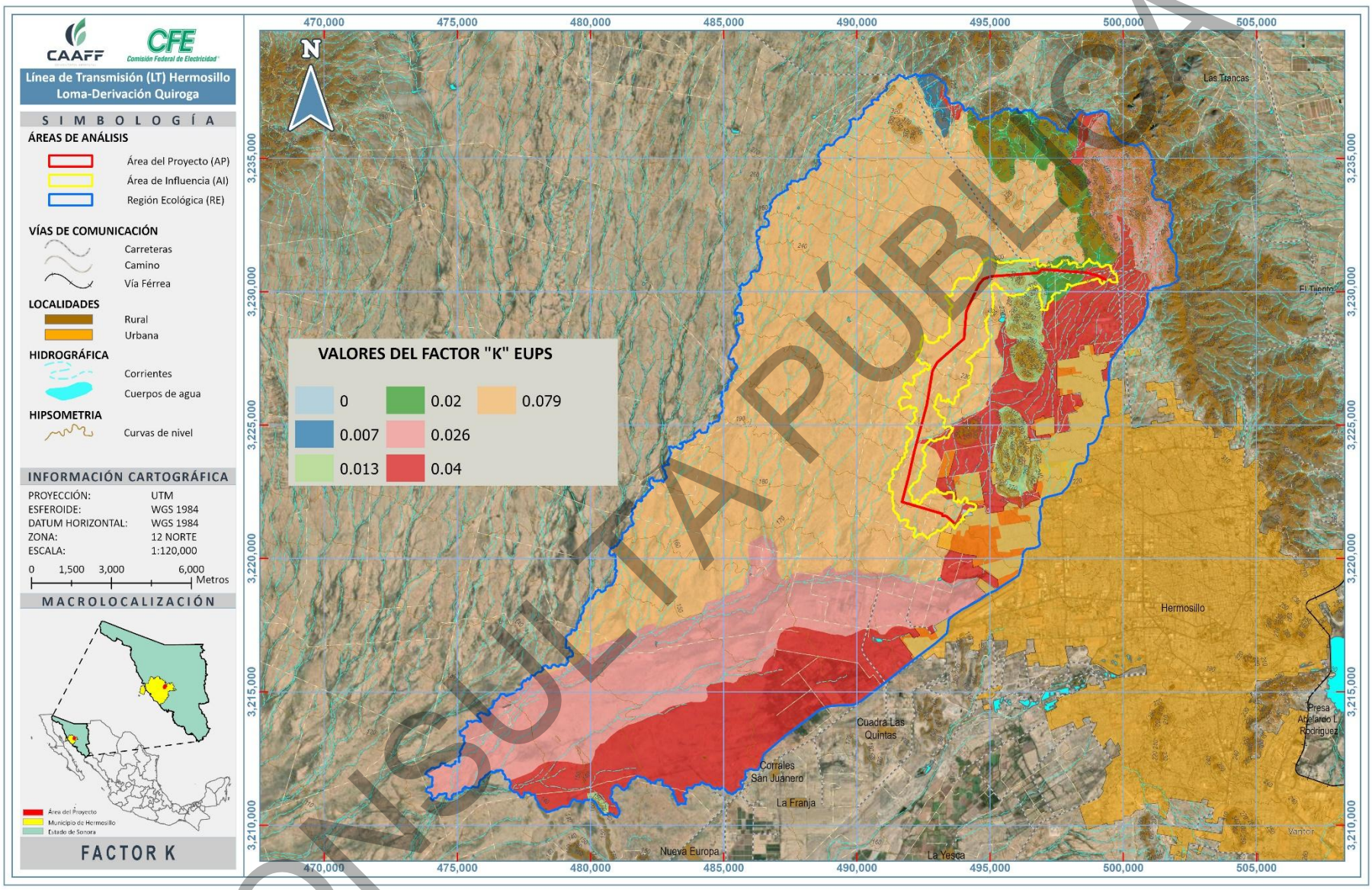


Figura 21. Distribución de los valores del factor K en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.1.3 Factor L= Factor de longitud de la pendiente (adimensional)

Se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente. Se determina mediante las siguientes fórmulas (McCool *et al*., 1987; McCool *et al*., 1997; Renard *et al*., 1997):

$$\boldsymbol{L = (\frac{\lambda}{22.13})^{m}}$$

$$\boldsymbol{m = \frac{\beta}{1+\beta}}$$

$$\boldsymbol{\beta = \frac{\sin\theta / 0.0896}{3(\sin\theta)^{0.8} + 0.56}}$$

Para poder calcular el factor L en el ArcGIS Pro 3.5.4 se sustituye la primera formula mencionada por la modificada propuesta por Desmet and Govers (1996):

$$\boldsymbol{L = \frac{(A + D^{2})^{m+1} - A^{m+1}}{D^{m+2} * (22.13)^{m}}}$$

Donde:

λ = Longitud de la ladera (m).
$\boldsymbol{\theta}$ = Pendiente del terreno (Grados).
β = factor o parámetro que varía con la pendiente.
m= exponente de la longitud de la pendiente.
A= Capa ráster de Acumulación de Flujo generado a partir de un Modelo Digital de Elevaciones.
D= Tamaño o resolución del pixel del ráster de la capa A (metros).

Velásquez (2008, citado por Pérez *et al.*, 2018) señala que, cuando se aplica esta fórmula en el Raster Calculator de ArcGIS Pro 3.0.2 se debe tomar en cuenta que el ángulo deberá ser convertido en radianes (1 grado sexagesimal = 0.01745 radianes), para que pueda ser multiplicado por los demás componentes de la ecuación.

I.6.3.1.4 Factor S= Factor de grado de pendiente (adimensional)

A medida que el grado de inclinación se incrementa, las pérdidas de suelo también aumentan. En este caso se utilizará la siguiente formula (McCool *et al*., 1987, citados por Renard *et al*., 1997):

Si tanβ < 0.09:

$$\boldsymbol{S = 10.8\ \sin\beta + 0.03}$$

Si tanβ ≥ 0.09:

$$\boldsymbol{S = 16.8\ \sin\beta - 0.50}$$

Donde:

β = Pendiente del terreno (Grados).

CONSULTA PÚBLICA

Para generar este factor, se utilizó como insumo el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con una resolución espacial de 15 metros, obtenido del INEGI, el cual representa las elevaciones de parte del territorio continental mexicano mediante valores que indican la altitud media de puntos sobre la superficie en msnm, espaciados y distribuidos en forma regular.

El resultado del ráster del Factor LS se presenta en las siguientes tablas, clasificadas conforme al uso de suelo y vegetación, así como al tipo de suelo predominante en el área de estudio.

Tabla 25. Valores del factor LS por Uso del Suelo y/o Vegetación presentes en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	UNIDAD DE SUELO	TEXTURA	FACTOR LS	SUPERFICIE	
					ha	%
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	CM	2	0.4381	832.312	2.30
2	Agricultura de riego permanente	VR	3	0.3917	117.042	0.32
3	Asentamientos humanos	N/A	N/A	0.5200	1,385.221	3.83
4	Matorral sarcocaule	CL	2	1.4884	194.953	0.54
5	Matorral sarcocaule	CM	2	4.1183	80.357	0.22
6	Matorral sarcocaule	LP	1	3.4561	491.129	1.36
7	Matorral sarcocaule	LP	2	3.8178	898.369	2.48
8	Matorral sarcocaule	LP	3	1.4512	114.786	0.32
9	Matorral sarcocaule	LV	2	0.9773	34.892	0.10
10	Matorral sarcocaule	RG	1	3.3631	1,027.688	2.84
11	Matorral sarcocaule	RG	2	1.7529	10.083	0.03
12	Matorral sarcocaule	VR	3	0.6318	27.002	0.07
13	Mezquital xerófilo	CL	2	0.4548	14,807.363	40.93
14	Mezquital xerófilo	CM	2	0.3989	409.635	1.13
15	Mezquital xerófilo	LP	1	1.1824	259.981	0.72
16	Mezquital xerófilo	LP	2	1.0919	415.175	1.15
17	Mezquital xerófilo	LP	3	0.6761	26.920	0.07
18	Mezquital xerófilo	LV	2	0.3679	1,522.867	4.21
19	Mezquital xerófilo	RG	1	1.3604	229.556	0.63
20	Mezquital xerófilo	RG	2	0.5898	1,892.739	5.23
21	Mezquital xerófilo	VR	3	0.3410	4,643.034	12.83
22	Pastizal cultivado	CL	2	0.4937	2,087.162	5.77
23	Pastizal inducido	CL	2	0.3875	281.796	0.78
24	Pastizal inducido	LV	2	0.3894	351.918	0.97
25	Pastizal inducido	VR	3	0.3649	168.180	0.46
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	CL	2	0.4092	1,000.399	2.76
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	CM	2	0.4538	1,254.907	3.47
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	LP	1	2.3771	294.823	0.81
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	LV	2	0.3871	194.886	0.54
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	RG	2	0.4417	440.473	1.22
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	VR	3	0.3629	685.510	1.89
TOTAL						100.0

Tabla 26. Valores del factor LS por Uso del Suelo y/o Vegetación presentes en el AFP

NO.	VEGETACIÓN	SUELO	FACTOR LS	SUPERFICIE	
				ha	%
1	VSa de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	0.430	20.473	75.83
2	VSa de Mezquital Xerófilo	Leptosol (1)	1.382	2.128	7.88
3	VSa de Mezquital Xerófilo	Leptosol (2)	0.763	3.269	12.11
4	VSa de Mezquital Xerófilo	Regosol (2)	0.568	1.131	4.19
TOTAL				26.999	100.0

CONSULTA PÚBLICA

Los resultados del Factor LS de la RE muestra valores comprendidos entre 0.3409 y 4.1182 y para el AFP entre 0.430 y 1.382, lo cual indica variaciones en la longitud y pendiente de las laderas dentro del área de estudio. Los valores más bajos de LS se asocian generalmente con zonas de pendientes suaves o laderas cortas, mientras que los valores más altos corresponden a áreas con pendientes pronunciadas o laderas más largas. Cabe mencionar que los valores más altos se ubican en la Zona norte de la RE, en el cual el sistema de topoformas es de Sierra con elevaciones y pendientes mayores con respecto al resto de la zona en donde confluyen zonas de bajadas y lomeríos.

CONSULTA PÚBLICA

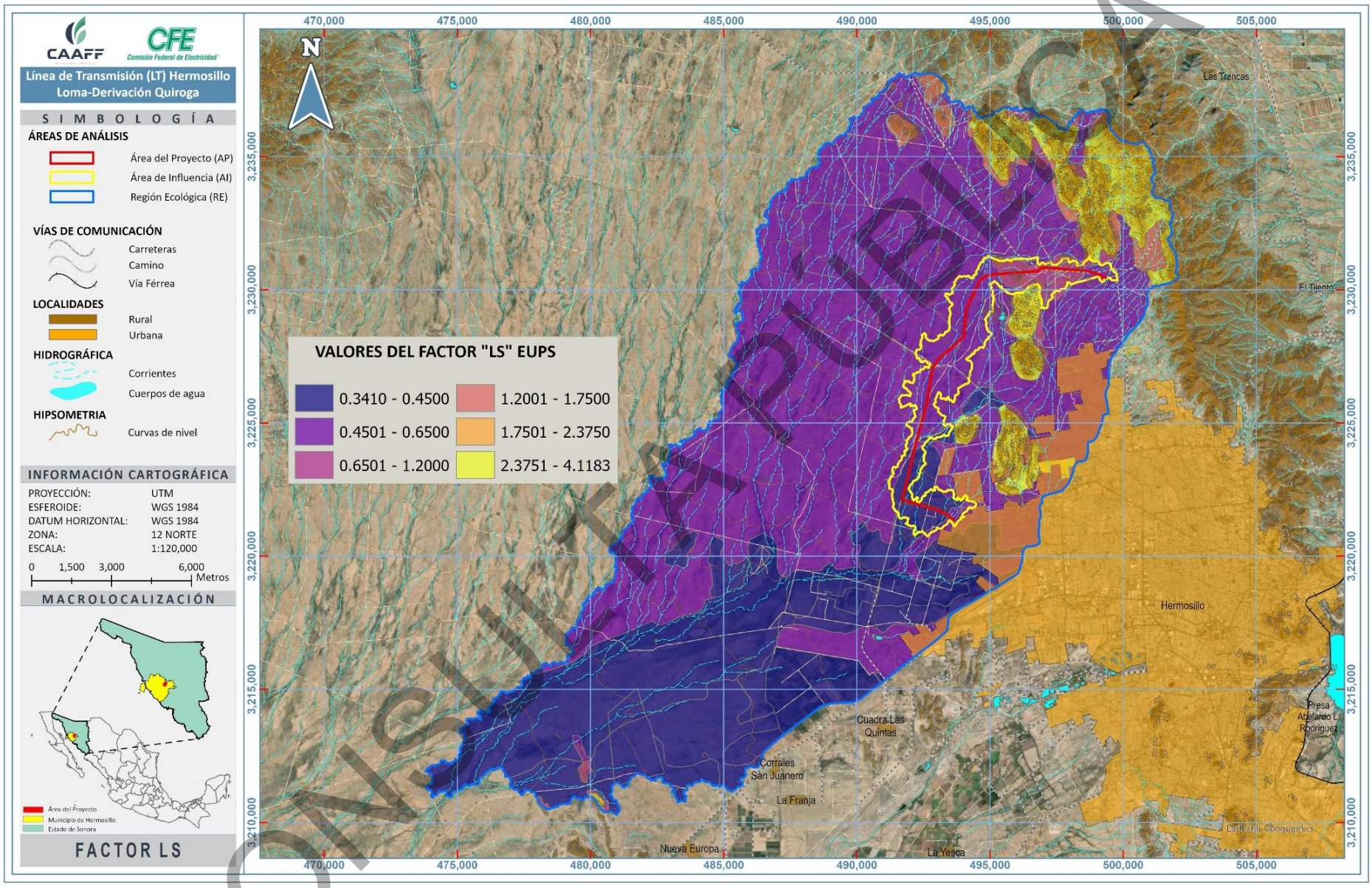


Figura 22. Distribución de los valores del factor LS en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.1.5 Factor C= Factor de cubierta vegetal (adimensional)

El factor C mide la influencia de la cubierta vegetal sobre la protección del suelo frente a la erosión hídrica. Es un indicador crucial en el control de la erosión, ya que refleja la capacidad de la vegetación y los residuos de cosecha para reducir el impacto de las gotas de lluvia y minimizar el escurrimiento superficial (Loredo *et al*., 2007).

Este factor tiene valores que oscilan entre 0 y 1, donde los valores cercanos a 0 representan una cobertura vegetal densa y efectiva en la protección del suelo, mientras que los valores cercanos a 1 indican una menor protección y una mayor susceptibilidad a la erosión.

A continuación, se presenta una tabla con los valores típicos del factor C según el tipo de vegetación.

Tabla 27. Valores de C para la EUPS

CUBIERTA VEGETAL	FACTOR C
Arbolado Denso	0.001- 0.003
Arbolado Clareado	0.003 – 0.009
Matorral	0.003-0.013
Matorral Ralo	0.013-0.020
Cultivos Anuales	0.25
Pastizales	0.15
Plantas Herbáceas	0.003
Cubierta Escasa (60%)	0.15-0.29
Cubierta Inapreciable	0.45

Fuente: Viramontes (2012).

Asignación de valores para el factor C en la RE

El factor de cubierta vegetal (C) se determina con base en el tipo de vegetación y uso de suelo, considerando que este factor influye directamente en la capacidad de protección del suelo frente a la erosión hídrica. Los valores asignados para cada tipo de uso de suelo y vegetación en la RE se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 28. Valor del factor de cubierta vegetal (C) en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	FACTOR C	SUPERFICIE	
			ha	%
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	0.25	832.312	0.25
2	Agricultura de riego permanente	0.25	117.042	0.25
3	Asentamientos humanos	0.45	1,385.230	0.45
4	Matorral sarcocaule	0.003	2,879.265	0.003
5	Mezquital xerófilo	0.003	24,207.263	0.003
6	Pastizal cultivado	0.15	2,087.162	0.15
7	Pastizal inducido	0.15	801.894	0.15
8	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.013	3,870.990	0.013
TOTAL			36,181.157	100.0

Los usos de suelo no forestal como los asentamientos humanos y las áreas agrícolas tienen el mayor valor para el factor C debido a la falta de protección vegetal, siendo los matorrales y mezquitales los que presentan un valor más bajo para el factor C.

CONSULTA PÚBLICA

Asignación de valores para el factor C en el AFP por escenario

El Área Forestal del Proyecto (AFP) corresponde a una superficie de 26.999 ha, y presenta un único tipo de vegetación, correspondientes a Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX).

A continuación, se presenta la descripción de la vegetación existentes en el AFP.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MZX): La Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX) constituye una fase sucesional o de reemplazo derivada de la modificación de la estructura original del mezquital. Se distribuye de forma discontinuada y fragmentada en las regiones áridas y semiáridas del norte y centro-norte del país, principalmente en los estados de Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí, entre otros. Esta comunidad se establece en un amplio intervalo altitudinal que abarca desde los 100 hasta los 2,300 m.s.n.m., desarrollándose predominantemente en relieve de llanuras y bajadas aluviales, y en menor proporción sobre lomeríos suaves y laderas del pie de monte.

Esta unidad vegetacional prospera bajo regímenes térmicos y pluviométricos extremos. Se asocia a climas secos y muy secos del grupo B (clasificación de Köppen modificada por García), destacando las variantes BW (muy seco o desértico) y BS (seco o semiárido). La precipitación media anual varía en un rango de 100 a 700mm, concentrándose la mayor parte de la lámina de lluvia durante los meses de verano. La oscilación térmica anual e interdiurna es bastante pronunciada; las temperaturas máximas extremas alcanzan los 45.8°C durante la temporada estival, mientras que las mínimas extremas descienden hasta los -3°C durante los eventos invernales, condicionando un ambiente de alta aridez e insolación.
Estructuralmente, la comunidad presenta una fisonomía predominantemente arbustiva, dominada por especímenes de porte bajo a medio con ramificación desde la base y denso dosel de baja estatura. Coexiste en ecotonos y matorrales de transición con elementos del matorral desértico micrófilo y rosetófilo.

El factor de cubierta vegetal (C) se determina con base en el tipo de vegetación y uso de suelo, considerando que este factor influye directamente en la capacidad de protección del suelo frente a la erosión hídrica. Los valores asignados para cada tipo de uso de suelo y vegetación en el AFP se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 29. Asignación de Factor C por tipo de vegetación presentes en el AFP (Escenario 1)

NO.	DESCRIPCIÓN	FACTOR C	SUPERFICIE	
			ha	%
1	Vegetación Secundaria Arbustiva Mezquital Xerófilo (VSa/MKX)	0.013	26.999	100.0
TOTAL			26.999	100.0

La realización del AFP se hará bajo dos escenarios; el primero es permanente donde se ubicará la obra donde se requiere de la eliminación completa de la vegetación quedando el suelo desnudo, por lo tanto, el valor de C; corresponde a una cubierta inapreciable según Viramontes (2012). En este sentido el resultado del manejo de la vegetación influye directamente en la cobertura de protección. A continuación, se presentan los valores del factor C bajo el supuesto de realizar el AFP.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 30. Asignación de Factor C por tipo de vegetación presentes en el AFP (Escenario 2)

NO.	DESCRIPCIÓN	FACTOR	SUPERFICIE	
		C	ha	%
1	Sin vegetación aparente	0.45	26.999	100.0
TOTAL			26.999	100.0

CONSULTA PÚBLICA

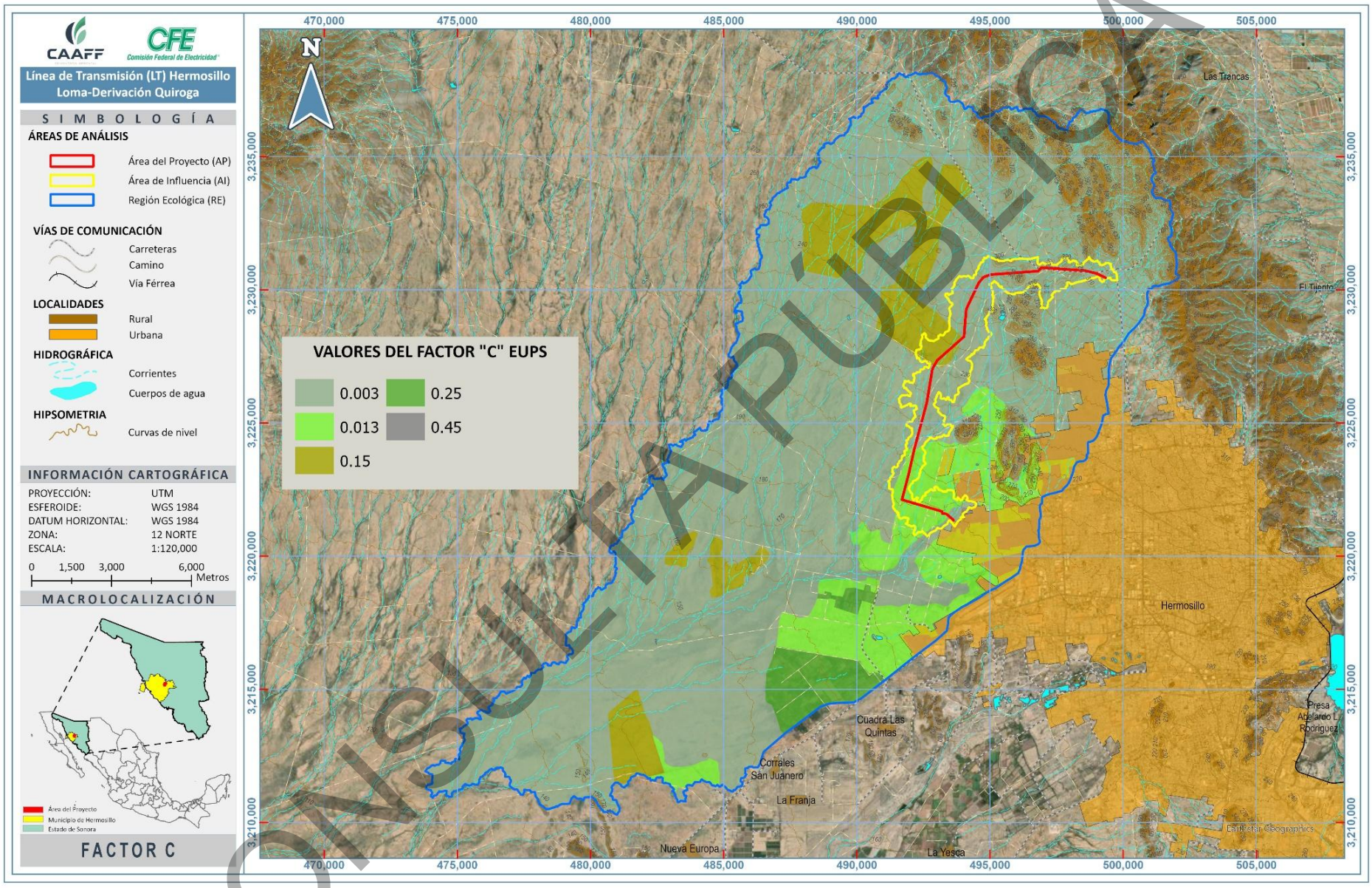


Figura 23. Distribución de los valores del factor C en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.1.6 Cálculo de la erosión hídrica en la Región Ecológica (RE)

En este apartado se muestran los resultados de la erosión hídrica de los tipos de vegetación y uso de suelos presentes en la RE. Como se comentó anteriormente, para determinar el grado de erosión de la RE se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) propuesta por Wischmeier y Smith (1978). La cual con la integración de sus factores (R, K, LS y C) permite estimar la erosión hídrica actual.

Una vez determinados los procesos erosivos de los factores de la EUPS, se multiplicaron cada uno de estos factores entre sí para determinar el valor estimado de la pérdida de suelo por erosión hídrica en el área de la RE.
Esta pérdida de suelo se conoce como tasa de erosión, la tasa de erosión es un coeficiente que expresa la relación entre la cantidad y la frecuencia de los procesos erosivos. Los resultados de la tasa de erosión se clasificaron en grupos o niveles de erosión compuestos por rangos de toneladas por hectárea al año. Para dicha clasificación se utilizó como base la clasificación propuesta por CONAFOR (2010) (ver tabla siguiente).

Tabla 31. Clasificación de los niveles de pérdida de suelo por erosión hídrica

NIVEL	RANGO (Ton/ha/año)
Muy Ligero	0-5
Ligero	5-12
Moderado	12-50
Alta	50-200
Muy Alta	>200

Como resultado, se obtuvieron las siguientes tasas de erosión hídrica por tipo de vegetación y uso de suelo, así como su clasificación de nivel de erosión propuesta por CONAFOR (2010), en la RE se presentan únicamente los niveles "Muy Ligero", "Ligero" y "Moderado", se pueden observar los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 32. Tasa de erosión hídrica (Ton/ha/año) por tipo de vegetación presente en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	MUY LIGERA	LIGERA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA	TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	-	11.254	-	-	-	11.254
2	Agricultura de riego permanente	-	6.540	-	-	-	6.540
3	Asentamientos humanos	0.000	-	-	-	-	0.000
4	Matorral sarcocaule	0.906	-	-	-	-	0.906
5	Matorral sarcocaule	1.269	-	-	-	-	1.269
6	Matorral sarcocaule	0.346	-	-	-	-	0.346
7	Matorral sarcocaule	0.588	-	-	-	-	0.588
8	Matorral sarcocaule	0.078	-	-	-	-	0.078
9	Matorral sarcocaule	0.301	-	-	-	-	0.301
10	Matorral sarcocaule	0.674	-	-	-	-	0.674
11	Matorral sarcocaule	0.540	-	-	-	-	0.540
12	Matorral sarcocaule	0.127	-	-	-	-	0.127
13	Mezquital xerófilo	0.277	-	-	-	-	0.277
14	Mezquital xerófilo	0.123	-	-	-	-	0.123
15	Mezquital xerófilo	0.118	-	-	-	-	0.118
16	Mezquital xerófilo	0.168	-	-	-	-	0.168
17	Mezquital xerófilo	0.036	-	-	-	-	0.036
18	Mezquital xerófilo	0.113	-	-	-	-	0.113
19	Mezquital xerófilo	0.273	-	-	-	-	0.273
20	Mezquital xerófilo	0.182	-	-	-	-	0.182
21	Mezquital xerófilo	0.068	-	-	-	-	0.068
22	Pastizal cultivado	-	-	15.029	-	-	15.029
23	Pastizal inducido	-	11.796	-	-	-	11.796
24	Pastizal inducido	-	6.001	-	-	-	6.001

CONSULTA PÚBLICA

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	MUY LIGERA	LIGERA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA	TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)
25	Pastizal inducido	3.655	-	-	-	-	3.655
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1.080	-	-	-	-	1.080
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.606	-	-	-	-	0.606
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1.032	-	-	-	-	1.032
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.517	-	-	-	-	0.517
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.590	-	-	-	-	0.590
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.315	-	-	-	-	0.315
	Promedio	**0.538**	**8.898**	**15.029**	**0.000**	**0.000**	**2.084**

Notando que, la tasa de erosión hídrica en la Región Ecológica en promedio corresponde a **2.084 Ton/año**. Derivado de la tabla anterior, se procedió a clasificar la superficie de la RE por nivel de erosión (ver siguiente tabla).

Tabla 33. Superficie en hectáreas (ha) por nivel de erosión y por tipo de vegetación en el área de la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	MUY LIGERA	LIGERA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA	SUPERFICIE TOTAL (ha)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	-	832.312	-	-	-	832.312
2	Agricultura de riego permanente	-	117.042	-	-	-	117.042
3	Asentamientos humanos	1,385.221	-	-	-	-	1,385.221
4	Matorral sarcocaule	194.953	-	-	-	-	194.953
5	Matorral sarcocaule	80.357	-	-	-	-	80.357
6	Matorral sarcocaule	491.129	-	-	-	-	491.129
7	Matorral sarcocaule	898.369	-	-	-	-	898.369
8	Matorral sarcocaule	114.786	-	-	-	-	114.786
9	Matorral sarcocaule	34.892	-	-	-	-	34.892
10	Matorral sarcocaule	1,027.688	-	-	-	-	1,027.688
11	Matorral sarcocaule	10.083	-	-	-	-	10.083
12	Matorral sarcocaule	27.002	-	-	-	-	27.002
13	Mezquital xerófilo	14807.363	-	-	-	-	14,807.363
14	Mezquital xerófilo	409.635	-	-	-	-	409.635
15	Mezquital xerófilo	259.981	-	-	-	-	259.981
16	Mezquital xerófilo	415.175	-	-	-	-	415.175
17	Mezquital xerófilo	26.920	-	-	-	-	26.920
18	Mezquital xerófilo	1522.867	-	-	-	-	1,522.867
19	Mezquital xerófilo	229.556	-	-	-	-	229.556
20	Mezquital xerófilo	1892.739	-	-	-	-	1,892.739
21	Mezquital xerófilo	4643.034	-	-	-	-	4,643.034
22	Pastizal cultivado	-	-	2,087.162	-	-	2,087.162
23	Pastizal inducido	-	281.796	-	-	-	281.796
24	Pastizal inducido	-	351.918	-	-	-	351.918
25	Pastizal inducido	168.180	-	-	-	-	168.180
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,000.399	-	-	-	-	1,000.399
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,254.907	-	-	-	-	1,254.907
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	294.823	-	-	-	-	294.823
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	194.886	-	-	-	-	194.886
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	440.473	-	-	-	-	440.473
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	685.510	-	-	-	-	685.510
	TOTAL	**32,510.928**	**1,583.067**	**2,087.162**	**0.000**	**0.000**	**36,181.157**

Posterior a obtener las tasas de erosión hídrica en la RE, se procedió al cálculo del volumen de erosión, este cálculo se obtener al multiplicar la tasa de erosión hídrica por la superficie en hectáreas, dicho esto, el volumen de erosión hídrica en la RE se clasificó por nivel de erosión y por tipo uso de suelo y/o vegetación tal y como se muestra en la siguiente tabla.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 34. Volumen de Erosión Hídrica (Ton/año), clasificada por nivel de erosión y por tipo de vegetación en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	MUY LIGERA	LIGERA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA	VOLUMEN DE EROSION TOTAL (Ton/ha)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	-	9,367.037	-	-	-	9,367.04
2	Agricultura de riego permanente	-	765.425	-	-	-	765.43
3	Asentamientos humanos	0.00	-	-	-	-	0.00
4	Matorral sarcocaule	176.652	-	-	-	-	176.65
5	Matorral sarcocaule	102.006	-	-	-	-	102.01
6	Matorral sarcocaule	170.043	-	-	-	-	170.04
7	Matorral sarcocaule	528.599	-	-	-	-	528.60
8	Matorral sarcocaule	8.985	-	-	-	-	8.99
9	Matorral sarcocaule	10.511	-	-	-	-	10.51
10	Matorral sarcocaule	692.463	-	-	-	-	692.46
11	Matorral sarcocaule	5.448	-	-	-	-	5.45
12	Matorral sarcocaule	3.418	-	-	-	-	3.42
13	Mezquital xerófilo	4,099.544	-	-	-	-	4,099.54
14	Mezquital xerófilo	50.362	-	-	-	-	50.36
15	Mezquital xerófilo	30.793	-	-	-	-	30.79
16	Mezquital xerófilo	69.866	-	-	-	-	69.87
17	Mezquital xerófilo	0.982	-	-	-	-	0.98
18	Mezquital xerófilo	172.685	-	-	-	-	172.69
19	Mezquital xerófilo	62.570	-	-	-	-	62.57
20	Mezquital xerófilo	344.082	-	-	-	-	344.08
21	Mezquital xerófilo	317.178	-	-	-	-	317.18
22	Pastizal cultivado	-	-	31,367.873	-	-	31,367.87
23	Pastizal inducido	-	3,324.075	-	-	-	3,324.08
24	Pastizal inducido		2,111.891	-	-	-	2,111.89
25	Pastizal inducido	614.781	-	-	-	-	614.78
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,079.981	-	-	-	-	1,079.98
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	760.665	-	-	-	-	760.66
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	304.223	-	-	-	-	304.22
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	100.771	-	-	-	-	100.77
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	259.851	-	-	-	-	259.85
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	215.985	-	-	-	-	215.99
	TOTAL	10,182.445	15,568.429	31,367.873	0.000	0.000	57,118.747

Como se puede observar en la tabla anterior, la RE cuenta con un volumen de erosión total de **57,118.747** Ton/año en la superficie total de RE.

De acuerdo con los datos que se muestran en la tabla siguiente, el nivel de erosión predominante en la RE es "Muy Ligera", la cual corresponde al 86.03% de la superficie total de la RE, los niveles "Ligera" y "Moderada" los cuales ocupan el 4.38% y 5.77% respectivamente en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 35. Superficie por nivel de erosión en la Región Ecológica (RE)

EROSIÓN HÍDRICA (Ton/ha/año)	SUPERFICIE	
	ha	%
1. Muy Ligera (<5)	32,510.928	86.03
2. Ligera (5 - 12)	1,583.067	4.38
3. Moderada (12 - 50)	2,087.162	5.77
4. Alta (50 - 200)	0.000	0.00
5. Muy Alta (>200)	0.000	0.00
TOTAL	36,181.157	100.0

I.6.3.1.7 Cálculo de la erosión hídrica en el Área Forestal del Proyecto (AFP)

El AFP (26.999 hectáreas) presenta vegetación forestal que corresponde a Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MKX). A continuación, se realiza un análisis comparativo sobre la pérdida de suelo en condiciones actuales y una vez ejecutado el proyecto en su área forestal. Para esto, cada uno de los casos se denomina como "Escenario 1" y "Escenario 2", y adicionalmente se presenta la comparativa de las condiciones actuales y una vez establecido el proyecto.

* ESCENARIO 1. EROSIÓN HÍDRICA EN CONDICIONES ACTUALES EN EL AFP

En este escenario se estimó la erosión hídrica del área forestal en su condición actual (Ver siguiente tabla).

Tabla 36. Valores de la erosión hídrica en condiciones actuales en el AFP (Escenario 1)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO (GRUPO TEXTURAL)	FACTORES				TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
		R	K	C	LS				
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	2,568.652	0.079	0.013	0.430	1.134	20.473	23.223	1. Muy Ligera
	Leptosol (1)	2,568.652	0.013	0.013	1.382	0.600	2.128	1.276	1. Muy Ligera
	Leptosol (2)	2,568.652	0.020	0.013	0.763	0.510	3.269	1.666	1. Muy Ligera
	Regosol (2)	2,568.652	0.040	0.013	0.568	0.759	1.131	0.858	1. Muy Ligera
TOTAL							26.999	27.022	-

Como se puede observar en la tabla anterior, el AFP en su escenario 1 cuenta con un rango de tasa de erosión hídrica de 0.510 a 1.134 Ton/ha/año. Asimismo, se determina que el nivel de erosión del área forestal en su escenario 1 es "Muy Ligera", esto según la clasificación de erosión propuesta por CONAFOR (2010).

Posterior a obtener las tasas de erosión hídrica en el AFP, se procedió al cálculo del volumen de erosión, este cálculo se obtiene al multiplicar la tasa de erosión hídrica por la superficie del AFP, dicho esto, el volumen de erosión hídrica total del área forestal en su escenario 1 corresponde a 27.022 toneladas al año.

* ESCENARIO 2. EROSIÓN HÍDRICA UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EN EL AFP

Para el escenario 2, dadas las características de la obra como se mencionó en capítulos anteriores, se afectará la cobertura forestal, por ello para el cálculo de la erosión hídrica, para el factor C, se consideraron los siguientes valores.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 37. Valores de la erosión hídrica una vez ejecutado el proyecto en el AFP (Escenario 2)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO (GRUPO TEXTURAL)	FACTORES				TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
		R	K	C	LS				
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	2,568.652	0.079	0.45	0.430	39.266	20.473	803.867	3. Moderada
	Leptosol (1)	2,568.652	0.013	0.45	1.382	20.767	2.128	44.181	3. Moderada
	Leptosol (2)	2,568.652	0.020	0.45	0.763	17.639	3.269	57.653	3. Moderada
	Regosol (2)	2,568.652	0.040	0.45	0.568	26.262	1.131	29.689	3. Moderada
TOTAL							26.999	935.390	-

Como se puede observar en la tabla anterior, el AFP en su escenario 2 cuenta con un rango de tasa de erosión hídrica de 17.639 a 39.266 Ton/ha/año. Asimismo, se determina que el nivel de erosión del AFP en su escenario 2 corresponde a un rango "Moderada", esto según la clasificación de erosión propuesta por CONAFOR (2010).

Posterior a obtener las tasas de erosión hídrica en el AFP, se procedió al cálculo del volumen de erosión (ver tabla anterior), este cálculo se obtiene al multiplicar la tasa de erosión hídrica por la superficie del AFP, dicho esto, el volumen de erosión hídrica total del AFP en su escenario 2 corresponde a 935.390 toneladas al año.

* VOLUMEN DE EROSIÓN HÍDRICA A MITIGAR (Ton/Año)

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la erosión hídrica del suelo en el AFP, en condiciones actuales (escenario 1) y una vez ejecutado el proyecto en el área forestal (escenario 2), así como el volumen de pérdida de suelo a mitigar.

Tabla 38. Erosión hídrica en el área del AFP en condiciones actuales y una vez ejecutado el proyecto

OBRA	VEGETACIÓN / USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)		VOLUMEN TOTAL DE EROSIÓN HÍDRICA A MITIGAR (Ton/año)
			ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo a Sin vegetación aparente	26.999	27.022	935.390	908.368

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, la pérdida de suelo por erosión hídrica en condiciones actuales es de 27.022 Ton/año, mientras que una vez ejecutado proyecto en el AFP se presenta una pérdida de suelo de 935.390 Ton/año; a lo cual, a diferencia a mitigar entre los dos escenarios es de 908.368 toneladas por año.

Es importante mencionar que se llevarán a cabo las medidas preventivas y de mitigación necesarias para contrarrestar los efectos negativos en el suelo, mismas que se describen a detalle en el Programa de Conservación y Restauración de Suelo y Agua que se anexa en el presente estudio.

CONSULTA PÚBLICA

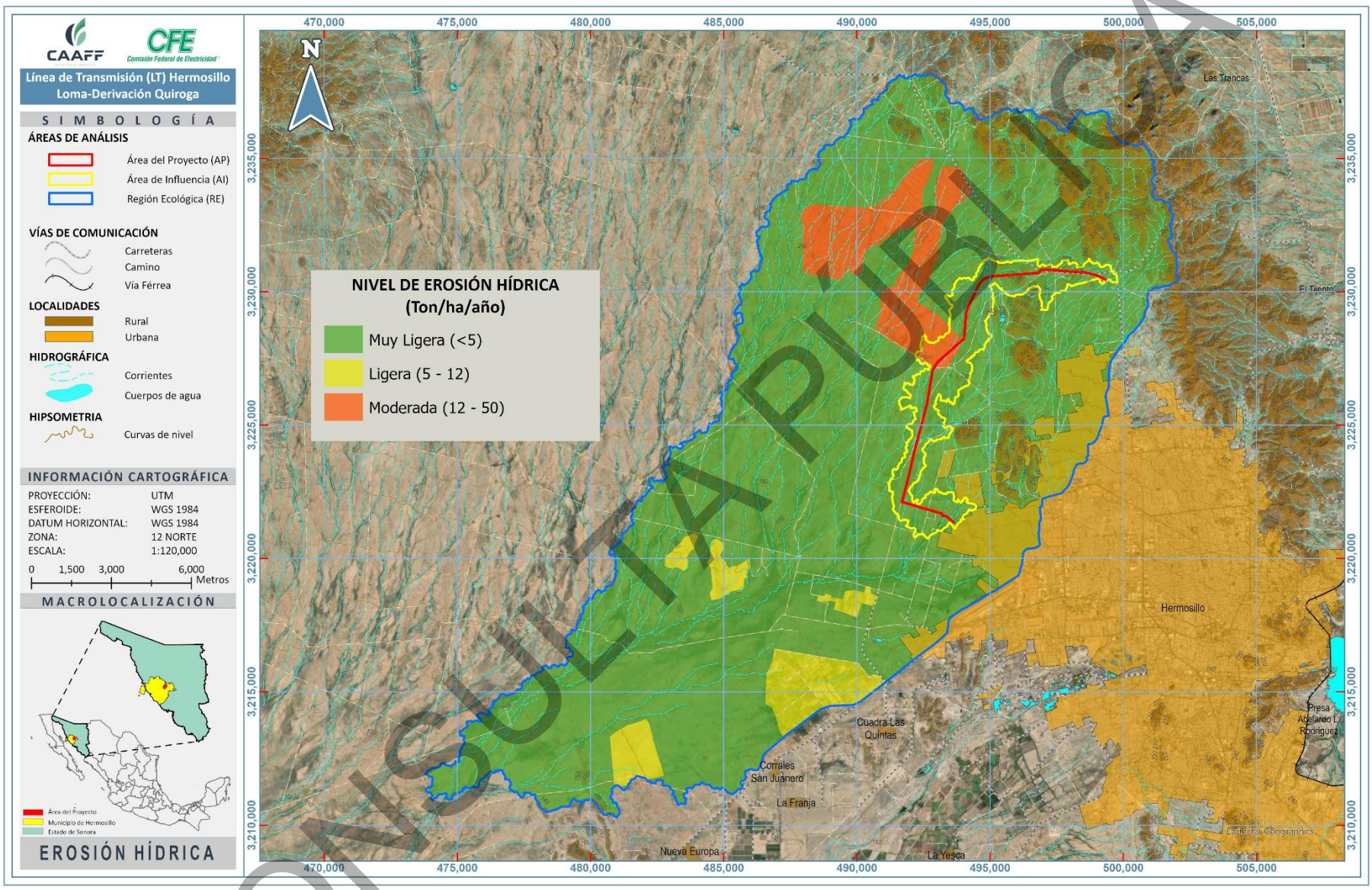


Figura 24. Mapa de erosión hídrica presente en el área de la RE en su escenario actual

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.2 Erosión eólica

La erosión eólica se puede definir como el evento mediante el cual se produce el arrastre del suelo por acción del viento. Se manifiesta con mayor intensidad en ambientes áridos y semiáridos, y su magnitud puede incrementarse drásticamente por acción antrópica.

La erosión eólica provoca un efecto *in situ* y otro en regiones aledañas. El efecto *in situ* estaría relacionado con la degradación producida en el mismo suelo, o en la cobertura vegetal como cultivos o pasturas. La productividad del suelo se verá reducida por pérdidas en la fertilidad física como reducción en la profundidad efectiva, cambio en la granulometría, degradación de la estructura y en la fertilidad química, como disminución en el contenido de materia orgánica o pérdida de nutrimentos (Lyles y Tatarko, 1986; Buschiazzo y Taylor, 1993). Respecto a la cobertura vegetal, la erosión eólica produce una disminución en el rendimiento (Armbrust y Lyles, 1975) y reducción en la emergencia de las plántulas (Woodruff y Siddoway, 1965; Armbrust, 1984).

I.6.3.2.1 Predicción de le erosión eólica

La predicción de la pérdida de suelo por efecto de la erosión eólica de la RE y el AFP del proyecto se evaluó utilizando la Ecuación Paramétrica desarrollada por la FAO en 1980, la cual fue utilizada por Torres *et al*., (2003), en su trabajo realizado en la cuenca "El Josefino", Jesús María, Jalisco, misma que se presenta a continuación. (Los cálculos de la erosión en formato Excel se presentan en los ANEXOS 8 y 9).

$$\boldsymbol{Pee = f(C, S, T, VL)}$$

Donde:

Pee = Pérdida de suelo por erosión eólica (Ton/ha/Año);
C = Factor de agresividad climática;
S = Factor suelo;
T = Factor topográfico;
V = Factor de vegetación natural, y
L= Factor de uso de la tierra

A continuación, se presentan las variables para cada una de las ecuaciones utilizadas.

El factor de agresividad climática se calculó mediante el índice eólico de Chepil *et al*., (1963) modificado, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{C^1 = \frac{1}{100}\sum_{1}^{12}\left(V^3\frac{(ETP - P)}{ETP}n\right)}$$

Dónde:

C = Factor de agresividad climática (adimensional)
V = Velocidad del viento (m s-1)
N= Número de días con viento al mes
ETP = Evapotranspiración potencial mensual (mm)

CONSULTA PÚBLICA

P = Precipitación media mensual (mm)

Para calcular ETP se utilizó el método de Thornthwaite (1948), el cual calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales a través de la siguiente fórmula:

$$ETP = 16\,K_a\left(\frac{10\,T_j}{I}\right)^a$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial mensual en el mes j, en mm.
Tj = Temperatura media en el mes j, en °C.
I= Índice de calor anual.
a = Constante de calor.
Ka = Factor de corrección de la duración del día de acuerdo con la latitud
16 = Constante.

Tabla 39. Valores de Ka (factor de corrección), de acuerdo con la latitud y el mes del año

LATITUD EN GRADOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30	**0.90**	**0.87**	**1.03**	**1.08**	**1.18**	**1.17**	**1.20**	**1.14**	**1.03**	**0.98**	**0.89**	**0.88**
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

La velocidad del viento utilizada es de 4.77 km/h, dato obtenido de la Estación Meteorológica "HERMOSILLO" (SMN-ESMA), con datos de velocidad del viento más cercanos a las áreas de estudio. Este valor corresponde a la velocidad del viento promedio durante 90 días. Al convertir los 4.77 km/h resultaron 1.33 m/s mismos que se pueden observar en la columna "V". Cabe aclarar que el valor de 1.33 m/s se consideró como un valor para los doce meses.

Continuando con el cálculo de C1, la fórmula utilizada para el cálculo de **n** fue la siguiente:

$$n = \frac{ETP - P}{ETP} * \textit{No. de días en el mes}$$

En la tabla siguiente se muestran los valores de los parámetros utilizados en el cálculo del factor de agresividad climática.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 26. Factor de agresividad Climatica

MES	P	ETP	V (m/s)	V³	Días mes	n	$V^3 \frac{(ETP-P)}{ETP} n$	C¹
Enero	12.40	27.876	1.33	2.33	31	17	22.226	5.099
Febrero	14.45	34.385	1.33	2.33	28	16	21.893	
Marzo	7.65	67.104	1.33	2.33	31	27	56.608	
Abril	3.15	110.576	1.33	2.33	30	29	65.867	
Mayo	1.65	197.073	1.33	2.33	31	31	70.910	
Junio	8.15	329.503	1.33	2.33	30	29	66.377	
Julio	84.95	362.259	1.33	2.33	31	24	42.257	
Agosto	92.35	322.790	1.33	2.33	31	22	36.752	
Septiembre	71.15	252.799	1.33	2.33	30	22	36.032	
Octubre	18.40	145.965	1.33	2.33	31	27	55.078	
Noviembre	18.55	58.937	1.33	2.33	30	21	32.770	
Diciembre	20.10	25.378	1.33	2.33	31	6	3.119	
SUMATORIA							509.887	

Una vez obtenido el factor C[1] se procedió a calcular el valor de la erosión eólica en el área de la RE y el AFP. Para la determinación de los valores del factor suelo "S" se utilizaron los siguientes rangos dependiendo del tipo de suelo y de la textura del suelo.

Tabla 40. Valores para el factor suelo "S" (FAO, 1980)

TIPO DE SUELO	TEXTURA DEL SUELO		
	GRUESA (1)	MEDIA (2)	FINA (3)
Suelo no calcáreo	3.5	1.25	1.85
Suelo calcáreo	3.5	1.75	1.85
Suelos pedregosos o guijarrosos	1.75	0.62 No Calcáreo y 0.87 Calcáreo	0.92

Mientras que para la determinación del factor de vegetación "V" se emplearon los siguientes valores

Tabla 41. Valores para el factor de vegetación "V" (FAO, 1980)

USO DEL SUELO	PORCENTAJE DE CUBIERTA					
	0 - 1	1 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Matorral	1.0	0.7	0.5	0.3	0.15	0.05
Pastizal	1.0	0.7	0.4	0.2	0.10	0.03
Selva	1.0	0.6	0.3	0.2	0.10	0.01
Bosque	0.9	0.5	0.3	0.15	0.05	0.001

En complemento y también desarrollado por la FAO en 1980 existen valores para asignar a los distintos usos de suelo el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 42. Valores del factor de uso del suelo "L" (FAO, 1980)

SISTEMA DE CULTIVO	VALORACIÓN
Agricultura de temporal con cultivos anuales	0.7
Agricultura de temporal con cultivos perenes y cultivos de áreas de temporal en regiones húmedas	0.4
Agricultura de riego con cultivos anuales y perenes	0.2

De acuerdo con la información de Usos de Suelo y/o Vegetación serie VII desarrollada por el INEGI para México, en esta capa de información se representa la información referente a las diferentes asociaciones vegetales presentes en el territorio mexicano e indistintamente se presentan los diferentes usos de suelo, por lo tanto, en la presente estimación se unieron los factores V y L y sólo se le asignan valores al factor VL, utilizando los valores para el factor L y V.

CONSULTA PUBLICA

Mientras que para el factor T (factor topográfico) se utiliza en general un valor de 1, de acuerdo con la recomendación de la FAO (1980), la cual menciona que en comparación con el factor LS en la determinación de la erosión hídrica "LS" el factor topográfico (T) en la estimación de la erosión eólica tiene menor relevancia por lo que se le deberá asignar para todas las formas topográficas el valor de 1.

A continuación, se presentan los resultados y la cartografía de los factores de la Pee en la RE, conforme a su uso de suelo y vegetación.

Tabla 43. Factores de la ecuación de pérdida de suelo por erosión eólica en la RE

ID	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO DOMINANTE	GRUPO TEXTURAL	FACTORES			
				C1	S	VL	T
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	CM	2	5.099	1.250	0.2	1.0
2	Agricultura de riego permanente	VR	3	5.099	1.250	0.2	1.0
3	Asentamientos humanos	N/A	N/A	5.099	0.00	1.00	1.0
4	Matorral sarcocaule	CL	2	5.099	1.750	0.05	1.0
5	Matorral sarcocaule	CM	2	5.099	1.250	0.05	1.0
6	Matorral sarcocaule	LP	1	5.099	1.750	0.05	1.0
7	Matorral sarcocaule	LP	2	5.099	0.620	0.05	1.0
8	Matorral sarcocaule	LP	3	5.099	0.920	0.05	1.0
9	Matorral sarcocaule	LV	2	5.099	1.750	0.05	1.0
10	Matorral sarcocaule	RG	1	5.099	1.750	0.05	1.0
11	Matorral sarcocaule	RG	2	5.099	0.620	0.05	1.0
12	Matorral sarcocaule	VR	3	5.099	1.250	0.05	1.0
13	Mezquital xerófilo	CL	2	5.099	1.750	0.05	1.0
14	Mezquital xerófilo	CM	2	5.099	1.250	0.05	1.0
15	Mezquital xerófilo	LP	1	5.099	1.750	0.05	1.0
16	Mezquital xerófilo	LP	2	5.099	0.620	0.05	1.0
17	Mezquital xerófilo	LP	3	5.099	0.920	0.05	1.0
18	Mezquital xerófilo	LV	2	5.099	1.750	0.05	1.0
19	Mezquital xerófilo	RG	1	5.099	1.750	0.05	1.0
20	Mezquital xerófilo	RG	2	5.099	0.620	0.05	1.0
21	Mezquital xerófilo	VR	3	5.099	1.250	0.05	1.0
22	Pastizal cultivado	CL	2	5.099	1.750	0.1	1.0
23	Pastizal inducido	CL	2	5.099	1.750	0.1	1.0
24	Pastizal inducido	LV	2	5.099	1.750	0.1	1.0
25	Pastizal inducido	VR	3	5.099	1.250	0.1	1.0
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	CL	2	5.099	1.750	0.15	1.0
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	CM	2	5.099	1.250	0.15	1.0
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	LP	1	5.099	1.750	0.15	1.0
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	LV	2	5.099	1.750	0.15	1.0
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	RG	2	5.099	0.620	0.15	1.0
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	VR	3	5.099	1.250	0.15	1.0

A continuación, se presentan los resultados y la cartografía de los factores de la Pee en el AFP, conforme a su uso de suelo y vegetación en sus dos escenarios.

Tabla 44. Factores de la ecuación de perdida de suelo por erosión eólica en el AFP (Escenario 1)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO Y GRUPO TEXTURAL	FACTORES			
		C	S	VL	T
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	5.099	1.750	0.150	1.000
	Leptosol (1)	5.099	1.750	0.150	1.000
	Leptosol (2)	5.099	0.620	0.150	1.000
	Regosol (2)	5.099	0.620	0.150	1.000

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 45. Factores de la ecuación de perdida de suelo por erosión eólica en el AFP (Escenario 2)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO Y GRUPO TEXTURAL	FACTORES			
		C	S	VL	T
Sin Vegetación Aparente	Calcisol (2)	5.099	1.750	1.000	1.000
Sin Vegetación Aparente	Leptosol (1)	5.099	1.750	1.000	1.000
Sin Vegetación Aparente	Leptosol (2)	5.099	0.620	1.000	1.000
Sin Vegetación Aparente	Regosol (2)	5.099	0.620	1.000	1.000

CONSULTA PÚBLICA

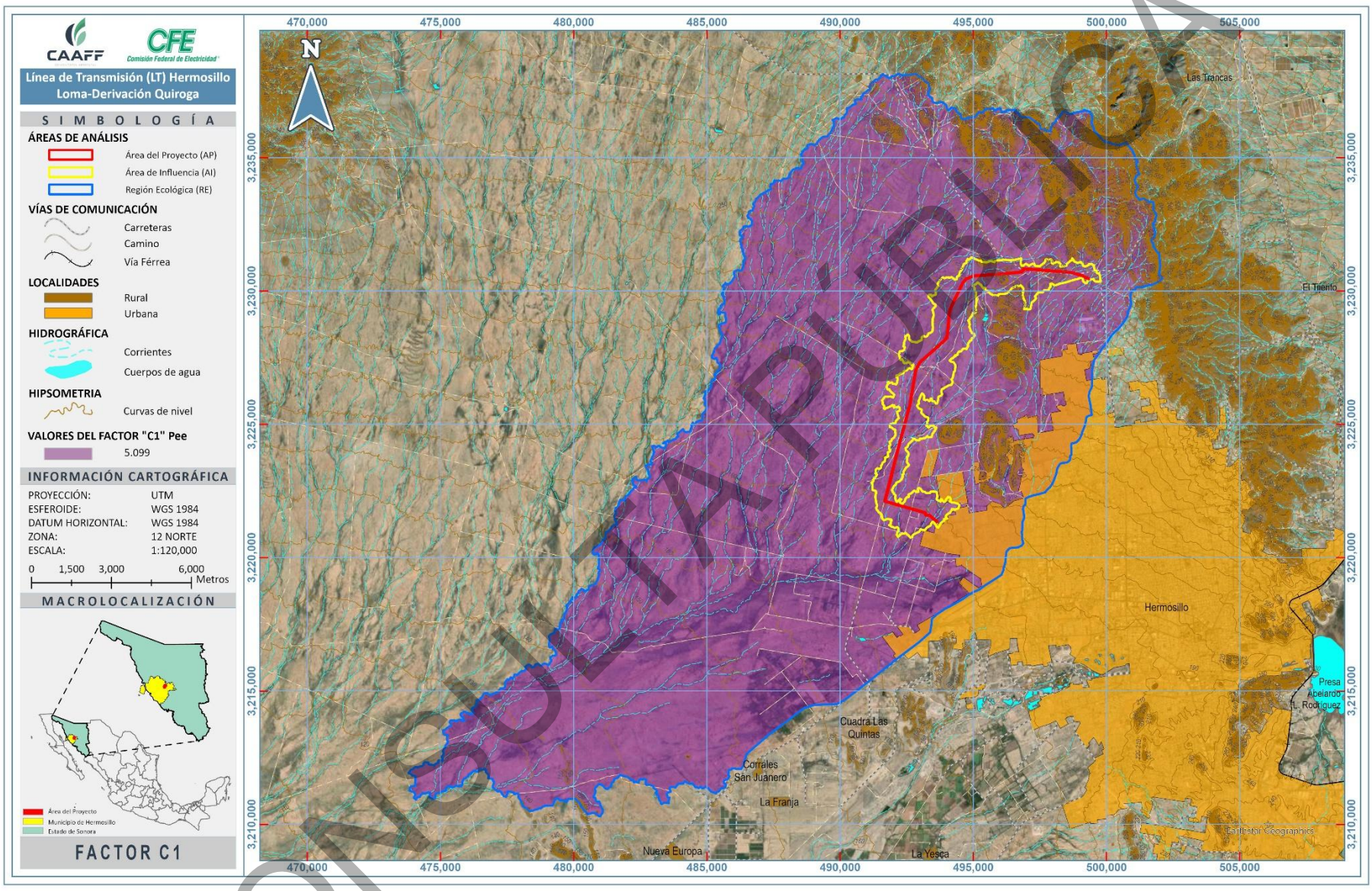


Figura 25. Distribución de los valores del factor C1 en la RE

CONSULTA PÚBLICA

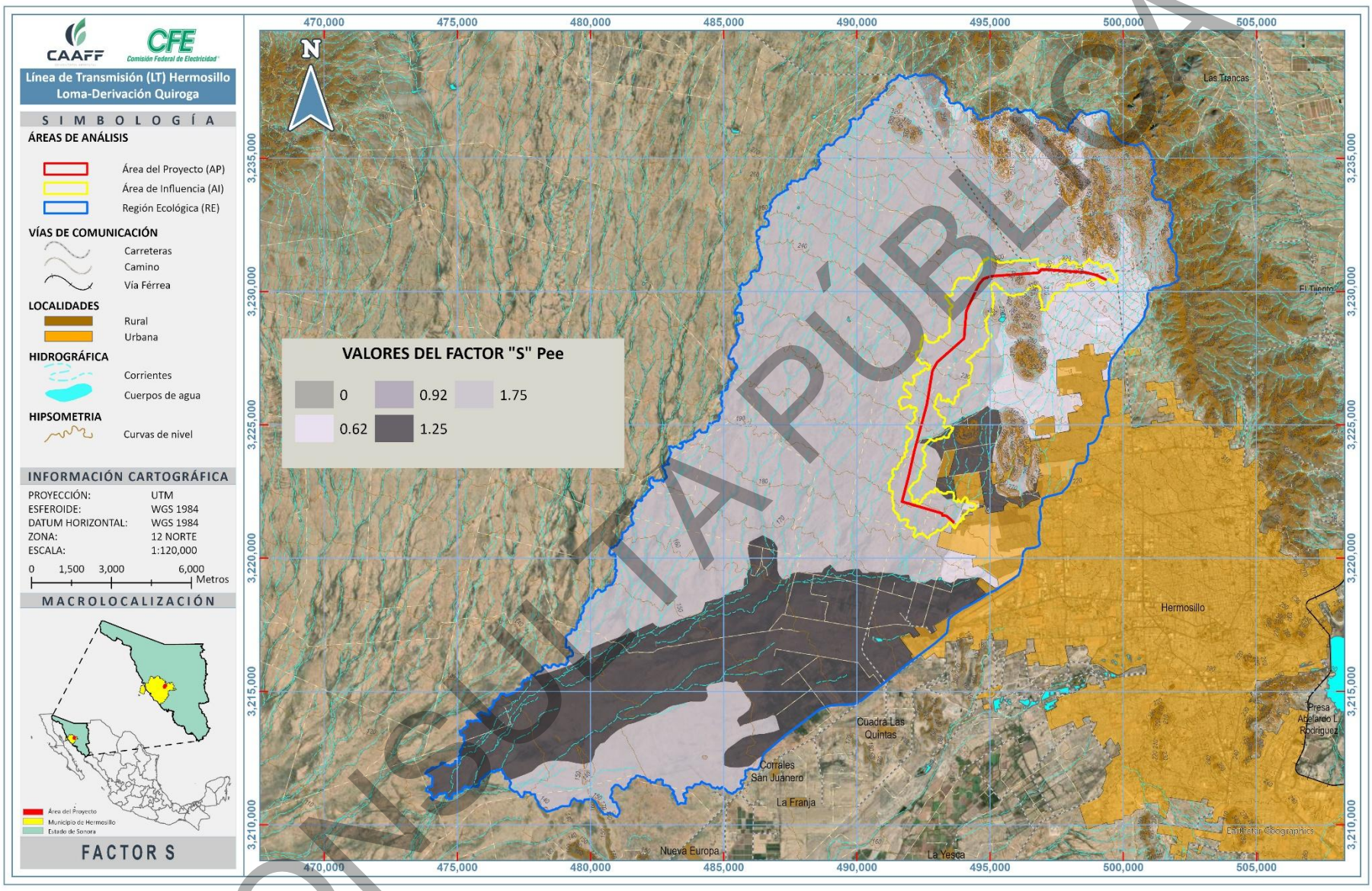


Figura 26. Distribución de los valores del factor S en la RE

CONSULTA PÚBLICA

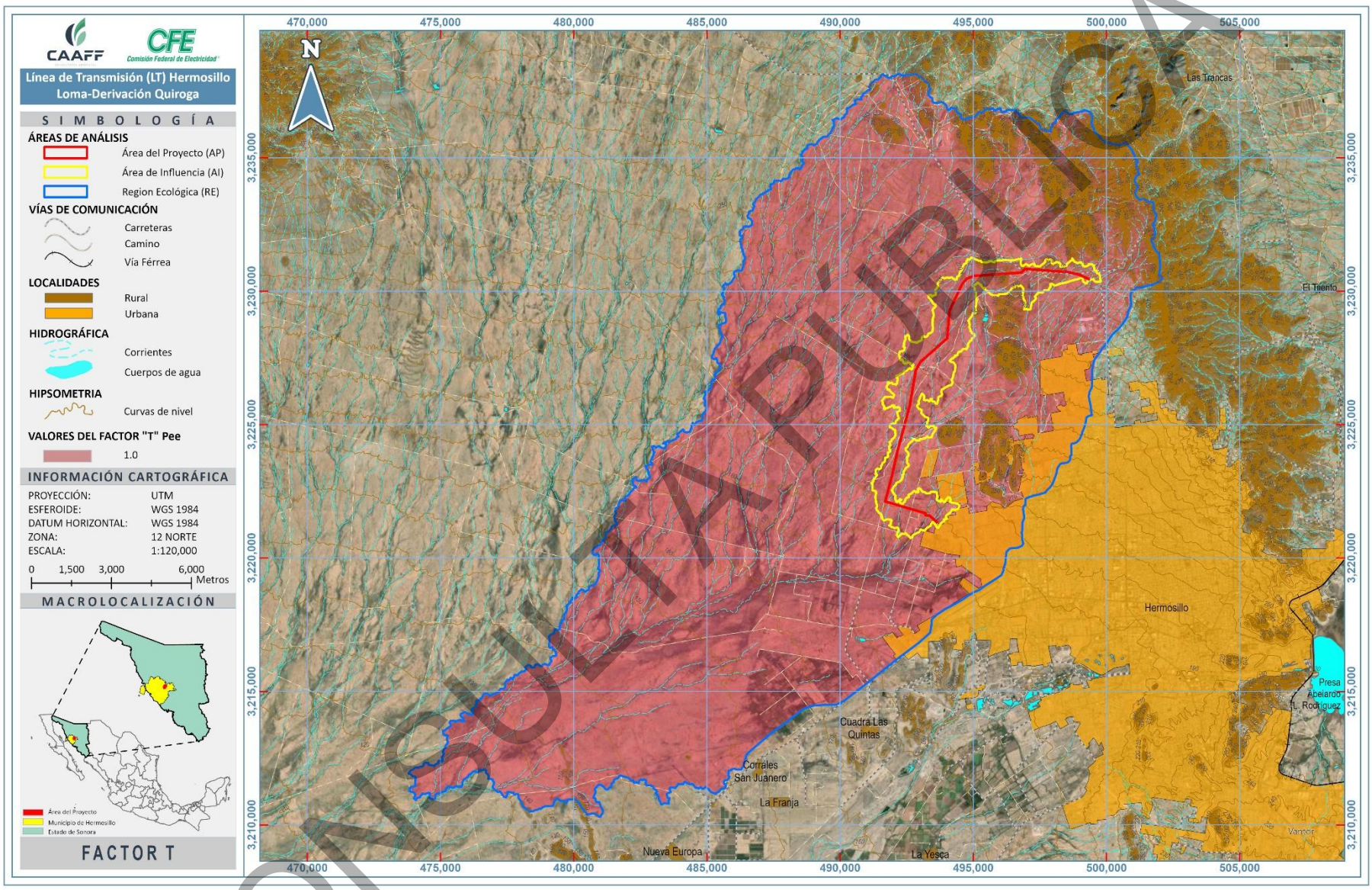


Figura 27. Distribución de los valores del factor T en la RE

CONSULTA PÚBLICA

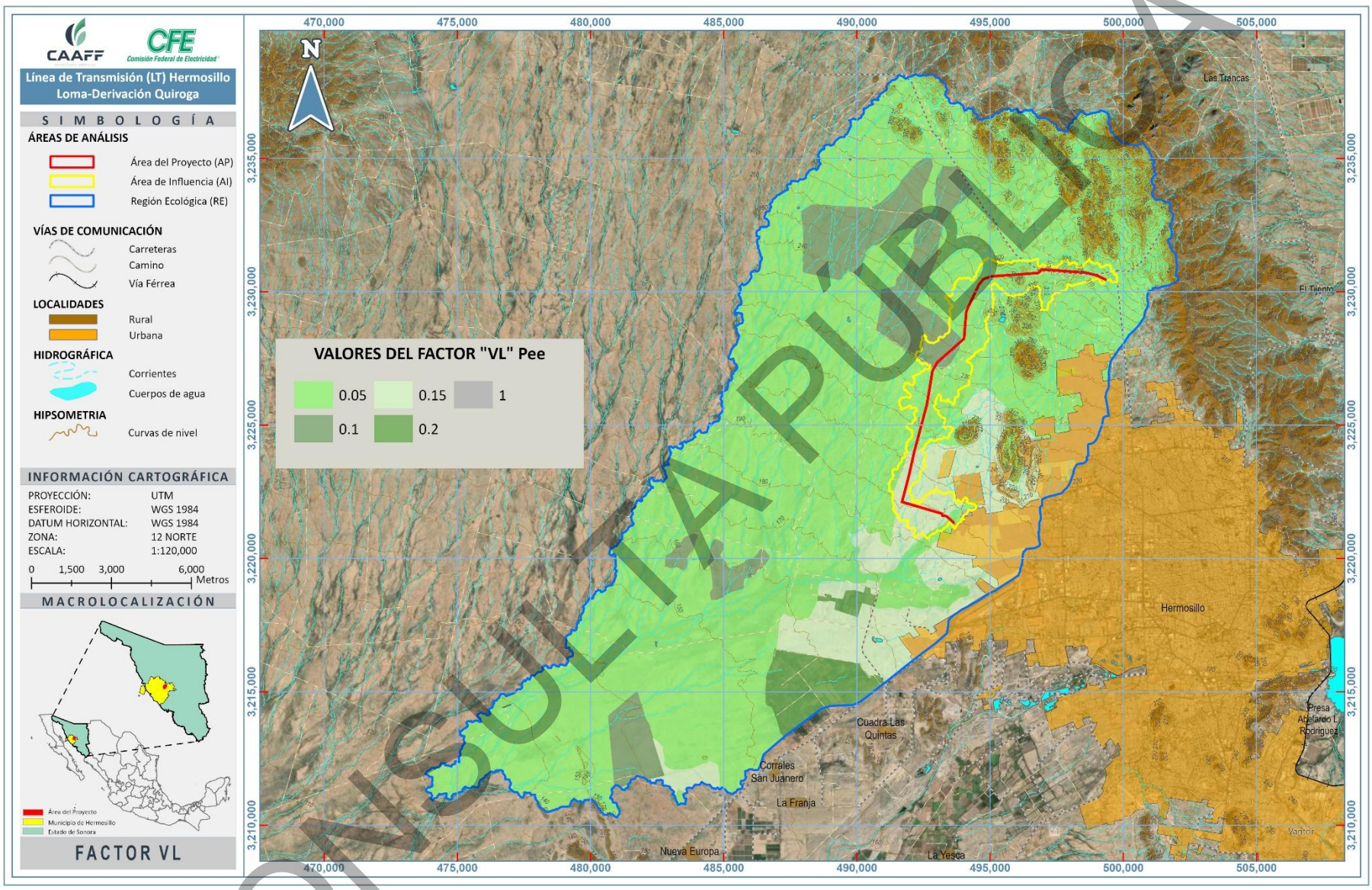


Figura 28. Distribución de los valores del factor VL en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.6.3.2.2 Cálculo de la erosión eólica en la Región Ecológica (RE)

En este apartado se muestran los resultados de la erosión eólica de los tipos de vegetación presentes en la RE, notando que, el volumen de erosión eólica total corresponde a **18,273.953 Ton/año** en una superficie de **36,181.157 ha.**

Para determinar el grado de erosión eólica de la RE se generó una capa ráster para cada factor y se realizó posteriormente la multiplicación de cada capa ráster con el uso de los Sistemas de Información de Geográfica dando como resultado un mapa donde se aprecian diferentes niveles de erosión. Los resultados se clasificaron en grupos o niveles de erosión compuestos por rangos de toneladas por hectárea al año. Para dicha clasificación se utilizó como base la clasificación propuesta por SEDUE (1989).

Tabla 46. Clasificación de los niveles de pérdida de suelo por 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

Fuente: SEDUE (1989).

Como resultado, se obtuvieron las siguientes tasas de erosión eólica por tipo de vegetación, así como su clasificación de nivel de erosión (SEDUE, 1989).

Tabla 47. Tasa y volumen de erosión eólica por tipo de vegetación presente en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	1.275	832.312	1,060.962	Sin erosión
2	Agricultura de riego permanente	1.275	117.042	149.195	Sin erosión
3	Asentamientos humanos	0.00	1,385.221	0.00	Sin erosión
4	Matorral sarcocaule	0.446	194.953	86.979	Sin erosión
5	Matorral sarcocaule	0.319	80.357	25.608	Sin erosión
6	Matorral sarcocaule	0.446	491.129	219.118	Sin erosión
7	Matorral sarcocaule	0.158	898.369	142.001	Sin erosión
8	Matorral sarcocaule	0.235	114.786	26.923	Sin erosión
9	Matorral sarcocaule	0.446	34.892	15.567	Sin erosión
10	Matorral sarcocaule	0.446	1,027.688	458.504	Sin erosión
11	Matorral sarcocaule	0.158	10.083	1.594	Sin erosión
12	Matorral sarcocaule	0.319	27.002	8.605	Sin erosión
13	Mezquital xerófilo	0.446	14,807.363	6,606.317	Sin erosión
14	Mezquital xerófilo	0.319	409.635	130.542	Sin erosión
15	Mezquital xerófilo	0.446	259.981	115.991	Sin erosión
16	Mezquital xerófilo	0.158	415.175	65.625	Sin erosión
17	Mezquital xerófilo	0.235	26.920	6.314	Sin erosión
18	Mezquital xerófilo	0.446	1,522.867	679.428	Sin erosión
19	Mezquital xerófilo	0.446	229.556	102.416	Sin erosión
20	Mezquital xerófilo	0.158	1,892.739	299.176	Sin erosión
21	Mezquital xerófilo	0.319	4,643.034	1,479.638	Sin erosión
22	Pastizal cultivado	0.892	2,087.162	1,862.378	Sin erosión
23	Pastizal inducido	0.892	281.796	251.447	Sin erosión
24	Pastizal inducido	0.892	351.918	314.017	Sin erosión
25	Pastizal inducido	0.637	168.180	107.191	Sin erosión

CONSULTA PÚBLICA

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
26	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1.338	1,000.399	1,338.986	Sin erosión
27	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.956	1,254.907	1,199.738	Sin erosión
28	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1.338	294.823	394.607	Sin erosión
29	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1.338	194.886	260.845	Sin erosión
30	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.474	440.473	208.870	Sin erosión
31	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	0.956	685.510	655.373	Sin erosión
TOTAL		18.211	36,181.157	18,273.953	

Como se observa en la tabla anterior, la RE presenta una tasa de erosión eólica que varía entre 0.158 y 1.338 Ton/ha/año, con un volumen total de erosión eólica de 18,273.953 Ton/año en su condición actual. De acuerdo con la clasificación propuesta por la SEDUE (1989), el 96.17% de la superficie se clasifica como "Sin Erosión", lo que indica que el impacto del factor viento es muy bajo.

I.6.3.2.3 Cálculo de erosión eólica en el AFP

El AFP (5.987 ha) presenta vegetación forestal que corresponde a Matorral Desértico Rosetófilo (MDR) y Pastizal Inducido (PI). A continuación, se realiza un análisis comparativo sobre la pérdida de suelo en condiciones actuales y una vez ejecutado el proyecto en su área forestal. Para esto, cada uno de los casos se denomina como "Escenario 1" y "Escenario 2", y adicionalmente se presenta la comparativa de las condiciones actuales y una vez establecido el proyecto.

Se generó una capa ráster para cada factor de EUPS y se realizó posteriormente la multiplicación de cada capa ráster con el uso de los Sistemas de Información de Geográfica dando como resultado un mapa donde se aprecian diferentes niveles de erosión.

CONSULTA PÚBLICA

* Escenario 1. Erosión eólica en condiciones actuales en el AFP

En este escenario se estimó la erosión eólica del AFP en su condición actual.

Tabla 48. Valores de la erosión eólica en condiciones actuales en el AFP (Escenario 1)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO Y GRUPO TEXTURAL	FACTORES				TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
		C	S	VL	T				
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	5.099	1.750	0.150	1.000	1.338	20.473	27.401	Sin erosión
	Leptosol (1)	5.099	1.750	0.150	1.000	1.338	2.128	2.848	Sin erosión
	Leptosol (2)	5.099	0.620	0.150	1.000	0.474	3.269	1.550	Sin erosión
	Regosol (2)	5.099	0.620	0.150	1.000	0.474	1.131	0.536	Sin erosión
TOTAL							26.999	32.335	

Como se puede observar en la tabla anterior, el AFP en su escenario 1 cuenta tasa de erosión eólica de **0.474 y 1.338 Ton/ha/año**. Al observar las diferentes tasas de erosión del AFP, se determina que el nivel de erosión del área forestal del proyecto en su escenario 1 es "**Sin erosión**", esto según la clasificación de erosión propuesta por la SEDUE (1989).

Posterior a obtener las tasas de erosión eólica en el área forestal del proyecto (AFP), se procedió al cálculo del volumen de erosión, este cálculo se obtiene al multiplicar la tasa de erosión eólica por la superficie del AFP, dicho esto, el volumen de erosión eólica total del AFP en su escenario 1 corresponde a **32.335 toneladas al año.**

* Escenario 2. Erosión eólica una vez ejecutado el proyecto en AFP

Para el escenario 2, dadas las características de la obra como se mencionó en capítulos anteriores, se afectará la cobertura forestal.

Tabla 49. Valores de la eólica una vez ejecutado el proyecto el AFP (Escenario 2)

VEGETACIÓN / USO DE SUELO	TIPO DE SUELO Y GRUPO TEXTURAL	FACTORES				TASA DE EROSIÓN (Ton/ha/año)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)	NIVEL DE EROSIÓN
		C	S	VL	T				
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	Calcisol (2)	5.099	1.750	1.000	1.000	8.923	20.473	182.676	Sin erosión
	Leptosol (1)	5.099	1.750	1.000	1.000	8.923	2.128	18.984	Sin erosión
	Leptosol (2)	5.099	0.620	1.000	1.000	3.161	3.269	10.333	Sin erosión
	Regosol (2)	5.099	0.620	1.000	1.000	3.161	1.131	3.574	Sin erosión
TOTAL							26.999	215.567	

Como se puede observar en la tabla anterior, el AFP en su escenario 2 cuenta con tasas de erosión eólica de **3.161 y 8.923 Ton/ha/año**. Asimismo, se determina que el nivel de erosión del área forestal del proyecto en su escenario 2 corresponde a "Sin erosión", esto según la clasificación de erosión propuesta por la SEDUE (1989).

CONSULTA PÚBLICA

Posterior a obtener las tasas de erosión eólica en el AFP, se procedió al cálculo del volumen de erosión (Tabla anterior) este cálculo se obtiene al multiplicar la tasa de erosión eólica por la superficie del área forestal del Proyecto, dicho esto, el volumen de erosión eólica total del área forestal del proyecto en su escenario 2 corresponde a 215.567 toneladas al año.

CONSULTA PÚBLICA

* Volumen de erosión eólica a mitigar (Ton/año)

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la erosión eólica del suelo en el AFP del proyecto, en condiciones actuales (escenario 1) y una vez ejecutado el proyecto en su área forestal (escenario 2), así como el volumen de pérdida de suelo a mitigar.

Tabla 50. Erosión eólica en condiciones actuales y una vez ejecutado el proyecto en el AFP

OBRA	VEGETACIÓN / USO DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN DE EROSIÓN TOTAL (Ton/año)		VOLUMEN TOTAL DE EROSIÓN HÍDRICA A MITIGAR (Ton/año)
			ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	
LT Hermosillo Loma – Derivación Quiroga	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo a Sin vegetación aparente	26.999	32.335	215.567	183.232

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, la pérdida de suelo por erosión eólica en condiciones actuales es de 32.335 Ton/año, mientras que una vez ejecutado proyecto en el AFP se presenta una pérdida de suelo de 215.567 Ton/año; a lo cual, la diferencia a mitigar entre los dos escenarios es de 183.232 toneladas por año.

Es importante mencionar que se llevarán a cabo las medidas preventivas y de mitigación necesarias para contrarrestar los efectos negativos en el suelo, mismas que se describen a detalle en el Programa de Conservación y Restauración de Suelo y Agua que se anexa en el presente estudio.

CONSULTA PÚBLICA

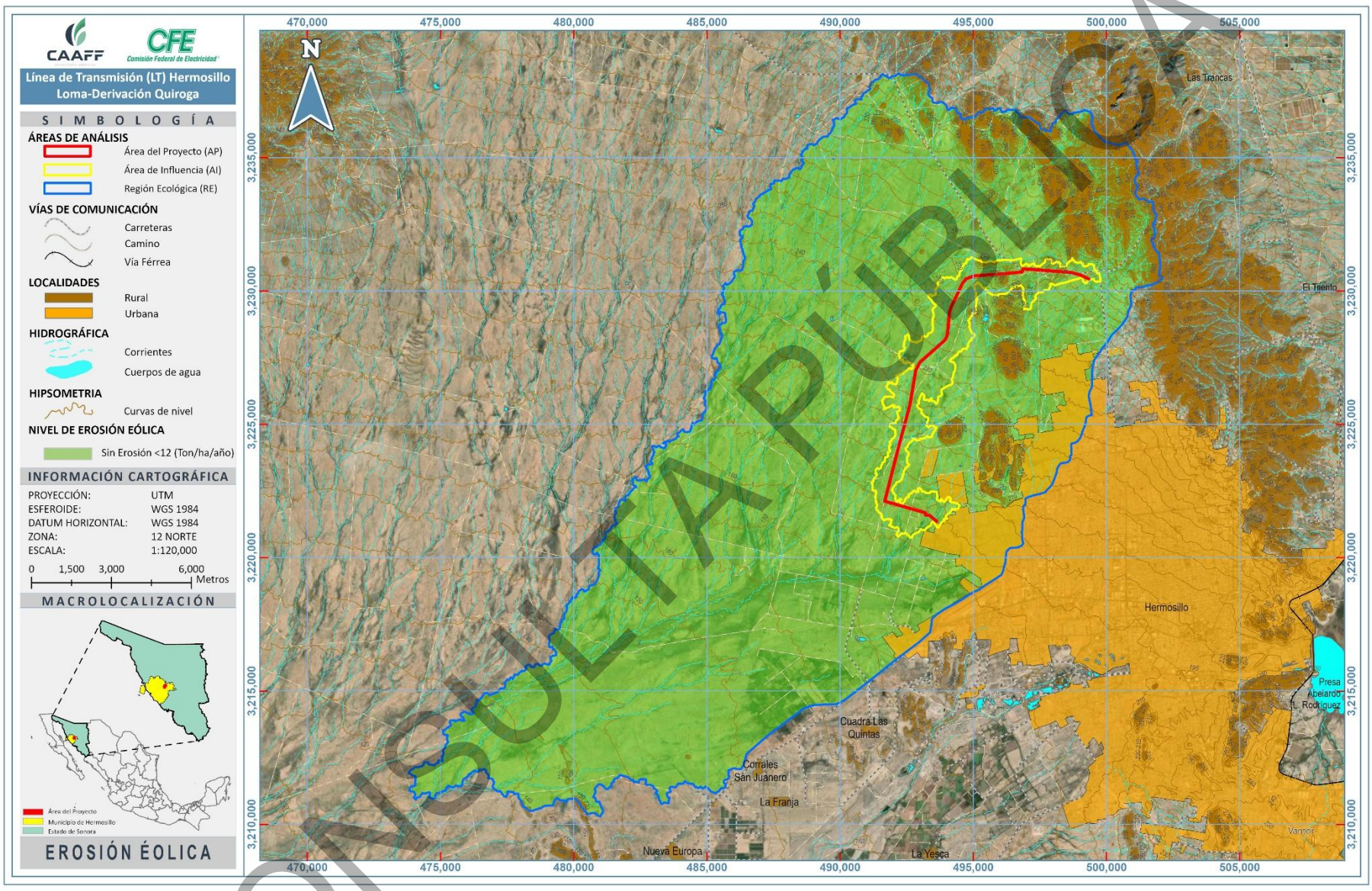


Figura 29. Mapa de erosión eólica presente en el área de la RE en su escenario actual

CONSULTA PÚBLICA

I.7 HIDROLOGÍA

I.7.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) una Región hidrológica es un área delimitada por una divisoria que agrupa por lo menos dos cuencas hidrológicas, cuyas aguas fluyen a un cauce principal. La cobertura nacional asciende a 37 divisiones, las cuales se denotan por el prefijo "RH" y los números del "01" al "37". Ejemplo: "RH24". Una cuenca constituye una subdivisión de la región hidrológica. La clave se compone de los dos dígitos de la región hidrológica y una letra mayúscula de la "A" a la "Z". Ejemplo: "RH24B". Una Subcuenca es un área considerada como una subdivisión de la cuenca, que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. Su clave es el resultado de la concatenación de la clave de la región hidrológica, más la clave de la cuenca y una letra minúscula de la "a" a la "z". Ejemplo: "RH24Be".

Se utilizó la información de la Red Hidrográfica del INEGI, escala 1:50,000, para analizar la ubicación hidrológica de la Región Ecológica (RE). La capa hidrológica muestra que la RE y el AFP se encuentra en la Región Hidrológica número 09, conocida como "Sonora Sur". Dentro de esta RH09, la RE se localiza en la cuenca del Rio Bacoachi y en la subcuenca Arroyo La Manga. En la siguiente tabla se presentan las claves, nombres, tipos y superficies de la cuenca y subcuenca que inciden sobre la RE.

Tabla 51. Región Hidrológica, Cuenca y subcuenca sobre las que incide la RE

NO.	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA	SUBCUENCA	CLAVE	TIPO	SUPERFICIE	
						ha	%
1	Sonora Sur	Rio Bacoachi	Arroyo La Manga	RH09Eb	Abierta	36,181.157	100.0
TOTAL						**36,181.157**	100.0

Tabla 52. Región Hidrológica, Cuenca y subcuencas sobre las que incide el AFP

NO.	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA	SUBCUENCA	CLAVE	TIPO	SUPERFICIE	
						ha	%
1	Sonora Sur	Rio Bacoachi	Arroyo La Manga	RH09Eb	Abierta	26.999	100.0
TOTAL						**26.999**	**100.0**

La **Región Hidrológica 09 Sonora Sur (RH09)** se ubica en las porciones noreste, este, centro y sur de Sonora, tiene una superficie en territorio mexicano (Sonora y Chihuahua), de 137 504 km^2, de los cuales 117 363 se encuentran dentro de la entidad de Sonora, lo que representa el 64.5% de la extensión estatal. Está conformada por las cuencas Río Mayo, Río Yaqui, Río Mátape, Río Sonora y Río Bacoachi, consolidándose como la región hidrológica de más importancia, dada las características específicas de cada una de sus cuencas (INEGI, 1990).

Dentro de esta región se encuentra la **Cuenca del Rio Bacoachi (RH09E)** se extiende al oeste del estado y de la región hidrológica 9, en un área de 12,733 km^2 con precipitación media anual de 207 mm y pendiente general baja. El Río Bacoachi, principal escurrimiento de la cuenca, es originado en el flanco sur de la sierra Jojoval, desde donde cubre una distancia de 112 km hasta que su cauce desaparece poco antes de llegar a la costa, en un lugar denominado Playa San Bartolo. En su trayectoria este río mantiene una pendiente media de 0.71% y una orientación preferencial norte-sur con cambios al suroeste en la parte final de su trayectoria, sus tributarios son arroyos de menor importancia con régimen intermitente. El distrito de riego 51, Costa de Hermosillo, se encuentra distribuido en proporción desigual sobre las cuencas Río Sonora y Río Bacoachi, correspondiendo a esta última el sector norte de la ciudad zona agrícola (INEGI, 1990). La corriente principal tiene su origen al norte de la cuenca, sobre el parteaguas de la cuenca, nace bajo el nombre de arroyo los Mochos (Red hidrográfica 1:250 000 INEGI), puntualmente al suroeste del cerro Redondo, así transita con este nombre hacia el sur y a una distancia de 7.5 km

CONSULTA PÚBLICA

por el margen derecho recibe los escurrimientos del arroyo la Seri, y por el margen opuesto recibe los aportes hídricos del arroyo el Cajoncito, más adelante cambia de nombre a arroyo el Aguila; el cual a 9 km al norte del poblado de Feliz Gómez, adquiere el nombre de arroyo Bacoachito (INEGI, 2020).

Finalmente, la subcuenca del Arroyo La Manga (RHEb) es de tipo abierta y tiene una superficie de 4,089.46 km^2. Esta subcuenca se ve interrumpida por las topoformas de llanura en el sur y sierras en el noreste. De igual manera la de bajadas se aprecia desde el poblado de Bahía de Kino en el este, hasta los cerros de agua Nueva y Prieto al noreste; así como al noroeste y oeste de la ciudad de Hermosillo. El sistema Sierra escarpada compleja se distribuye en los cerros López, San José, el Crestón; y la sierra al norte de la ciudad de Hermosillo. En cuanto a litología el material aluvial se extiende (en más del 85%) desde el este del poblado de Bahia de Kino hasta el noreste de esta y los alrededores de los poblados de Miguel Alemán, el Triunfo y san Arturo, en el noreste de la cuenca el material aluvial se ubica al oeste y noroeste de la ciudad de Hermosillo (INEGI, 2020).

El clima árido y carente de lluvias propicia que la hidrología superficial sea predominantemente intermitente, las pocas corrientes son aprovechadas en obras de retención conocidas localmente como bordos o tanques, según la cartografía INEGI escala 1:50, 000 los cuales son utilizados como abrevadero para ganado. En general el drenaje de las corrientes es subparalelo y en menor medida subdendritico. Esta subcuenca tiene una forma oblonga rectangular, su tamaño es grande, las elevaciones varian de 0 a 870 msnm, las corrientes son de régimen intermitente y tienen una magnitud de 1 a 5. El patrón de drenaje es paralelo a subparalelo con orientación noreste a sureste, según su curva hipsométrica es una cuenca erosionada o de valle en una etapa de vejez (INEGI, 2020).

CONSULTA PÚBLICA

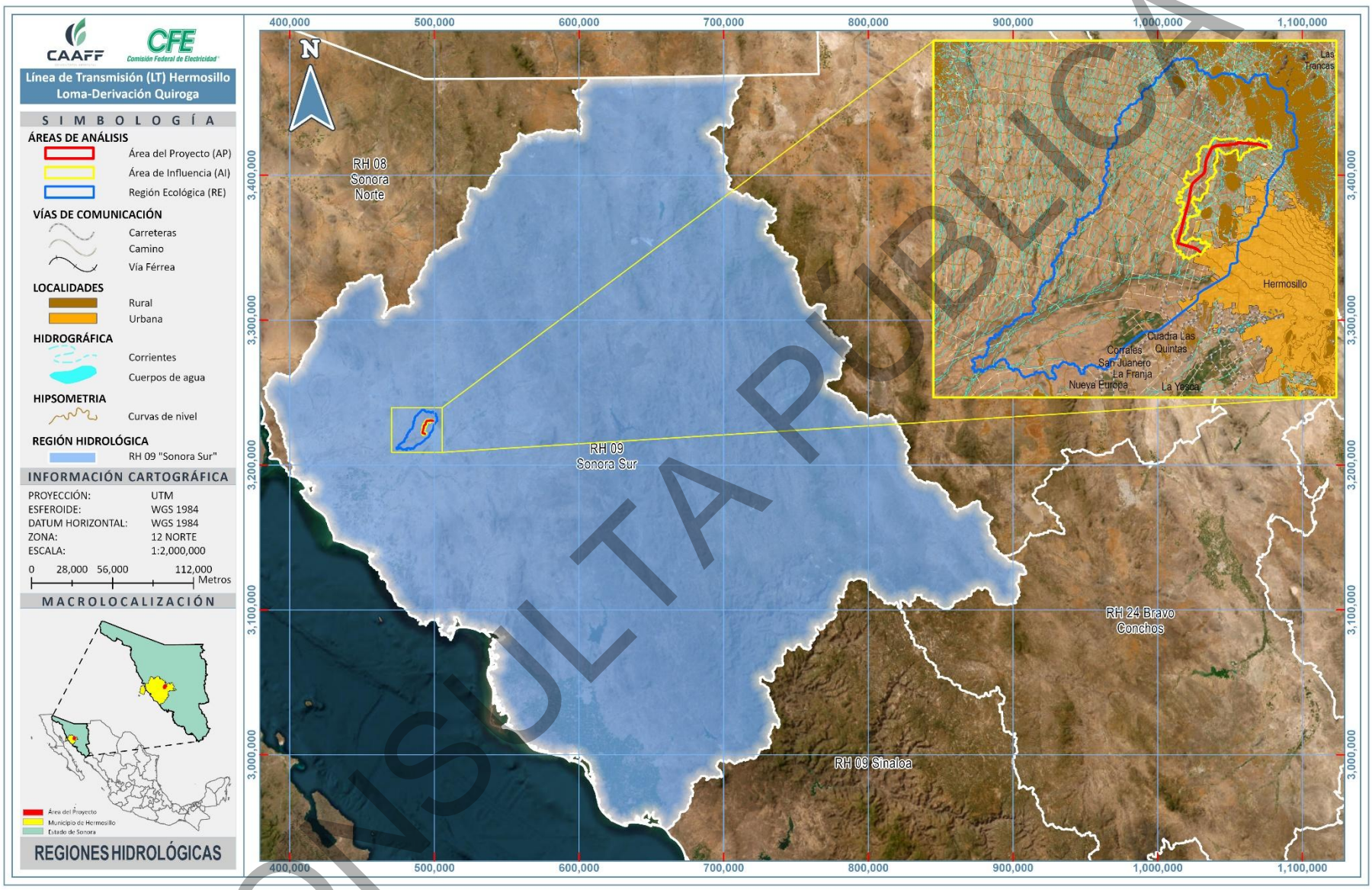


Figura 30. Mapa de la región hidrológica que incide en la RE

CONSULTA PÚBLICA

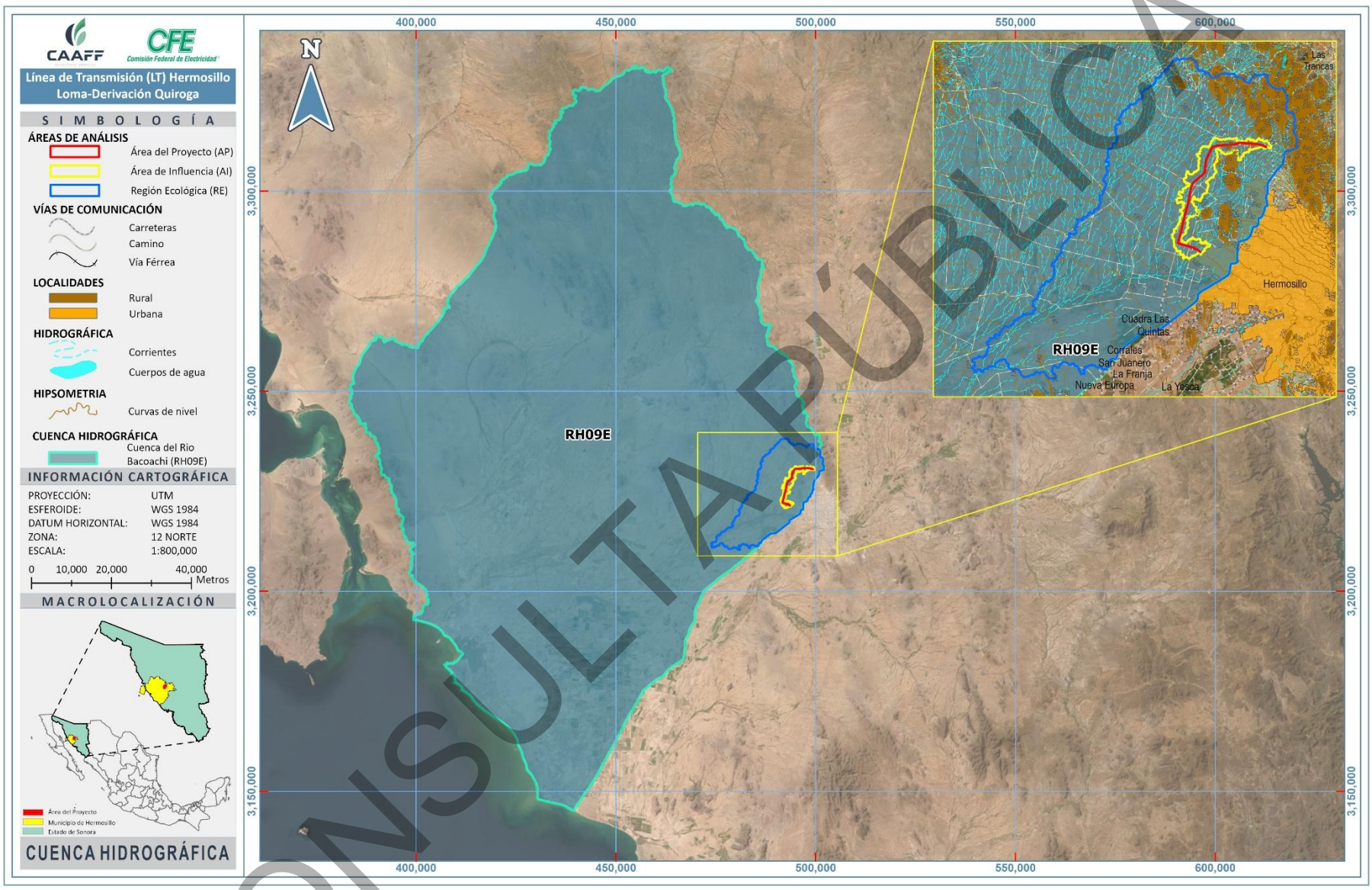


Figura 31. Mapa de la Región Ecológica que incide en la RE

CONSULTA PÚBLICA

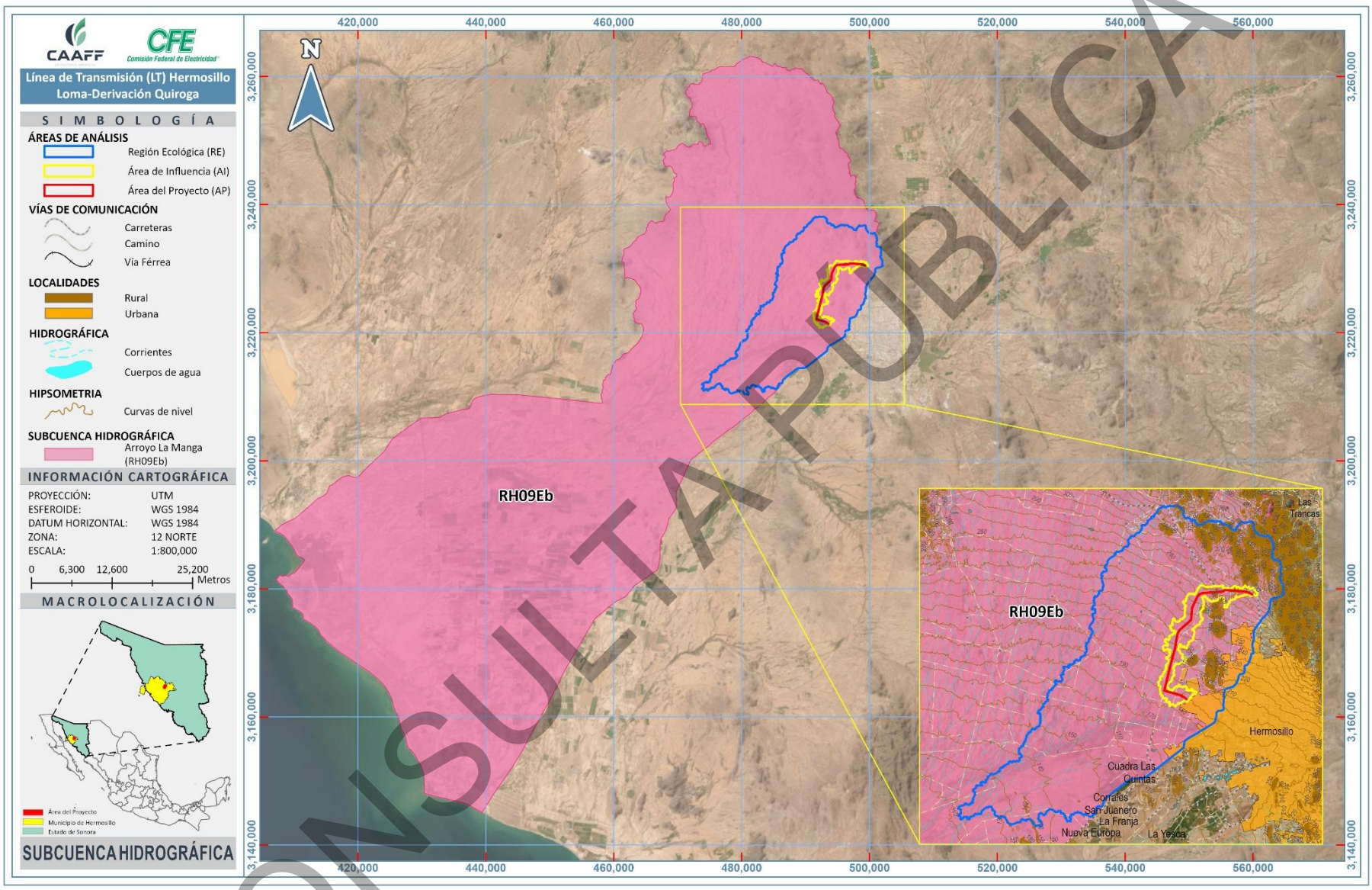


Figura 32. Mapa de la subcuenca que inciden en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.7.1.1 Tipos y orden de corriente

La red de drenaje de una cuenca es el sistema de cauces por los que fluyen los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, de forma permanente o temporal (Estrada, 2008). Su importancia está en la formación y velocidad de drenado de los escurrimientos y proporciona indicios sobre las condiciones físicas del suelo y de la superficie de la cuenca (Campos, 1998).

* Tipos de corriente

a) Según la permanencia del flujo sobre el terreno natural INEGI (2010) los clasifica de la siguiente manera:

Perennes, corrientes con presencia de agua permanentemente.
Intermitentes, corrientes con presencia de agua en determinadas épocas del año.
En operación, canal que está en uso.
Flujo virtual, las líneas centrales que representan el flujo que atraviesa una acumulación de agua (cuerpo de agua).

b) Según su forma de drenaje

El modelo que forman los cauces es formado por las desiguales en la pendiente y el terreno y la resistencia de las rocas. Los tipos más comunes son: drenaje dendrítico, paralelo, enrejado y rectangular (ver siguiente figura).

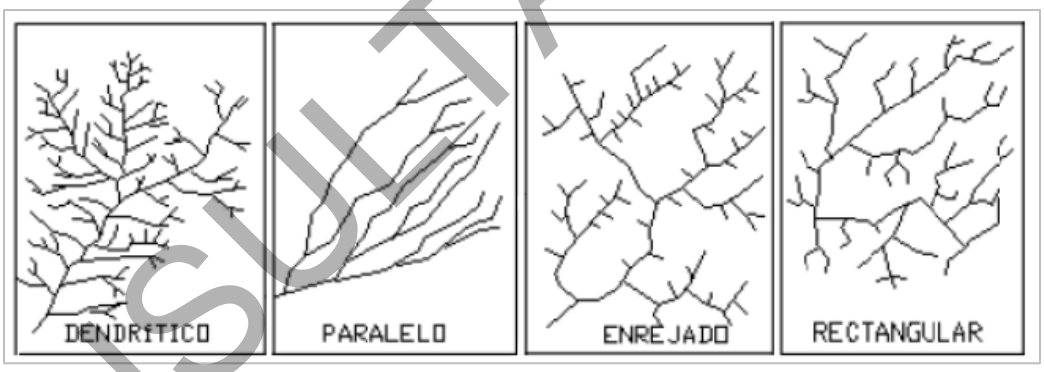


Figura 33. Principales modelos de drenaje
Fuente: Reyes *et al.,* 2010.

c) Orden de corriente

Es una clasificación de cauces de acuerdo con el número de orden de un río como una medida de la ramificación del cauce principal en una Región Ecológica (Estrada, 2018).

De acuerdo con la información obtenida de la red hidrográfica del INEGI, a escala 1:50,000, se identificaron las siguientes características hidrológicas en la Región Ecológica.

La red de escurrimientos de la RE es de tipo paralelo en dirección noreste a suroeste, en total existen 826.272 km. Se identifican cinco tipos de órdenes de escurrimiento, clasificados del 1 al 6, siendo las corrientes de orden 1 las más representativas ocupando el 51.67% de la superficie de la RE.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 53. Tipos de corrientes en la Región Ecológica según su orden

ORDEN	LONGITUD	
	km	%
1	426.973	51.67
2	139.176	16.84
3	87.520	10.59
4	109.551	13.26
5	53.328	6.45
6	9.724	1.18
TOTAL	826.272	100

Tabla 54. Tipos de corrientes en la Región Ecológica según su condición

CONDICIÓN	LONGITUD	
	km	%
En operación	3.876	0.47
Flujo Virtual	0.835	0.10
Intermitente	821.561	99.43
Perenne	0	0.0
TOTAL	826.272	100

En cuanto a la condición de las corrientes, existen corrientes intermitentes, flujo virtual y en operación, siendo las corrientes de tipo intermitente las más representativas en la Región Ecológica ocupando prácticamente el 99.43%.

Para el AFP, se identifican tres tipos de órdenes de escurrimiento: 1, 2 y 3. El más predominante es el orden 1, que representa el 78.84% de los escurrimientos presentes, seguido por el orden 2 con 11.4%, y finalmente el orden 3, que abarcan el 9.72%. En cuanto a la permanencia del flujo, no existen corrientes de tipo perennes, siendo las de carácter intermitente las dominantes.

Tabla 55. Tipos de corrientes en el AFP según su orden y condición

SUBCUENCA HIDROLÓGICA	DATOS DE LOS ESCURRIMIENTOS PRESENTES EN EL AFP			
	CONDICIÓN	ORDEN	LONGITUD	
			m	%
RH09Eb	Intermitente	1	377.891	78.84
		2	54.853	11.44
		3	46.600	9.72
TOTAL			479.344	100

I.7.1.2 Disponibilidad media anual de agua superficial

Conforme a la información obtenida del Diario Oficial de la Federación (DOF, 2023), ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas (Clasificación de la CONAGUA) que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos, se presenta la siguiente información.

La determinación de la disponibilidad de agua para aguas superficiales se determina aplicando la siguiente formula por cuenca hidrológica:

$$\boldsymbol{D = Ab - Rxy}$$

$$\boldsymbol{Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc(a) + Uc(b) + Uc(c) + Ev + Ex + Av)}$$

Donde:

CONSULTA PÚBLICA

D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica.
Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, que comprende; los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo, necesarios para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, las limitaciones que se establezcan en las vedas, los volúmenes correspondientes a reservas, uso ambiental, reglamentos y volúmenes estimados para uso ambiental establecidos en la programación hídrica.

Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo.
Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural.
Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba.
R.- Volumen anual de retornos.
Im.- Volumen anual de importaciones.
Uc(a).- Volumen anual de extracción de agua superficial mediante títulos inscritos/asignados actualmente en el REPDA.
Uc(b).- Volumen anual de extracción de agua superficial de títulos en proceso de inscripción en el REPDA.
Uc(c).- Volumen anual correspondiente a las reservas, volúmenes reservados para programas hídricos y las zonas reglamentadas.
Ev.- Volumen medio anual de evaporación en embalses.
Ex.- Volumen anual de exportaciones.
Av.- Volumen medio anual de variación de almacenamiento en embalses.

De acuerdo con la aplicación de la formula anterior, se tienen los siguientes datos correspondiente a las cuencas del Rio Sonora 1, 2 y 3 no obstante, conforme a la clasificación de la CONAGUA, la RE y el AFP inciden únicamente en la cuenca del rio Sonora 3.

Río Sonora 1: Desde el nacimiento del Río Sonora, hasta la EH El Orégano II.
Río Sonora 2: Desde donde se localizan las EH El Orégano II y El Cajón, hasta la presa Abelardo Rodríguez Luján (Hermosillo).
Río Sonora 3: Desde donde se localiza la presa Abelardo Rodríguez Luján, hasta su desembocadura en el Mar de Cortés.

Tabla 56. Disponibilidad media anual de las aguas superficiales de las cuencas del Rio Sonora.

CUENCA	NOMBRE	Cp	Ar	Uc(a)	Uc(b)	Uc(c)	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D	CLASIFICACIÓN
0901	Rio Sonora 1	127.61	0	37.298	0	0	0	0	0	0	0	90.316	90.508	-0.192	**Déficit**
0903	Rio Sonora 2	75.358	118.171	74.694	0	0	0	60	86.65	30	-0	62.783	63.323	-0.54	**Déficit**
0904	Rio Sonora 3	98.872	62.783	163.05	0	0	0	0	0	0	0	-1.39	0	-1.39	**Déficit**

Valores en millones de metros cúbicos, **Fuente:** DOF, 2023

Es importante mencionar que la Región Ecológica incide únicamente en la cuenca del Rio Sonora 3, la cual tienen una un déficit medio anual de agua superficial de -1.39 Mm³, lo que indica que se debe considerar una gestión eficiente para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en la región.

CONSULTA PÚBLICA

I.7.2 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Los Estados Unidos Mexicanos cuentan con 653 acuíferos, siendo un acuífero "Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo" (SEMARNAT, 2012).

De acuerdo con información de la Capa Vectorial de Acuíferos, escala 1:250 000 (CONAGUA, 2023), la RE tiene incidencia en dos acuíferos, siendo el acuífero "Costa de Hermosillo" el que ocupa la mayor parte de la RE, ver la siguiente tabla.

Tabla 57. Acuíferos que inciden en la Región Ecológica

CLAVE	NOMBRE	SUPERFICIE	
		ha	%
2626	Rio Zanjon	170.772	0.47
2619	Costa de Hermosillo	36,010.385	99.53
TOTAL		36,181.157	100

Para el AFP el 100% de su superficie incide en el acuífero "Costa de Hermosillo".

I.7.2.1 Determinación de la disponibilidad media anual de agua (DMA)

Para conocer la disponibilidad de aguas subterráneas, se obtuvo la información de la Actualización de la Disponibilidad Media Anual (CONAGUA, 2024) para los acuíferos que inciden en la Región Ecológica. Esta información corresponde a la fecha de corte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) del 30 de diciembre de 2022. Los datos se basan en la metodología establecida en la siguiente expresión, contenida en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015 (CONAGUA, 2015).

$$\boldsymbol{DMA = R - DNC - VEAS}$$

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero.
R = Recarga total media anual.
DNC= Descarga natural comprometida.
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas.

Disponibilidad media anual de aguas subterráneas (DMA): La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Recarga total media anual (R): La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto en forma de recarga natural como inducida.

CONSULTA PÚBLICA

Descarga natural comprometida (DNC): La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero.

Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS): La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica. En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

A continuación, se presentan los valores correspondientes para los acuíferos presentes en la RE y AFP:

Tabla 58. Disponibilidad media anual de agua para los acuíferos existentes en la Región Ecológica y Área Forestal del Proyecto

CLAVE	NOMBRE	R (hm³/año)	DNC (hm³/año)	VEAS (hm³/año)	DMA (hm³/año)	DISPONIBILIDAD
2626	Rio Zanjon	77.8	1.4	100.556591	-24.156591	Déficit
2619	Costa de Hermosillo	275.2	0.0	349.453541	-74.253541	Déficit

Para los valores del VEAS la fecha de corte del REPDA fue 30 de diciembre del 2022.

Los resultados indican que en los acuíferos no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se tienen un déficit indicado en la columna de DMA.

CONSULTA PÚBLICA

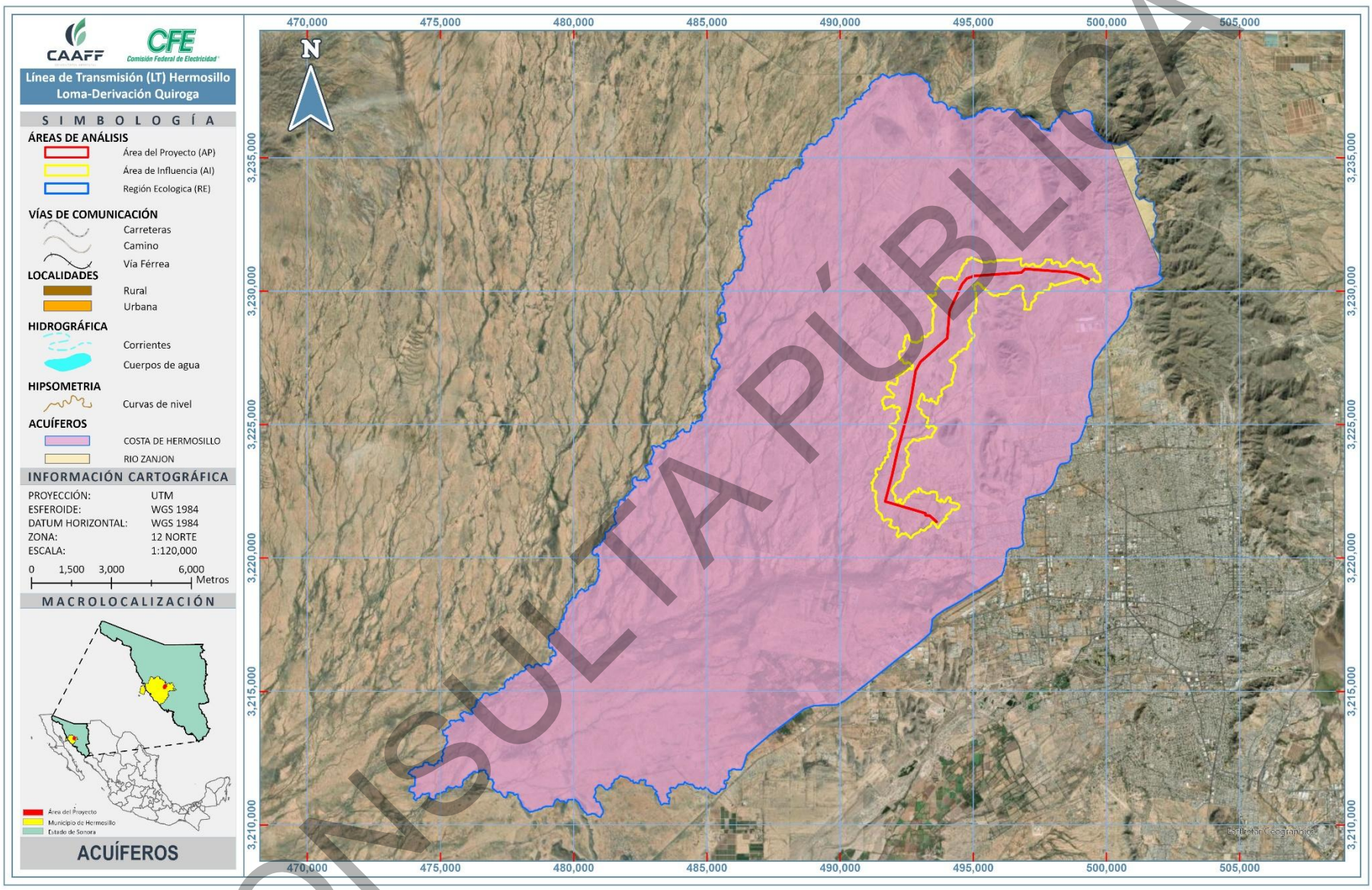


Figura 34. Ubicación de los acuíferos presentes en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.7.3 CALIDAD DEL AGUA

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a través de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA), realiza monitoreo continuo de la calidad del agua en los principales cuerpos de agua del país. Este análisis abarca parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, adaptados según el tipo de cuerpo de agua monitoreado. Además, RENAMECA se enfoca en problemáticas ambientales específicas relacionadas con el agua, atendiendo también requerimientos de la Comisión Nacional de Derechos Humanos.

Los resultados de estos estudios se clasifican por tipo de cuerpo de agua:

1. Lótico: Masas de agua que se mueven siempre en una misma dirección como ríos, riachuelos y arroyos
2. Léntico: Aguas interiores quietas o estancadas, tales como, presas, lagos y embalses
3. Costero: Aguas costeras, tales como, playas, bahías, marismas y estuarios
4. Subterráneo: Aguas del subsuelo tales como cenotes, galerías y manantiales

La Gerencia de Calidad del Agua de CONAGUA utiliza Indicadores de Calidad del Agua como una herramienta para evaluar el estado de diversos cuerpos de agua en México. Para el 2023, la CONAGUA contó con 4,775 sitios a nivel nacional en su red de monitoreo para evaluar la calidad del agua superficial y subterránea.

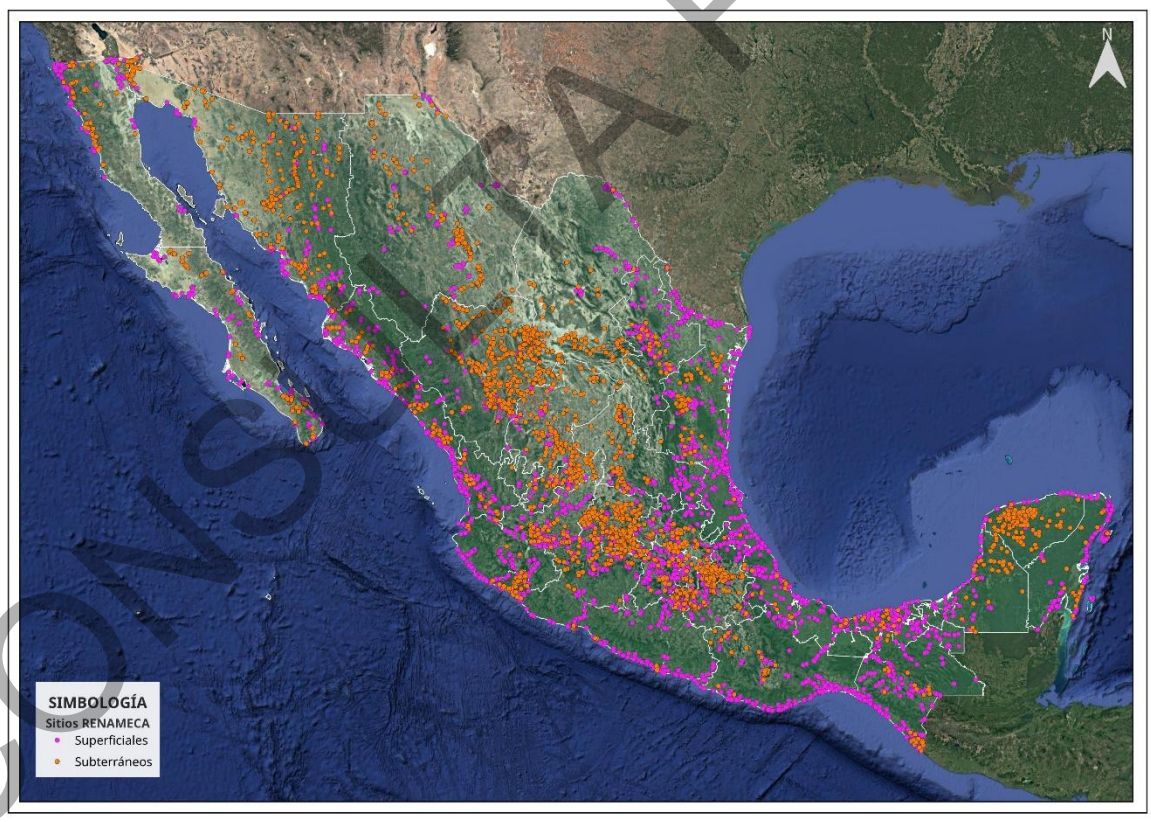


Figura 35. Ubicación de sitios superficiales y subterráneos de la RENAMECA monitoreados durante el periodo 2012-2025

Para aguas superficiales, se miden 8 parámetros clave: DBO_5, DQO, SST, coliformes fecales, *Escherichia coli*, enterococos fecales, % de saturación de oxígeno disuelto y toxicidad aguda.

CONSULTA PÚBLICA

Para aguas subterráneas, se evalúan 14 parámetros, incluyendo fluoruro, nitratos, arsénico, metales pesados y sólidos disueltos.

Asimismo, se utiliza un Semáforo de la calidad del agua, que es una clasificación de la calidad en un determinado sitio de monitoreo, basada en intervalos de concentración de cada parámetro indicador, por lo que se establece una escala de cumplimiento que asigna un color:

1. Verde: buena calidad, cuando todos los indicadores cumplen.
2. Amarillo: calidad intermedia, con incumplimiento en parámetros secundarios.
3. Rojo: mala calidad, cuando fallan indicadores críticos (DBO_5, DQO, enterococos, toxicidad en aguas superficiales; fluoruro, metales pesados y otros contaminantes en aguas subterráneas).

Este sistema ayuda a definir acciones de gestión y protección del recurso hídrico en distintos sitios del país. Esta información es clave para decisiones de gestión hídrica en los tres niveles de gobierno y brinda un panorama claro del estado de los recursos acuíferos a nivel nacional.

I.7.3.1 Calidad de agua superficial

Conforme a la información del RENAMECA en la RE y AFP, no se identificó ningún sitio de muestreo de calidad del agua correspondientes al periodo 2012 a 2026.

Existen en total 7 sitios cercanos a la RE (Aproximadamente 35.5 km) ubicados en la presa el molinito en el municipio de Hermosillo, Sonora. De acuerdo con los indicadores de calidad de agua, 3 sitios se encuentran en Semáforo "verde", 2 sitios en semáforo "Amarillo" y 2 sitios en Semáforo "Rojo".

CONSULTA PÚBLICA

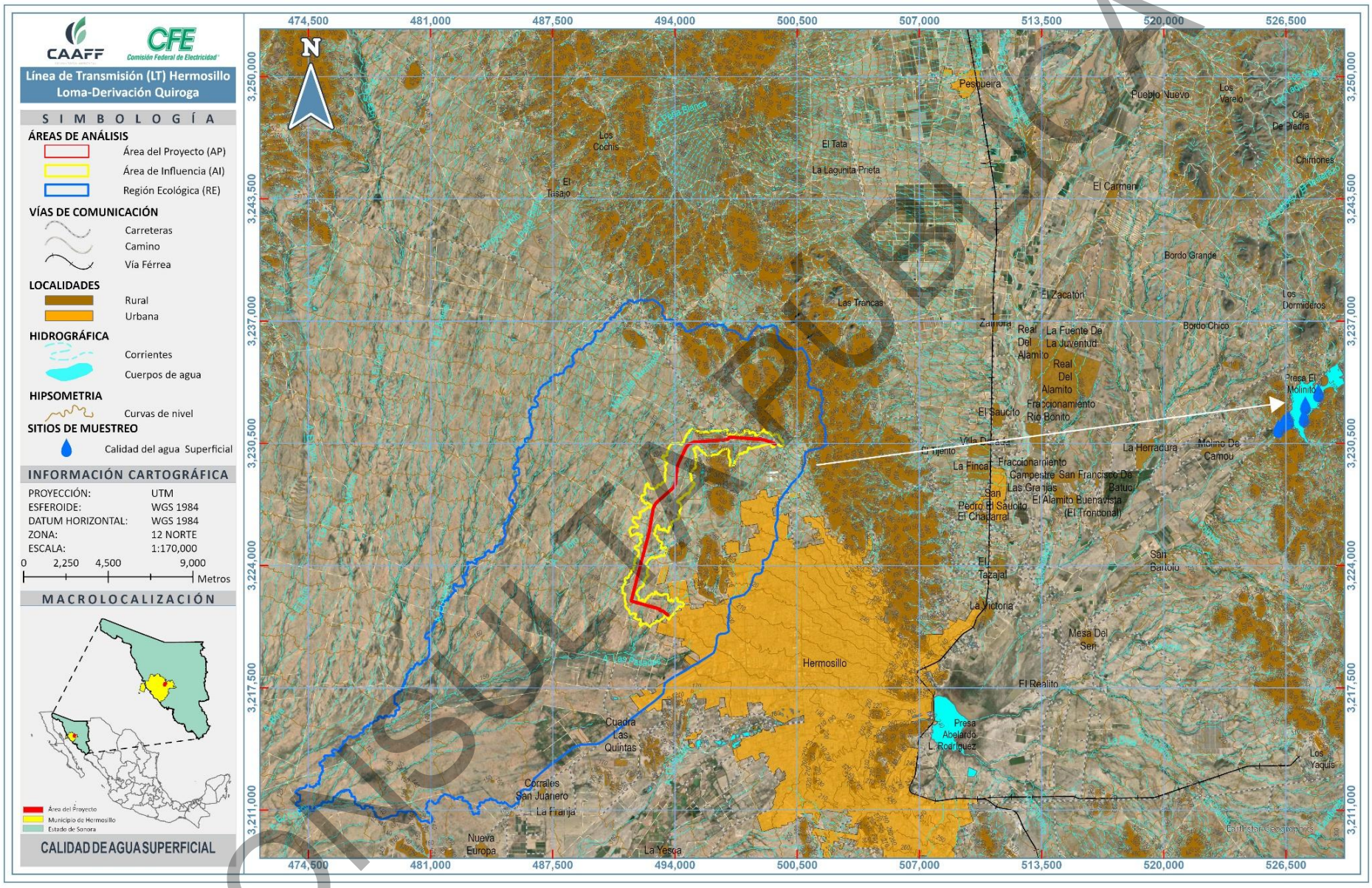


Figura 36. Mapa de la localización de los sitios de muestreo de calidad de agua superficial en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.7.3.2 Calidad del agua subterránea

La CONAGUA cuenta con una red de muestreo de calidad de agua subterránea que cuenta con 2,644 sitios de análisis para el 2023. Estos sitios consideran 14 parámetros indicadores fisicoquímicos y microbiológicos: Fluoruros, Coliformes fecales, Nitrógeno de Nitratos, Arsénico Total, Cadmio Total, Cromo Total, Mercurio Total, Plomo Total, Alcalinidad, Conductividad eléctrica, Dureza Total, Sólidos Disueltos Totales, Hierro Total y Manganeso Total. Con base en estos parámetros se califica el cumplimiento o el incumplimiento de la calidad del agua destinada para uso potable, de consumo o en riego agrícola (CONAGUA, 2023).

Durante el periodo de análisis comprendido entre 2012 y 2025, se identificaron cinco sitios de muestreo de agua subterránea dentro de la RE, correspondientes a pozos. En el AFP no se identificaron sitios de muestreo de agua subterránea durante el periodo analizado.

Tabla 59. Indicadores de calidad de agua superficial de los sitios de muestro en la Región Ecológica

Clave sitio	OCNOR4034	OCNOR4035	OCNOR6301	OCNOR6302	OCNOR6303
Sitio	Pozo villa del real	Pozo bagotes z12	Pozo zn-6 los bagotes	Pozo zn-8 los bagotes	Pozo zn-11 los bagotes
Organismo de cuenca	Noroeste	Noroeste	Noroeste	Noroeste	Noroeste
Estado	Sonora	Sonora	Sonora	Sonora	Sonora
Municipio	Hermosillo	Hermosillo	Hermosillo	Hermosillo	Hermosillo
Acuífero	Costa de Hermosillo	Costa de Hermosillo	Costa de Hermosillo	Costa de Hermosillo	Costa de Hermosillo
Subtipo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo	Pozo
Latitud	29.15153	29.09646	29.11272222	29.10244444	29.0944444
Longitud	-111.01328	-111.12072	-111.1445	-111.1376111	-111.1401944
Periodo	2012-2025	2012-2025	2012-2025	2012-2025	2012-2025
ALC (mg/L)	196.9	197.9	233.275	217.15	212.85
Calidad de ALC	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Conductividad (mS/cm)	956	657	739	731	715
Calidad de Conductividad	Permisible para riego	Buena para riego	Buena para riego	Buena para riego	Buena para riego
SDT (mg/L)	519.8	426.88	498	470	468
Calidad de SDT para riego agrícola	Cultivos sensibles	Excelente para riego	Excelente para riego	Excelente para riego	Excelente para riego
Calidad de SDT para salinidad	Potable - Dulce	Potable - Dulce	Potable - Dulce	Potable - Dulce	Potable - Dulce
Fluoruros (mg/L)	0.9044	0.4856	0.3505	0.482	0.4263
Calidad de fluoruros	Potable - Óptima	Media	Baja	Media	Media
Dureza Total (mg/L)	206.3568	208.4124	249.1656	231.081	244.1421
Calidad de Dureza Total	Potable - Dura	Potable - Dura	Potable - Dura	Potable - Dura	Potable - Dura
COLI_FEC_NMP/100_mL	6.582045613	11.94577803			
Calidad de COLI_FEC	Buena calidad	Buena calidad			
N_NO3_mg/L	6.7298425	2.0318905	2.709498	2.91349	3.234259
Calidad de N_NO3	Potable - Buena calidad	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
AS_TOT_mg/L	0.003527273	0.002227273	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Calidad de AS	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CD_TOT_mg/L	<0.00130105333333333	<0.00130105333333333	<0.001301	<0.001301	<0.001301

CONSULTA PÚBLICA

Clave sitio	OCNOR4034	OCNOR4035	OCNOR6301	OCNOR6302	OCNOR6303
Sitio	Pozo villa del real	Pozo bagotes z12	Pozo zn-6 los bagotes	Pozo zn-8 los bagotes	Pozo zn-11 los bagotes
Calidad de CD	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
CR_TOT_mg/L	0.003963333	0.001355556	0.0019	0.003	<0.0012
Calidad de CR	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
HG_TOT_mg/L	0.000212039	0.000225169	<0.0002013	<0.0002013	<0.0002013
Calidad de HG	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
PB_TOT_mg/L	<0.00154	<0.00154	<0.00154	<0.00154	<0.00154
Calidad de PB	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
MN_TOT_mg/L	0.001054545	0.003517273	<0.00021	<0.00021	<0.00021
Calidad de MN	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
FE_TOT_mg/L	0.036757273	0.073761818	0.009	0.0107	0.0047
Calidad de FE	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente	Potable - Excelente
Semáforo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Contaminantes	-	-	-	-	-

ALC (mg/L): Valor de Alcalinidad Total, en miligramos por litro
Conductividad (mS/cm): Valor de Conductividad en microSiemens por centímetro
SDT (M_mg/L): Valor de Solidos Disueltos Totales-Medidos, en miligramos por litro
Fluoruros (mg/L): Valor de Fluoruros Totales (F-), en miligramos por litro
DUR (mg/L): Valor de Dureza Total, en miligramos por litro
COLI_FEC_NMP/100_mL: Valor de Coliformes Fecales, en Numero Mas Probable por 100 mililitros
N_NO3_mg/L: Valor de Nitrogeno de Nitratos, en miligramos por litro
AS_TOT_mg/L: Valor de Arsenico Total, en miligramos por litro
CD_TOT_mg/L: Valor de Cadmio Total, en miligramos por litro
CR_TOT_mg/L: Valor de Cromo Total, en miligramos por litro
HG_TOT_mg/L: Valor de Mercurio Total, en miligramos por litro
PB_TOT_mg/L: Valor de Plomo Total, en miligramos por litro
MN_TOT_mg/L: Valor de Manganeso Total, en miligramos por litro
FE_TOT_mg/L: Valor de Hierro Total, en miligramos por litro

Como se puede observar en la tabla anterior, el semáforo de calidad del agua subterránea en los 5 sitios de muestro que indican en color verde, el cual puede destinarse para uso potable, de consumo y riego agrícola.

La figura siguiente muestra los sitios de monitoreo de calidad de agua subterránea que inciden en la Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

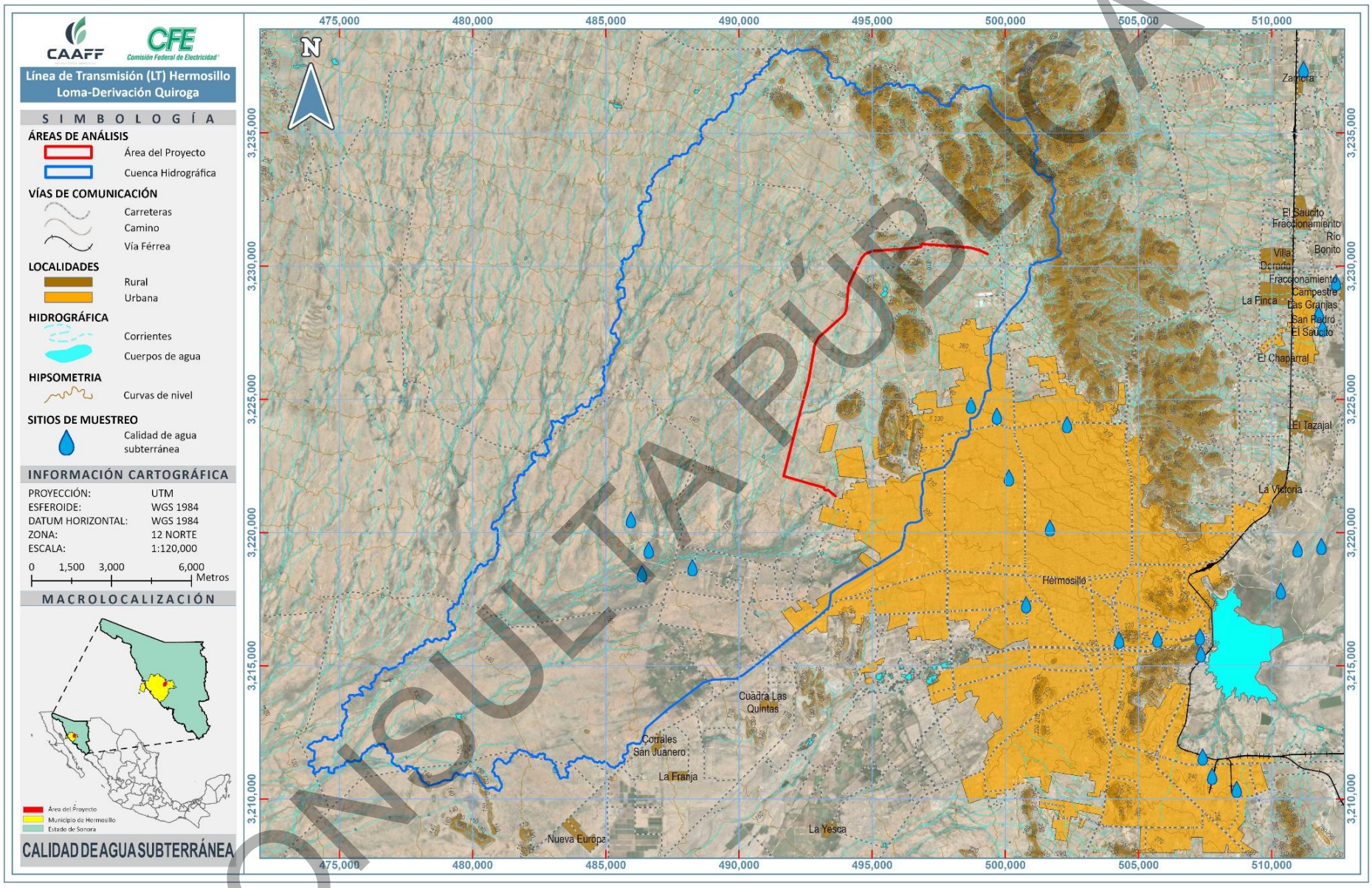


Figura 37. Mapa de la localización de los sitios de muestreo de calidad de agua superficial en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.7.4 BALANCE HÍDRICO

El comportamiento del agua en el territorio lleva un papel sumamente importante en las actividades humanas y económicas, además de ser un recurso modificador del paisaje. El análisis del ciclo del agua para el área de la Región Ecológica (RE), permite determinar desde la cantidad de agua almacenada hasta el tipo y diseño de obras de conservación. Enseguida se describe metódicamente el procedimiento de la captación e infiltración en la Región Ecológica (RE).

I.7.4.1 Precipitación

I.7.4.1.1 Estimación de la precipitación en la RE y en el AFP

Para determinar la precipitación media anual de la Región Ecológica (RE) y el Área Forestal del Proyecto (AFP) se consideraron las variables presentadas en el apartado *I.1.1.1. Variables climatológicas*, las cuales corresponde a los siguientes datos.

Tabla 60. Precipitación y temperatura mensual y anual

VARIABLE	MESES												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Temperatura (°C)	17.45	18.70	21.55	24.50	28.15	32.65	33.30	32.70	31.40	27.25	21.65	17.10	**25.53**
Precipitación (mm/m²)	12.40	14.45	7.65	3.15	1.65	8.15	84.95	92.35	71.15	18.40	18.55	20.10	**352.95**

El valor de precipitación anual es de 352.95 mm, hace referencia a la lámina precipitada en un m^2 y el valor requerido es el volumen precipitado en la superficie total de la RE y del AFP, por lo que es necesario multiplicar la lámina precipitada por la superficie de análisis (ver siguientes tablas). Las hojas de cálculo de balance hídrico en formato Excel se presentan en los ANEXOS 10 y 11.

Enseguida, se presenta el resultado de la precipitación de la RE por tipo de vegetación en m^3.

Tabla 61. Precipitación total por tipo de vegetación presente en el área de la RE

NO.	USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE		LAMINA PRECIPITADA		PRECIPITACIÓN (m^3/año)
		ha	m^2	mm	m	
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	832.312	8,323,118.000	352.95	0.35295	2,937,644.498
2	Agricultura de riego permanente	117.042	1,170,417.100	352.95	0.35295	413,098.715
3	Asentamientos humanos	1,385.230	13,852,299.340	352.95	0.35295	4,889,169.052
4	Matorral sarcocaule	2,879.265	28,792,653.450	352.95	0.35295	10,162,367.035
5	Mezquital xerófilo	24,207.263	242,072,625.520	352.95	0.35295	85,439,533.177
6	Pastizal cultivado	2,087.162	20,871,617.250	352.95	0.35295	7,366,637.308
7	Pastizal inducido	801.894	8,018,938.430	352.95	0.35295	2,830,284.319
8	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	3,870.990	38,709,900.960	352.95	0.35295	13,662,659.544
TOTAL		**36,181.157**	**361,811,570.050**	-	-	**127,701,393.649**

El volumen total precipitado en la superficie total de la RE es de **142,720,449.917 m^3** por año.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 62. Precipitación total en el AFP

ID	CLAVE	USO DEL SUELO Y/O VEGETACIÓN	SUPERFICIE		LAMINA PRECIPITADA		PRECIPITACIÓN (m^3/año)
			ha	m^2	mm	m	
1	VSa/MZX	VSa de Mezquital Xerófilo	26.999	269,990.000	352.95	0.35295	95,292.971
TOTAL			26.999	269,990.000	-	-	95,292.971

De acuerdo con la tabla anterior se tiene que, el volumen precipitado en la superficie total del Área Forestal del Proyecto es de 95,292.971 m^3 por año.

I.7.4.2 Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial fue determinado a través de la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015 "Conservación del Recurso Agua" que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y del subsuelo, para su explotación, uso o aprovechamiento. La misma define al Escurrimiento Natural como: el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia RE.

En el Apéndice Normativo "A": Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural de la NOM-011 se describen los métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural. En el caso de la RE en estudio no cuente con suficiente información de registros hidrométricos o ésta sea escasa (como en este caso), para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural se aplica el método indirecto denominado: precipitación-escurrimiento.

El coeficiente de escurrimiento se determina a partir del siguiente procedimiento:

VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA = PRECIPITACIÓN ANUAL DE LA CUENCA * ÁREA DE LA CUENCA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

A falta de información específica, con apoyo en los servicios del INEGI y de la visita de campo, se clasifican los suelos de la RE en estudio, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables), y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla siguiente y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K (véase Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural "Pequeños Almacenamientos". Secretaría de Recursos Hidráulicos, adaptación del Libro: Small Dams). El parámetro K en el cálculo del coeficiente de escurrimiento (Ce) se refiere a un valor empírico que está relacionado con las características físicas y de uso del suelo de una cuenca. Este valor determina la capacidad de infiltración del suelo y, por lo tanto, la cantidad de agua que escurre superficialmente en relación con la precipitación total.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 63. Grupos de suelos de acuerdo con sus características

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos.		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.		
USO DEL SUELO	**TIPO DE SUELO**		
	A	**B**	**C**
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En Hilera	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -Poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% -Regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -Excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	**0.26**	**0.29**	**0.32**
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las siguientes fórmulas:

Si K es menor o igual que 0.15:

$$Ce = \frac{K\ (P - 250)}{2000}$$

Si K es mayor que 0.15:

$$Ce = \frac{K\ (P - 250)}{2000} + \frac{K - 0.15}{1.5}$$

Donde:

P = Precipitación anual, en mm.

El escurrimiento se obtuvo al aplicar las ecuaciones anteriores, ya que se tuvieron valor de K desde 0.12 hasta 0.30. Cabe mencionar que las ecuaciones tienen un rango de validez, es decir, las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm (para el caso de la RE la precipitación promedio anual es de 352.95 mm.

CONSULTA PÚBLICA

I.7.4.2.1 Estimación del escurrimiento superficial en la RE

En la tabla siguiente se observa que el volumen escurrido en la superficie total de la RE es de 10,392,938.435 m^3 por año, lo cual corresponde al 8.1% del total precipitado (127,701,393.649 m^3).

Tabla 64. Escurrimiento medio superficial en la RE

NO.	USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m^2)	COBERTURA	SUELO	K	Ce	ESCURRIMIENTO (m^3)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	8,323,118.020	Cultivos en hilera	B	0.28	0.10	296,936.127
2	Agricultura de riego permanente	1,170,417.100	Cultivos en hilera	C	0.30	0.12	47,689.148
3	Asentamientos humanos	13,852,299.300	Zona Urbana	N/A	N/A	0.4	1,955,667.615
4	Matorral sarcocaule	12,574,300.270	Cubierto del 25 a 50%	B	0.26	0.09	384,857.916
5	Matorral sarcocaule	14,844,318.360	Cubierto del 25 a 50%	A	0.17	0.02	115,705.186
6	Matorral sarcocaule	1,374,034.800	Cubierto del 25 a 50%	C	0.28	0.10	49,020.159
7	Mezquital xerófilo	190,467,282.370	Cubierto del 50 al 75%	B	0.22	0.06	3,898,480.960
8	Mezquital xerófilo	4,921,481.660	Cubierto del 50 al 75%	A	0.12	0.01	10,729.677
9	Mezquital xerófilo	46,683,861.530	Cubierto del 50 al 75%	C	0.26	0.09	1,428,839.240
10	Pastizal cultivado	20,871,617.250	Cubierto del 25 a 50%	B	0.28	0.10	744,617.244
11	Pastizal inducido	6,281,920.560	Cubierto del 25 a 50%	B	0.28	0.10	224,114.227
12	Pastizal inducido	1,737,017.880	Cubierto del 25 a 50%	C	0.30	0.12	70,775.541
13	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	29,470,280.660	Cubierto del 25 a 50%	B	0.26	0.09	901,988.225
14	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	2,371,327.860	Cubierto del 25 a 50%	A	0.17	0.02	18,483.498
15	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	6,868,292.450	Cubierto del 25 a 50%	C	0.28	0.10	245,033.671
TOTAL		361,811,570.070	-	-	-	-	10,392,938.435

De acuerdo con Aparicio (1992), el coeficiente de escurrimiento para zonas residenciales semiurbanas tiene un valor de 0.40, valor que se tomó para calcular el escurrimiento en los asentamientos humanos.

I.7.4.2.1 Estimación del escurrimiento en el AFP

En el caso del AFP, el escurrimiento se calculó por escenario.

ESCENARIO 1: CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN CONDICIONES ACTUALES

Para determinar el escurrimiento correspondiente al AFP del proyecto en su condición actual (Escenario 1), este se caracterizó con base a las características del tipo de vegetación forestal presente, así como por las características de sus suelos. El tipo de vegetación se reclasificó con base en los trabajos de campo en relación con el muestreo de flora, por consiguiente, el tipo de vegetación presente en el área forestal corresponde a **Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MZX).**

A continuación, se presentan algunas fotografías panorámicas que evidencian el estado de la vegetación existente en el AFP.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 38. Estado de conservación de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSa/MZX)

Por consiguiente, con relación al tipo de coberturas y follajes que presentan este tipo de vegetación, y con base en la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, se consideró un valor de cobertura del 25 a 50% para la vegetación secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo del AFP, en su condición actual (escenario 1).

Tabla 65. Escurrimiento medio superficial en el AFP en condiciones actuales (Escenario 1)

ID	CLAVE	USO DEL SUELO Y/O VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m^2)	COBERTURA	SUELO	K	Ce	ESCURRIMIENTO (m^3)
1	Vsa/MZX	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	21,280.000	Cubierto del 25 a 50%	A	0.17	0.02	165.869
2	Vsa/MZX		248,710.000	Cubierto del 25 a 50%	B	0.26	0.09	7,612.194
TOTAL			269,990.000	-	-	-	-	7,778.063

De acuerdo con estos resultados, en el AFP se presenta un escurrimiento de **7,778.063** m^3 anuales, dicha cantidad representa 8.2% del total precipitado (95,292.971 m^3).

ESCENARIO 2: CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO

Para el escenario 2, dadas las características de la obra como se mencionó en capítulos anteriores, se afectará la cobertura forestal, por ello para el cálculo del escurrimiento superficial una vez ejecutado el proyecto, se consideraron los siguientes valores.

Tabla 66. Coeficientes de escurrimiento una vez ejecutado proyecto en el AFP (Escenario 2)

ID	CLAVE	USO DEL SUELO Y/O VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m^2)	COBERTURA	SUELO	K	Ce	ESCURRIMIENTO (m^3)
1	SVA	Sin Vegetación Aparente	21,280.000	Caminos	A	0.27	0.09	705.249
2	SVA	Sin Vegetación Aparente	248,710.000	Caminos	B	0.3	0.12	10,133.796
TOTAL			269,990.000	-	-	-	-	10,839.045

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con estos resultados, una vez ejecutado el proyecto en el AFP, se tendrá un escurrimiento de 10,839.045 m^3 anuales, dicha cantidad representa el 11.4% del total precipitado (95,292.971 m^3).

COMPARATIVA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN CONDICIONES ACTUALES Y UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EN EL AFP

En condiciones actuales se tiene un escurrimiento de 7,778.063 m^3, lo que indica un 8.2% del total de la precipitación anual, mientras que en una vez ejecutado el proyecto en su área forestal se presenta un escurrimiento de 10,839.045 m^3 es decir, el 11.4 % de la precipitación anual, por lo que en el área forestal del proyecto implica un aumento con respecto a las condiciones originales. Por consiguiente, la remoción de la cobertura forestal implica un incremento en el escurrimiento del agua de 3.2% equivalente a 3,060.982 m^3/año.

I.7.4.3 Evapotranspiración real (ETR)

La evapotranspiración real (ETR) es el proceso que describe la pérdida total de agua del suelo hacia la atmósfera, resultante de la combinación de dos procesos: la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas en el área de estudio. Este proceso constituye una de las principales salidas de agua en una cuenca y es fundamental en la determinación del balance hídrico, ya que afecta directamente la disponibilidad de agua en el suelo y en los cuerpos de agua de la región.

Calcular la ETR es esencial en el balance de agua de una cuenca, ya que representa la principal forma de retorno de agua a la atmósfera, disminuyendo así el agua disponible para otros usos, como la infiltración y el escurrimiento superficial. En el contexto del proyecto, la ETR es clave para estimar las necesidades de agua de la cuenca (RE), considerando las características particulares de la vegetación y del clima local.

Para su cálculo se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969), para posteriormente obtener la evapotranspiración real aplicando el método de Blanney-Criddle. El método de Thornthwaite (1948), calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales a través de la siguiente fórmula:

$$ETP = 16\, K_a \left(\frac{10\, T_j}{I}\right)^a$$

Donde:

ETP = ETP en el mes j, en mm.
Tj = Temperatura media en el mes j, en °C.
I, a = Constantes.
Ka = Factor de corrección de la duración del día de acuerdo con la latitud
16 = Constante.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 67. Valores de Ka (factor de corrección), de acuerdo con la latitud y el mes del año.

LATITUD EN GRADOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30	**0.90**	**0.87**	**1.03**	**1.08**	**1.18**	**1.17**	**1.20**	**1.14**	**1.03**	**0.98**	**0.89**	**0.88**
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Las constantes i (índice de eficiencia de temperatura), y a se calculan de la siguiente forma:

$$I = \sum_{j=1}^{n} ij$$

Donde:

ij = Índice de calor mensual y J = número de mes.

ij=(Tj/5)1.514, j = número de meses.

a = (0.92621/2.42325-log I)

Para calcular el índice de calor mensual se utilizó la temperatura media por mes (Ver siguiente tabla), luego sumando los valores se obtuvo el índice de calor anual, el cual es utilizado en la fórmula de ETP.

Tabla 68. Índice de calor mensual para cada uno de los meses.

VARIABLE	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura promedio mensual (C) (Tj)	17.45	18.70	21.55	24.50	28.15	32.65	33.30	32.70	31.40	27.25	21.65	17.10
Índice de calor mensual (i)	6.63	7.37	9.13	11.09	13.69	17.13	17.65	17.17	16.15	13.03	9.20	6.43

El factor de corrección de la duración del día de acuerdo con la latitud se obtuvo de la siguiente tabla. El valor de la constante "a" se obtuvo sustituyendo el valor del índice de calor anual en la fórmula presentada anteriormente:

$$a = \frac{0.92621}{2.42325 - \log(144.67)} = 3.52$$

Una vez calculados los componentes de la fórmula de ETP, se sustituyen los valores en la fórmula para generar la ETP mensual, la sumatoria de dichos valores es la ETP anual.

Tabla 69. Evapotranspiración potencial mensual y anual.

Mes	Temperatura Media Mensual (C) (Tj)	Índice de calor mensual (i)	(Factor de corrección) Horas luz de acuerdo con la latitud (Ka)	ETP Mensual
Enero	17.45	6.63	0.90	27.88
Febrero	18.70	7.37	0.87	34.38
Marzo	21.55	9.13	1.03	67.10
Abril	24.50	11.09	1.08	110.58
Mayo	28.15	13.69	1.18	197.07

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Temperatura Media Mensual (C) (Tj)	Índice de calor mensual (i)	(Factor de corrección) Horas luz de acuerdo con la latitud (Ka)	ETP Mensual
Junio	32.65	17.13	1.17	329.50
Julio	33.30	17.65	1.20	362.26
Agosto	32.70	17.17	1.14	322.79
Septiembre	31.40	16.15	1.03	252.80
Octubre	27.25	13.03	0.98	145.96
Noviembre	21.65	9.20	0.89	58.94
Diciembre	17.10	6.43	0.88	25.38
	25.5	**144.67**	-	**1,934.64**

La tabla anterior indica que la ETP es de 1934.64 mm/anual, lámina mayor que el agua precipitada; sin embargo, representa la demanda evaporativa de la atmósfera. Pero el dato que requerimos es la Evapotranspiración Real (ETR), es decir, la que ocurre de acuerdo con las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas de suelos y manejo del terreno.

Para estimar la ETR se utilizó el método de Blanney-Criddle, que considera el tipo de cobertura presente en la zona, ya que cada especie manifiesta diferentes procesos fisiológicos dando como resultado una variación en los valores de evapotranspiración.

Para estimar la evapotranspiración durante un ciclo vegetativo se empleó la fórmula:

$$Et = Kg * F$$

Donde:

Et = Evaporación durante el ciclo vegetativos, mm
Kg = Coeficiente global de desarrollo
F = Factor de temperatura y luminosidad

El factor de temperatura y luminosidad F se calculó de la siguiente manera.

$$F = \sum_{j=1}^{n} fi$$

Donde:

n = Número de meses que dura el ciclo vegetativo.
Fi=Pi ((Ti+17.8)/21.8)
Pi = Porcentaje de horas de sol del mes i con respecto al año.
Ti = Temperatura media del mes i°C.

Dicho lo anterior se presentan los resultados del cálculo ETR en la superficie de la Región Ecológica (RE).

CONSULTA PÚBLICA

I.7.4.3.1 Estimación de la ETR en la RE

Primeramente, se deberá proporcionar un valor de coeficiente de cultivo. En la tabla siguiente se presentan los coeficientes de desarrollo para cada uno de los usos de suelo y/o vegetación presente en la RE.

Tabla 70. Coeficiente de cultivo o coeficiente de ajuste (Kc) para la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CICLO DE CULTIVO	COEFICIENTE Kc (0.5-1.2)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	12	0.6
2	Agricultura de riego permanente	12	0.7
3	Asentamientos humanos	12	0.5
4	Matorral sarcocaule	12	0.7
5	Mezquital xerófilo	12	0.7
6	Pastizal cultivado	12	0.6
7	Pastizal inducido	12	0.6
8	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	12	0.7

Fuente: *Ortiz (2006).*

Una vez establecido el coeficiente global para la vegetación presente en el área de la RE, se calculó el valor de la ETR. Los valores del porcentaje de horas luz de los meses con respecto a la latitud se tomaron de la siguiente tabla.

Tabla 71. Porcentaje de horas luz de los meses con respecto al año, de acuerdo con la latitud.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
28°	7.39	6.81	8.38	8.69	9.48	9.41	9.61	9.17	8.31	7.99	7.25	7.26
29°	**7.35**	**6.79**	**8.37**	**8.71**	**9.52**	**9.47**	**9.66**	**9.2**	**8.32**	**7.97**	**7.21**	**7.2**
30°	7.3	6.76	8.37	8.73	9.57	9.52	9.71	9.23	8.32	7.94	7.16	7.15
31°	7.25	6.74	8.36	8.75	9.61	9.57	9.76	9.26	8.32	7.92	7.12	7.09
32°	7.2	6.71	8.36	8.77	9.66	9.63	9.81	9.29	8.33	7.9	7.08	7.04

Fuente: Aparicio (2005).

Cuando la zona en cuestión es árida, los valores de fi; se multiplican por un factor de corrección Kr

$$Kr = 0.03114\,T + 0.2396$$

Donde:

T = Temperatura media del mes °C.

Los valores de la temperatura media mensual y el porcentaje de horas de sol (Pi), se sustituyen en la fórmula para calcular Fi corregido y, obtener el factor F mensual, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo dando como resultado los valores de ETP mensuales, considerando todo el año como ciclo de desarrollo.

Posterior a obtener los valores de ETP de la tabla anterior, se procedió a convertir los mm a m^3, asimismo, al obtener la evapotranspiración potencial en m^3 se procedió a obtener la evapotranspiración real mensualmente, a cuál se obtuvo según la siguiente condicionante:

Si la precipitación es mayor o igual a la evapotranspiración potencial (ETP) la evapotranspiración real (ETR) es igual a la ETP. Caso contrario si la precipitación es menor a la ETP la ETR es igual a la precipitación (ver siguiente tabla).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 72. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial de la RE

Mes	Fi	Kr	Fi (Corregido)	Agricultura de riego anual y semipermanente	Agricultura de riego permanente	Asentamientos humanos	Matorral sarcocaule	Mezquital xerófilo	Pastizal cultivado	Pastizal inducido	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo
Ene	11.885	0.783	9.306	5.583	6.514	4.653	6.514	6.514	5.583	5.583	6.514
Feb	11.369	0.822	9.344	5.606	6.541	4.672	6.541	6.541	5.606	5.606	6.541
Mar	15.108	0.911	13.759	8.255	9.631	6.879	9.631	9.631	8.255	8.255	9.631
Abr	16.901	1.003	16.943	10.166	11.860	8.472	11.860	11.860	10.166	10.166	11.860
May	20.066	1.116	22.398	13.439	15.678	11.199	15.678	15.678	13.439	13.439	15.678
Jun	21.916	1.256	27.533	16.520	19.273	13.767	19.273	19.273	16.520	16.520	19.273
Jul	22.643	1.277	28.906	17.343	20.234	14.453	20.234	20.234	17.343	17.343	20.234
Ago	21.312	1.258	26.808	16.085	18.765	13.404	18.765	18.765	16.085	16.085	18.765
Sep	18.777	1.217	22.859	13.716	16.002	11.430	16.002	16.002	13.716	13.716	16.002
Oct	16.470	1.088	17.922	10.753	12.546	8.961	12.546	12.546	10.753	10.753	12.546
Nov	13.047	0.914	11.923	7.154	8.346	5.961	8.346	8.346	7.154	7.154	8.346
Dic	11.527	0.772	8.900	5.340	6.230	4.450	6.230	6.230	5.340	5.340	6.230
ETR				**129.960**	**151.620**	**108.300**	**151.620**	**151.620**	**129.960**	**129.960**	**151.620**

Posterior a obtener los valores de ETP de la tabla anterior, se procedió a convertir los mm a m^3, asimismo, al obtener la evapotranspiración potencial en m^3 se calculó la evapotranspiración real mensualmente.

Tabla 73. Cálculo de la Evapotranspiración Real de la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	PRECIPITACIÓN (m^3)	SUPERFICIE (m^2)	ETR (m)	ETR (m^3)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	2,937,644.498	8,323,118.000	129.96	1,081,670.87
2	Agricultura de riego permanente	413,098.715	1,170,417.100	151.62	177,458.39
3	Asentamientos humanos	4,889,169.052	13,852,299.340	108.30	1,500,201.88
4	Matorral sarcocaule	10,162,367.035	28,792,653.450	151.62	4,365,535.89
5	Mezquital xerófilo	85,439,533.177	242,072,625.520	151.62	36,702,999.13
6	Pastizal cultivado	7,366,637.308	20,871,617.250	129.96	2,712,471.51
7	Pastizal inducido	2,830,284.319	8,018,938.430	129.96	1,042,139.75
8	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	13,662,659.544	38,709,900.960	151.62	5,869,186.81
TOTAL		**127,701,393.649**	**361,811,570.050**	**1,104.66**	**53,451,664.23**

El resultado de evapotranspiración real final obtenida en la RE es de 53,451,664.23 m^3 al año, lo que representa un 41.9% de la precipitación total (127,701,393.649 m^3).

CONSULTA PÚBLICA

I.7.4.3.2 Estimación de la ETR final en el AFP

Primeramente, se deberá proporcionar un valor de coeficiente de cultivo. En la tabla siguiente se presentan los coeficientes de desarrollo para cada uno de los usos de suelo y/o vegetación presente en el AFP.

Tabla 74. Coeficiente de cultivo o coeficiente de ajuste (Kc) para el AFP

ID	CLAVE	USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN	CICLO DE CULTIVO	COEFICIENTE Kc (0.5-1.2)
1	VSa/MZX	Vsa de Mezquital Xerófilo	12	0.7
2	SVA	Sin Vegetación Aparente	12	0.5

Fuente: *Ortiz (2006).*

Una vez establecido el coeficiente global los valores de la temperatura media mensual y el porcentaje de horas de sol (Pi), se sustituyen en la fórmula para calcular Fi corregido y, obtener el factor F mensual, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo dando como resultado los valores de ETP mensuales, considerando todo el año como ciclo de desarrollo. A continuación, se presentan los datos.

Tabla 75. Cálculo de la evapotranspiración potencial en el AFP en sus diferentes escenarios.

Mes	Temperatura Media Mensual (C) (Ti)	Pi	Fi	Kr	Fi (Corregido)	Vegetación secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo (Escenario 1)	Sin vegetación aparente (Escenario 2)
Ene	17.45	7.35	11.885	0.783	9.306	6.514	4.653
Feb	18.70	6.79	11.369	0.822	9.344	6.541	4.672
Mar	21.55	8.37	15.108	0.911	13.759	9.631	6.879
Abr	24.50	8.71	16.901	1.003	16.943	11.860	8.472
May	28.15	9.52	20.066	1.116	22.398	15.678	11.199
Jun	32.65	9.47	21.916	1.256	27.533	19.273	13.767
Jul	33.30	9.66	22.643	1.277	28.906	20.234	14.453
Ago	32.70	9.2	21.312	1.258	26.808	18.765	13.404
Sep	31.40	8.32	18.777	1.217	22.859	16.002	11.430
Oct	27.25	7.97	16.470	1.088	17.922	12.546	8.961
Nov	21.65	7.21	13.047	0.914	11.923	8.346	5.961
Dic	17.10	7.2	11.527	0.772	8.900	6.230	4.450
ETR						**151.620**	**108.300**

Posterior a obtener los valores de ETP de la tabla anterior, se procedió a convertir los mm a m^3, asimismo, al obtener la evapotranspiración potencial en m^3 se procedió a obtener la evapotranspiración real mensualmente, a cuál se obtuvo según la siguiente condicionante: Si la precipitación es mayor o igual a la evapotranspiración potencial (ETP) la evapotranspiración real (ETR) es igual a la ETP. Caso contrario si la precipitación es menor a la ETP la ETR es igual a la precipitación (ver tablas siguientes).

ESCENARIO 1: CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN CONDICIONES ACTUALES

A continuación, se presentan los valores de ETR en condiciones actuales (escenario 1).

Tabla 76. Cálculo de la Evapotranspiración Real en el AFP (Escenario 1)

CLAVE	USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN	PRECIPITACIÓN (m^3)	SUPERFICIE (m^2)	ETR (m)	ETR (m^3)
VSa/MKX	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	95,292.971	269,990.000	151.620	40,935.825
TOTAL		**95,292.971**	**269,990.000**	**151.620**	**40,935.825**

El resultado de evapotranspiración real final obtenida en el AFP en condiciones actuales es de **40,935.825** m^3 al año, lo que representa un 43% de la precipitación total (95,292.971 m^3).

CONSULTA PÚBLICA

ESCENARIO 2: CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL UNA VEZ EJECUTADO EL PROYECTO EN EL AFP

Para el escenario 2 una vez ejecutado el proyecto el área del AFP pasara a Sin Vegetación Aparente (SVA) se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 77. Cálculo de la Evapotranspiración Real en el AFP (Escenario 2)

CLAVE	USO DE SUELO Y/O VEGETACIÓN	PRECIPITACIÓN (m^3)	SUPERFICIE (m^2)	ETR (m)	ETR (m^3)
VSa/MKX a SVA	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo a Sin Vegetación Aparente	95,292.971	269,990.000	108.300	29,239.875
TOTAL		**95,292.971**	**269,990.000**	**108.300**	**29,239.875**

El resultado de evapotranspiración real final obtenida una vez ejecutado el proyecto en el área del AFP es de 29,239.875 m^3 al año, lo que representa un 30.7% de la precipitación total (95,292.971 m^3).

I.7.4.4 Infiltración

De la lluvia que llega a la superficie del suelo, una fracción se infiltra, otra fracción escurre y una pequeña fracción termina evaporándose. Sin embargo, la única fracción de lluvia con potencial a infiltrarse es la que llega a la superficie del suelo.

Para la estimación de infiltración se realizará una diferencia entre los factores de precipitación, evapotranspiración real y escurrimiento obteniendo de esta manera, como resultado la infiltración anual, esto puesto que, el balance hídrico se basa en la ecuación de continuidad.

La ecuación de la continuidad, establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada. En general, la técnica del balance hídrico implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance (UNESCO, 1971).

Para estimar el volumen de infiltración en el área de la RE y del AFP, se utilizó la fórmula siguiente:

$$\boldsymbol{Infiltración = Precipitación - Evapotranspiración - Volumen\ de\ escurrimiento}$$

Por lo que se retomaron los resultados obtenidos para precipitación, evapotranspiración y escurrimiento de las dos áreas de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

I.7.4.4.1 Estimación de la infiltración de la RE

Para calcular los valores de infiltración, se utilizaron los siguientes parámetros:

Tabla 78. Infiltración del agua por tipo de vegetación presente en la RE

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m²)	PRECIPITACIÓN (m³/año)	ETR (m³/año)	ESCURRIMIENTO MEDIO (m³/año)	INFILTRACIÓN (m³/año)
1	Agricultura de riego anual y semipermanente	8,323,118.000	2,937,644.498	1,081,670.872	296,936.127	1,559,037.498
2	Agricultura de riego permanente	1,170,417.100	413,098.715	177,458.388	47,689.148	187,951.179
3	Asentamientos humanos	13,852,299.340	4,889,169.052	1,500,201.879	1,955,667.615	1,433,299.558
4	Matorral sarcocaule	28,792,653.450	10,162,367.035	4,365,535.889	549,583.261	5,247,247.885
5	Mezquital xerófilo	242,072,625.520	85,439,533.177	36,702,999.130	5,338,049.877	43,398,484.171
6	Pastizal cultivado	20,871,617.250	7,366,637.308	2,712,471.509	744,617.244	3,909,548.556
7	Pastizal inducido	8,018,938.430	2,830,284.319	1,042,139.752	294,889.768	1,493,254.799
8	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	38,709,900.960	13,662,659.544	5,869,186.812	1,165,505.394	6,627,967.337
TOTAL		**361,811,570.050**	**127,701,393.649**	**53,451,664.231**	**10,392,938.435**	**63,856,790.984**

El agua infiltrada en el área de la RE es de 63,856,790.984 m^3 por año y representa el 50.0% de la precipitación total. Es importante añadir que no toda esta cantidad de agua se vuelve disponible para la recarga de los mantos freáticos ya que un porcentaje queda retenido en el suelo y otra se pierde por el proceso de evapotranspiración.

I.7.4.4.1.1 Infiltración en el AFP

Los resultados se presentan por escenarios, en el escenario 1 se presenta la infiltración en condiciones actuales, en el escenario 2 los valores de infiltración una vez ejecutado el proyecto en su área forestal y, posteriormente una comparativa de los valores de infiltración en los escenarios anteriores.

* *Escenario 1: En este apartado se presentan los resultados de la infiltración en condiciones actuales*

Tabla 79. Cálculo de la infiltración del AFP (Escenario 1)

NO.	CLAVE	TIPO DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m²)	PRECIPITACIÓN (m³/año)	ETR (m³/año)	ESCURRIMIENTO MEDIO (m³/año)	INFILTRACIÓN (m³/año)
1	Vsa/MZX	Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	269,990.000	95,292.971	40,935.825	7,778.063	46,579.083
TOTAL			**269,990.000**	**95,292.971**	**40,935.825**	**7,778.063**	**46,579.083**

El agua infiltrada en el AFP es de 46,579.083 m^3 por año representando el 48.9% con respecto a la precipitación (95,292.971 m^3). Es importante añadir que no toda esta cantidad de agua se vuelve disponible para la recarga de los mantos freáticos ya que un porcentaje queda retenido en el suelo y otra se pierde por el proceso de evapotranspiración.

CONSULTA PÚBLICA

* *Escenario 2: En este apartado se presentan los resultados de la infiltración una vez ejecutado el proyecto en su área forestal.*

El volumen de infiltración en el escenario 2 fue multiplicado por un factor de reducción de infiltración (Fc) para un suelo compactado ligeramente (con un valor de 0.8) considerando que una vez realizado el proyecto el suelo será afectado por la ejecución de las obras.

$$\boldsymbol{Infiltración = Precipitación - Evapotranspiración - Volumen\ de\ escurrimiento * Fc}$$

Tabla 80. Cálculo de la infiltración del AFP (Escenario 2)

NO.	CLAVE	TIPO DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE (m^2)	PRECIPITACIÓN (m^3/año)	ETR (m^3/año)	ESCURRIMIENTO MEDIO (m^3/año)	INFILTRACIÓN (m^3/año)
1	SVA	Sin Vegetación Aparente	269,990.000	95,292.971	29,239.875	10,839.045	44,171.240
TOTAL			**269,990.000**	**95,292.971**	**29,239.875**	**10,839.045**	**44,171.240**

Como se puede observar en la tabla anterior, el volumen de agua que se infiltra una vez ejecutado el proyecto en el AFP es de 44,171.240 m^3 por año, que corresponde al 46.4% de la precipitación total anual del área forestal (95,292.971 m^3).

Volumen de agua a mitigar (m^3/año)

Como resultado de la implementación del presente proyecto el volumen de agua que se dejará de infiltrar corresponde a 2,407.842 m^3, mismo que corresponde al 2.5% de la precipitación total anual del área forestal (95,292.971 m^3). Es importante mencionar que se llevarán a cabo las medidas preventivas y de mitigación necesarias para contrarrestar los efectos negativos sobre la calidad y cantidad de agua, mismas que se describen a detalle en el Programa de Conservación y Restauración de Suelo y Agua que se anexa en el presente estudio.

CONSULTA PÚBLICA

I.8 PAISAJE

El paisaje presenta características que lo diferencian de otras variables territoriales o ambientales, las cuales deben considerarse en la gestión de los recursos paisajísticos (Zubelsu y Allende, 2014). La extensión de un paisaje es variable y puede abarcar desde unos pocos kilómetros hasta áreas de gran amplitud superficial. Su característica más importante es que actúa como un indicador de los procesos históricos y actuales, tanto naturales como derivados de las actividades humanas, evidenciando la relación de la sociedad con el medio ambiente y los recursos naturales.

Para el análisis del paisaje en la Región Ecológica (RE) donde se desarrollará el proyecto, se delimitaron 10 unidades de paisaje, definidas con base en las topoformas, el uso de suelo y la vegetación.

En la RE predominan las unidades de paisaje correspondientes a Bajada con Lomerío, que en conjunto representan el 93.3 % de la superficie, mientras que las unidades asociadas a Sierra Escarpada Compleja representan el 6.7 % restante. La unidad de mayor extensión corresponde a Bajada con Lomerío con Mezquital Xerófilo, con 23,613.194 ha (65.3 %), seguida de Bajada con Lomerío con Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, con 3,870.990 ha (10.7 %).

La distribución de las unidades de paisaje identificadas en la Región Ecológica se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 81. Unidades paisajísticas presentes en la Región Ecológica

NO.	UNIDAD DE PAISAJE	SUPERFICIE	
		ha	%
1	Bajada Con Lomerío con Asentamientos Humanos	1,385.230	3.8
2	Bajada Con Lomerío con Mezquital Xerófilo	23,613.194	65.3
3	Bajada Con Lomerío con Matorral Sarcocaule	1,022.295	2.8
4	Bajada Con Lomerío con Pastizal Cultivado	2,087.162	5.8
5	Bajada Con Lomerío con Pastizal Inducido	801.894	2.2
6	Bajada Con Lomerío con Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente	832.312	2.3
7	Bajada Con Lomerío con Agricultura De Riego Permanente	117.042	0.3
8	Bajada Con Lomerío con Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo	3,870.990	10.7
9	Sierra Escarpada Compleja con Mezquital Xerófilo	594.069	1.6
10	Sierra Escarpada Compleja con Matorral Sarcocaule	1,856.971	5.1
TOTAL		**36,181.157**	**100**

El análisis del paisaje de la RE se realizó considerando criterios geoecológicos y de relieve, con el objetivo de evaluar la Calidad Visual (CV), la fragilidad del paisaje (FP) y la Visibilidad (V), los cuales se calculan y describen a continuación.

I.8.1 CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE (CV) EN LA RE

La calidad visual del paisaje, referida como la valoración del atractivo visual del paisaje, está en función de propiedades tales como colores, contrastes o formas que dependen de la morfología del paisaje, el tipo de vegetación y la presencia de cuerpos de agua entre otros.

CONSULTA PÚBLICA

Para realizar la evaluación de la calidad visual del paisaje, primeramente, con la ayuda del personal que participó en la toma de datos en campo, se realizó una evaluación de cada una de las unidades paisajísticas aplicando la siguiente expresión, misma que es desarrolla con el uso de los SIG´s. A continuación, se presenta la ecuación empleada.

$$\boldsymbol{CV = \sum(T, C, FE, R, AH)}$$

Donde:

CV = Calidad Visual;
T = Topoformas;
C = Color;
FE = Fondo Escénico;
R = Rareza, y
AH = Actividades Humanas.

Los criterios para valorar cada uno de los componentes de la calidad visual se establecen en la siguiente tabla. Una vez evaluados cada uno de los componentes estos se suman para generar los valores de la calidad visual de cada una de las unidades paisajísticas.

Tabla 82. Criterios Utilizados para la Evaluación de la Calidad Visual (CV)

PONDERACIÓN	5	3	1
Topoformas	Relieve muy montañoso, marcado y prominente, o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistema de dunas; o presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Color	Combinaciones de color intensa y variada, o contrastes agradables entre suelo y vegetación.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contrastes, colores apagados.
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
Rareza	Único o poco común, o muy raro en la región, posibilidad real de contemplar fauna y vegetación de manera excepcional.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
Actividades Humanas	Libre de actividades estéticamente indeseadas con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en una totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.

Los valores obtenidos de la tabla anterior se clasifican en: alta, media y baja de acuerdo con los siguientes criterios.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla 83. Clasificación de Calidad Visual (CV) del Paisaje

VALOR	SENSIBILIDAD	CRITERIO	RANGO
1	Alta	Mantienen sus caracteres originales y prevalece una estabilidad equilibrio entre los subsistemas abiótico, biótico y antrópico, tienen alta capacidad de resiliencia y muy bajo nivel de deterioro. Existen procesos edafogénicos y recolonización vegetal que garantizan el mantenimiento de la riqueza y el equilibrio de sus paisajes. Con aprovechamientos del potencial natural, sin afectar la regeneración natural.	19 - 33
2	Media	Presenta una situación de estabilidad favorable, aunque puede ser frágil debido a acciones antrópicas sobre los componentes bióticos que han simplificado el sistema, incrementando su sensibilidad a impactos externos. No obstante, la baja incidencia e intensidad no compromete el equilibrio alcanzado, de tal forma que los escasos desajustes espaciales y temporales del potencial ecológico pueden ser restaurados.	12 - 18
3	Baja	Presenta diversas situaciones de deterioro en distinto grado y manifiesta una sensible inestabilidad, la posibilidad de recuperación de un paisaje degradado depende de su nivel de deterioro.	0 - 11

La evaluación de la CV del paisaje en la RE indica que la mayor parte del área presenta una calidad visual media (74.9 %). Estas áreas mantienen condiciones de estabilidad favorables, aunque pueden presentar modificaciones derivadas de las actividades humanas que afectan algunos de sus componentes y simplifican el sistema.

Por otro lado, el 25.1 % de la RE presenta una calidad visual baja, asociada con áreas que presentan un mayor grado de deterioro y una menor estabilidad del paisaje, lo que puede limitar su capacidad de recuperación natural.

Finalmente, no se identificaron áreas con calidad visual alta, por lo que esta categoría representa el 0.0 % de la superficie de la RE.

Tabla 84. Clases de la Calidad Visual (CV) dentro de la RE

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
1	Alta	0.000	0.0
2	Media	27,086.528	74.9
3	Baja	9,094.629	25.1
TOTAL		**36,181.157**	**100**

A continuación, en la siguiente figura se visualiza la distribución de Calidad Visual del Paisaje en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

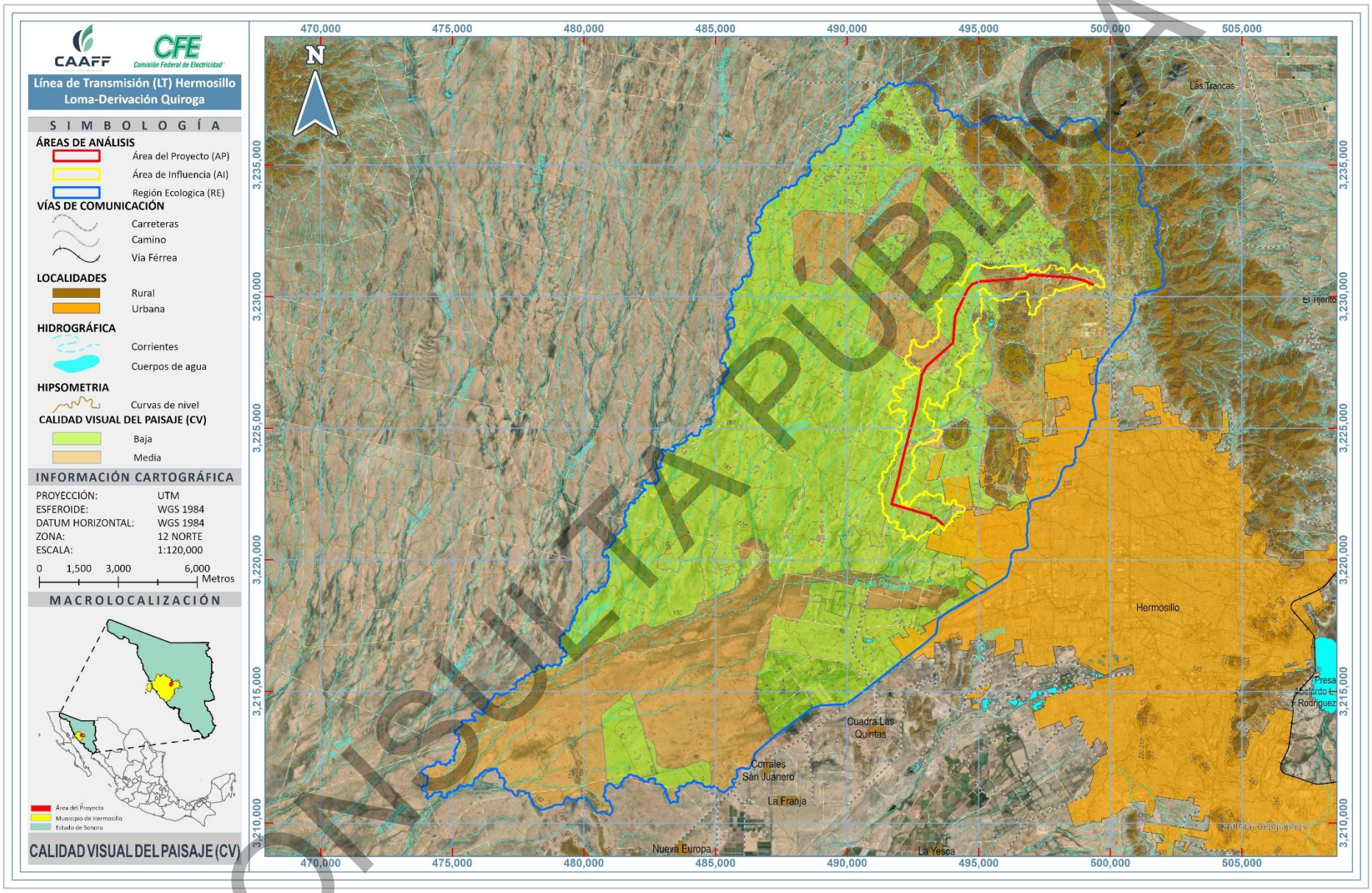


Figura 39. Calidad Visual (CV) del paisaje presente en la RE.

CONSULTA PÚBLICA

I.8.2 FRAGILIDAD DEL PAISAJE (FV) EN LA RE

La Fragilidad Visual (FV) expresa la susceptibilidad de un paisaje a experimentar modificaciones en sus características visuales ante la incidencia de determinadas actuaciones. Para su valoración se empleó como base metodológica la Capacidad de Absorción Visual (CAV), entendida como la capacidad del paisaje para acoger actuaciones sin que se produzcan alteraciones significativas en su carácter visual.

Ambos conceptos presentan una relación inversa: a mayor Capacidad de Absorción Visual, menor Fragilidad Visual; mientras que una menor capacidad de absorción corresponde a una mayor fragilidad. Por ello, aunque el procedimiento de evaluación se desarrolla mediante el cálculo de la CAV, los resultados se expresan e interpretan finalmente como Fragilidad Visual del paisaje.

La estimación de la CAV se realizó mediante la valoración ponderada de factores biofísicos y visuales que influyen en la capacidad del paisaje para absorber modificaciones. Entre estos factores se consideran las características topográficas, la estabilidad y erosionabilidad del suelo, el potencial estético, la diversidad de la vegetación, los contrastes de color y el grado de actuación humana presente en el paisaje.

Para la evaluación de la Capacidad de Absorción Visual de cada una de las unidades de paisaje presentes en la Región Ecológica, se aplicó la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{CAV = P * \left[\sum (E, R, D, C, AH)\right]}$$

Donde:

P = Pendiente;
E = Erosionabilidad y estabilidad de suelo;
R = Potencial estético;
D = Diversidad de la vegetación;
C = Color, y
AH = Actuación humana.

Para evaluar cada componente de la CAV se siguieron los criterios establecidos en la tabla siguiente. El factor P se construyó con la reclasificación del mapa de pendientes de la RE (estableciendo tres clases), el factor de estabilidad del suelo y erosionabilidad del suelo (E) se evaluó utilizando la capa de erosión del suelo de la RE, los demás elementos fueron evaluados tomando en cuenta el uso de suelo y vegetación, el sistema de topoformas y tipos de suelo presentes en cada unidad de paisaje.

Tabla 85. Factores considerados en la estimación de la Capacidad de Absorción Visual (CAV) del Paisaje

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Pendiente (P)	Inclinado > 27°	Bajo	1
	Inclinación suave 13°– 27°	Moderado	2
	Poco inclinado < 13°	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2

CONSULTA PÚBLICA

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actividad humana (AH)	Fuerte presencia antrópica	Bajo	1
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Alto	3
Contrastes de color (C)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Una vez desarrollada la expresión de la CAV los valores numéricos obtenidos se agrupan en tres categorías; alta, media y baja (tabla siguiente).

Tabla 86. Clases de Capacidad de Absorción Visual (CAV)

CATEGORÍA	VALOR NUMÉRICO
Baja = < 10	1
Media = 11 - 20	2
Alta = > 21	3

A partir de la relación inversa entre la CAV y la Fragilidad Visual, las categorías obtenidas fueron transformadas para su interpretación como Fragilidad Visual del paisaje (FV), de manera que una CAV baja corresponde a una FV alta, una CAV media corresponde a una FV media y una CAV alta corresponde a una FV baja.

En la RE, la Fragilidad Visual presenta una predominancia de paisajes con baja fragilidad, los cuales representan el 91.0% de la superficie evaluada. Esta condición corresponde a áreas con alta capacidad de absorción visual, es decir, paisajes con una mayor capacidad para integrar o absorber modificaciones sin generar cambios significativos en sus características visuales.

Por otra parte, el 6.1% de la superficie de la RE presenta una fragilidad visual media, correspondiente a zonas con una capacidad de absorción intermedia y, por tanto, con una sensibilidad moderada ante posibles modificaciones del paisaje. Estas áreas presentan condiciones que requieren mayor consideración durante la planeación de intervenciones, particularmente cuando puedan generar cambios perceptibles en la estructura o composición visual del paisaje.

Finalmente, el 2.9% de la superficie presenta una fragilidad visual alta, asociada con una baja capacidad de absorción visual. Estas áreas presentan una mayor susceptibilidad a experimentar modificaciones perceptibles en sus características visuales, por lo que cualquier intervención puede generar cambios de mayor relevancia en el paisaje.

En términos generales, predomina una baja Fragilidad Visual en la RE, correspondiente al 91.0% de su superficie, lo cual es consistente con la predominancia de áreas con alta Capacidad de Absorción Visual. En contraste, las

CONSULTA PÚBLICA

áreas de fragilidad media y alta representan conjuntamente el 9.0% de la superficie de la RE, concentrándose en sectores con condiciones que limitan su capacidad para absorber visualmente posibles modificaciones.

Tabla 87. Clases de Clasificación de la Fragilidad Visual (FV) en la RE

VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
1	Baja	32,906.956	91.0
2	Media	2,211.235	6.1
3	Alta	1,062.966	2.9
TOTAL		36,181.157	100

En la siguiente figura representa la Fragilidad Visual (FV) del paisaje.

CONSULTA PÚBLICA

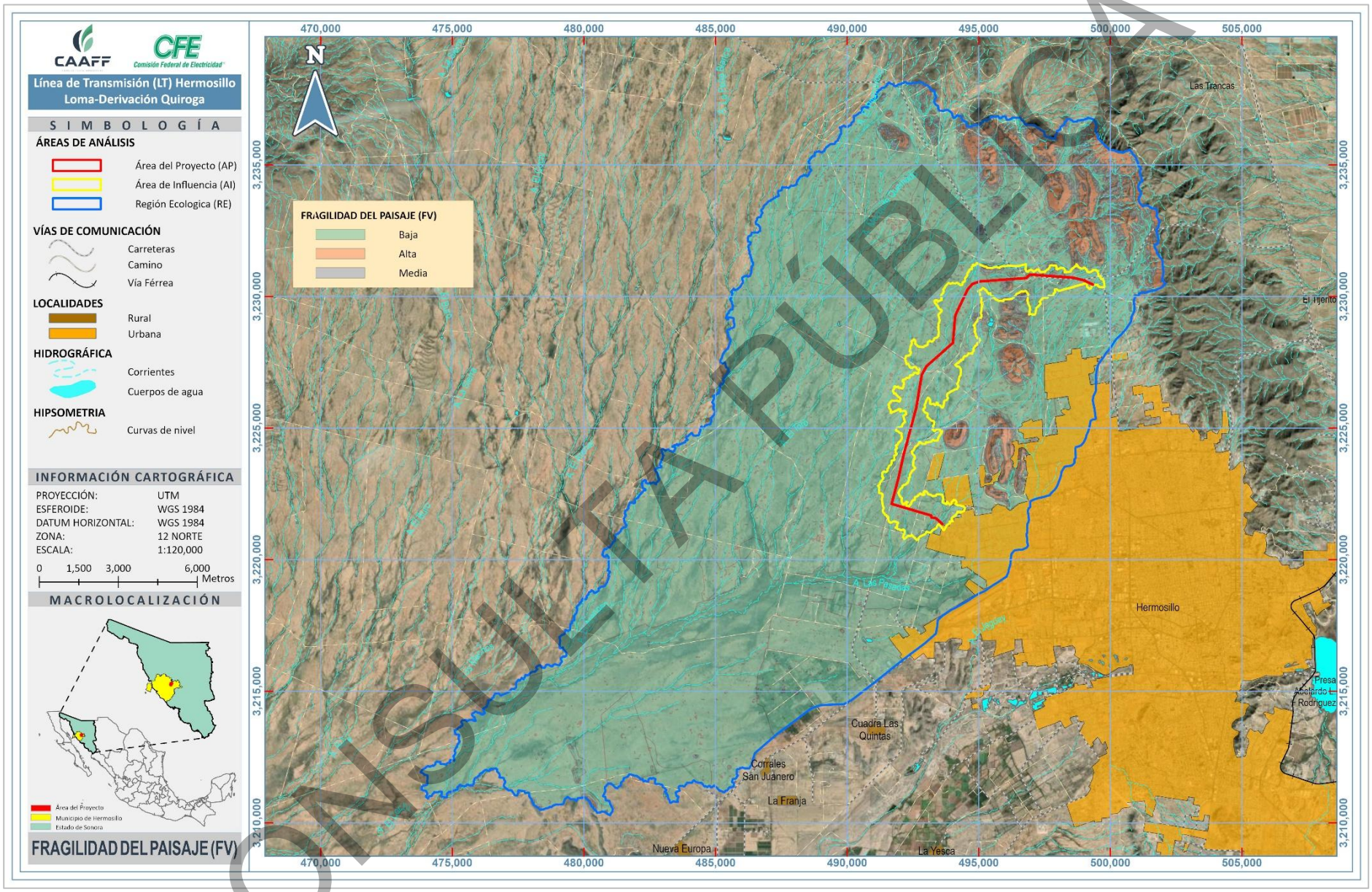


Figura 40. Capacidad de Absorción Visual (CAV) en la RE

CONSULTA PÚBLICA

I.8.3 GRADO DE VISIBILIDAD (V) EN LA RE

Para fines del estudio, la visibilidad es el espacio geográfico desde donde puede ser visto un proyecto o actuación humana; en otras palabras, su incidencia visual depende de la conformación del terreno, las propiedades de la vegetación y las dimensiones propias del proyecto en particular.

Para el caso de este proyecto, la determinación del grado de visibilidad se realizó mediante una evaluación de las unidades de uso de suelo y vegetación que conforman la RE. Los valores utilizados en la evaluación fueron 0, 1 y 2, correspondientes a las clases no visible, poco visible y visible, respectivamente, considerando para cada unidad las propiedades de la vegetación, la conformación del terreno y la pendiente.

Posteriormente, se integraron los valores obtenidos de la evaluación de la pendiente con los correspondientes a las unidades de uso de suelo y vegetación. A partir de este resultado se realizó una reclasificación para establecer las clases de visibilidad del paisaje:

Tabla 88. Grado de Visibilidad (V) en la RE

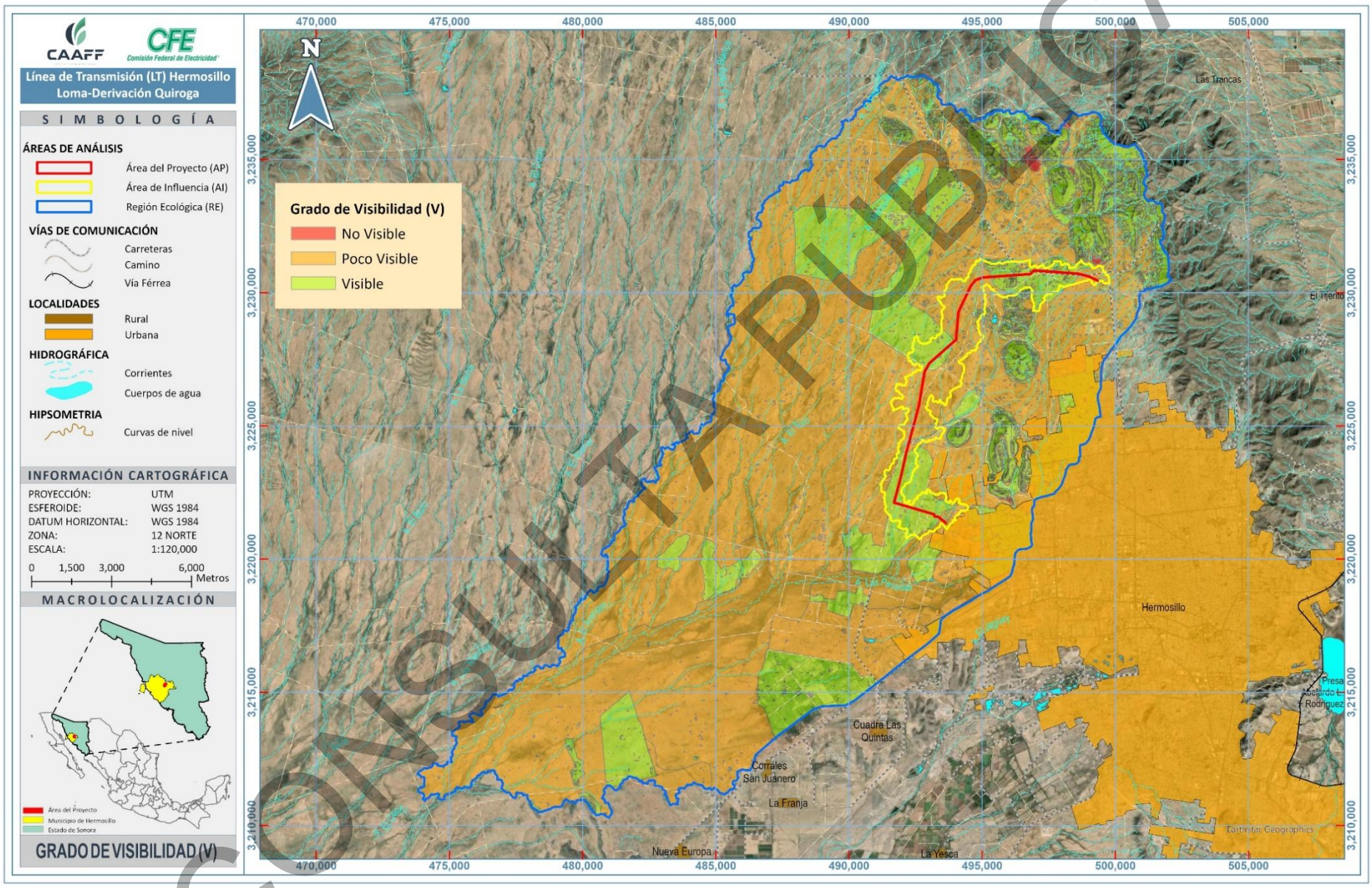
VALOR	CLASE	SUPERFICIE	
		ha	%
0	No Visible	1,380.564	3.8
1	Poco Visible	27,264.698	75.4
2	Visible	7,535.895	20.8
TOTAL		**36,181.157**	**100**

Los resultados muestran que un 20.8 % de la superficie de la RE es visible, mientras que un 75.4 % se considera poco visible y el 3.8 % corresponde a áreas no visibles. Esta distribución se relaciona principalmente con la conformación del terreno, de manera que las áreas con mayor pendiente presentan una mayor visibilidad, mientras que las superficies planas presentan una menor incidencia visual. En particular, los asentamientos humanos ubicados en superficies planas corresponden a las áreas clasificadas como no visibles.

A continuación, en la siguiente figura se presenta la distribución del Grado de Visibilidad del Paisaje en la Región Ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

Figura 41. Grado de Visibilidad (V) del paisaje en el SA



CONSULTA PÚBLICA

I.8.4 CONCLUSIÓN DEL APARTADO PAISAJE

De manera integral, la evaluación del paisaje en la RE, considerando la Calidad Visual del Paisaje (CV), la Fragilidad Visual (FV) y el Grado de Visibilidad (V), permite establecer que el área presenta condiciones predominantemente de calidad visual media, baja fragilidad y poca visibilidad, lo que refleja un paisaje con características visuales intermedias y, en términos generales, con una capacidad favorable para absorber modificaciones sin que estas representen una alteración visual generalizada del entorno.

En este contexto, la construcción y operación de la Línea de Transmisión implicará la incorporación de elementos antrópicos lineales y puntuales, principalmente torres, conductores y las áreas asociadas a su instalación y mantenimiento, que modificarán localmente la composición y estructura visual del paisaje. No obstante, considerando la predominancia de una calidad visual media, baja fragilidad visual y poca visibilidad, se estima que la incidencia paisajística del proyecto será principalmente local y espacialmente acotada, concentrándose en aquellos sectores donde las estructuras presenten mayor exposición visual.
Por lo anterior, la presencia de la Línea de Transmisión no se considera incompatible con las condiciones paisajísticas predominantes de la RE, aunque su incidencia visual podrá adquirir mayor relevancia en los sectores que, de manera conjunta, presenten mayor calidad visual, mayor fragilidad y mayor grado de visibilidad. En estos sitios, las medidas de prevención, mitigación y manejo paisajístico deberán orientarse a reducir el contraste visual de las obras y a favorecer su integración con las características naturales y antrópicas existentes.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten concluir que el paisaje de la RE presenta una capacidad relativamente favorable para incorporar el proyecto de la Línea de Transmisión, debido a la predominancia de condiciones de baja fragilidad y reducida exposición visual. La afectación sobre el paisaje se prevé, por tanto, puntual y localizada, sin que las características visuales del proyecto impliquen por sí mismas una transformación generalizada del paisaje regional.

CONSULTA PÚBLICA

CAAFF

CONSULTORÍA AMBIENTAL

ANEXO 5

CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

CONSULTA PÚBLICA



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

[redacted]

I ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN O REGIONES ECOLÓGICAS DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS Y ALCANCES DEL PROYECTO

Conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), una **región ecológica** se define textualmente como la *unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes*, esta definición se encuentra establecida en el **Artículo 3, fracción XXXI** de la citada ley federal mexicana.

Otros términos similares son **ecorregiones** o **biorregiones** que se definen como unidades geográficas con flora, fauna y ecosistemas característicos. Son una división de las grandes "ecozonas" o regiones biogeográficas (CONABIO, 2020).

Omernik, J. M., et al. (2018), sostiene que las **ecorregiones** se identifican analizando patrones de fenómenos bióticos y abióticos. Estos incluyen la geología, la fisiografía (relieve), el clima, los suelos, el uso del suelo y la hidrología. Omernik enfatiza que la importancia relativa de cada factor varía según la región específica.

El antiguo Instituto Nacional de Ecología (INE) actualmente INECC, en colaboración con la CONABIO y el INEGI, desarrollaron el mapa de **Ecorregiones Terrestres de México**. Esta regionalización divide al país según sus características comunes (**relieve, clima, vegetación, fauna, suelos e hidrografía**) para evaluar cómo interactúan las especies en diferentes hábitats, abarcando; Desiertos y matorrales, Bosques templados y húmedos de montaña, Selvas secas y húmedas Regiones marinas y lacustre.

Para gestionar el territorio, El antiguo Instituto Nacional de Ecología (INE) actualmente INECC, en colaboración con la CONABIO y el INEGI, desarrolló el mapa de **Ecorregiones Terrestres de México**. Esta regionalización divide al país según sus características comunes (**relieve, clima, vegetación, fauna, suelos e hidrografía**) para evaluar cómo interactúan las especies en diferentes hábitats, abarcando; Desiertos y matorrales, Bosques templados y húmedos de montaña, Selvas secas y húmedas Regiones marinas y lacustre. En este marco, las interacciones ambientales se analizan principalmente a través de dos vertientes: las **interacciones bióticas de los ecosistemas** y los conflictos o sinergias sectoriales mediante el Ordenamiento Ecológico del Territorio.

I.1 CRITERIOS PARA LA DELIMITACION

La ubicación de geopolítica del área del proyecto "***Línea de transmisión (LT) Hermosillo Loma – Derivación Quiroga***" (AP), se pretende ubicar en el municipio de Hermosillo, en el estado de Sonora. Si bien, las divisiones políticas de municipios, estados y países, no respetan los procesos ecológicos, es importante el desarrollo de políticas públicas que incluyan escalas espaciales adecuadas y que consideren la dinámica ambiental.

Bajo este enfoque y en apego a los alcances del proyecto considerando los ecosistemas que se circunscriben y los elementos del ambiente (bióticos y abióticos), se identificaron los siguientes componentes para la

CONSULTA PÚBLICA

delimitación de la región ecológica; Unidades Ambientales (UAB), Unidades de Gestión Ambiental (UGA), Sistema de Topoformas, Uso de suelo y Vegetación, Unidades de Suelo, Hidrología Subterránea, Subcuencas y Microcuencas (Tabla 1).

Cabe mencionar que no se identificó ningún área de importancia ecológica con el proyecto como son; Áreas Naturales Protegidas (ANP), Áreas Importantes para la Conservación de Aves (AICAs), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Sitios RAMSAR y Sitios Terrestres Prioritarios (STP) y Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR), por lo que estas regiones no fueron consideradas para la delimitación de la Región ecológica.

Teniendo los criterios a considerar se realizó la superposición de mapas (u *overlay* cartográfico) es una técnica fundamental en las Ciencias Ambientales para la delimitación de regiones ecológicas u ordenamientos ecológicos del territorio. Consiste en sobreponer múltiples capas temáticas de un mismo territorio para identificar áreas con características homogéneas o delimitar zonas de protección y aptitud.

Cabe mencionar que tanto la capa de ecorregiones y UABs se tomaron como base general, como punto de partida ya que debido a su extensión se fueron acotando con las capas de las UGAS y las topoformas, los cuales fueron definiendo la RE en su lado norte, noreste y este. Las capas de hidrología subterránea y superficial acotaron en gran medida la RE hacia su lado este. Mientras que las microcuencas delimitadas a partir del MDE fueron consideradas principalmente para definir el lado oeste de la RE, siempre y cuando la capa de unidades de suelo y así como de los tipos de vegetación existentes en el proyecto fueran representativos, finalmente se obtuvo el polígono de la Región Ecológica.

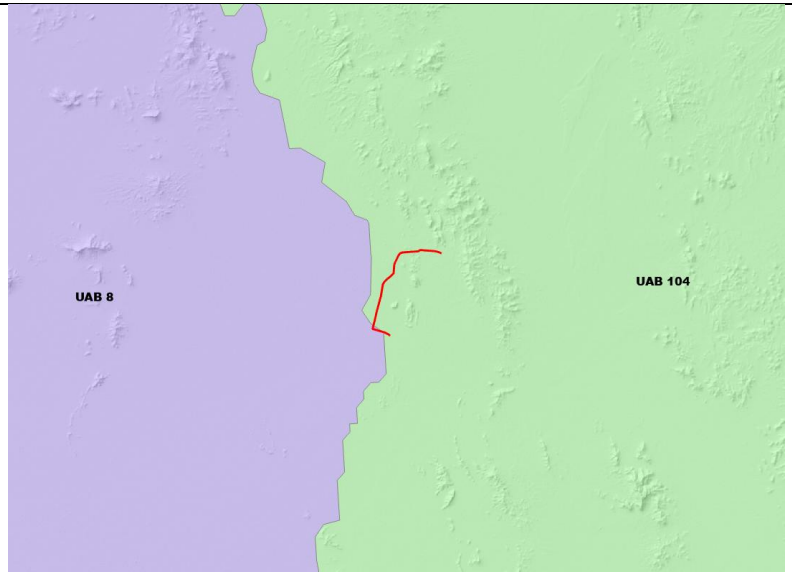
I.2 SUPERFICIE DE LA REGION ECOLÓGICA (RE)

Mediante proceso señalado con anterioridad se obtuvo una superficie final de **36,181.157** hectáreas que delimitan la **región ecológica** (RE), el cual será objeto de estudio para la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional.

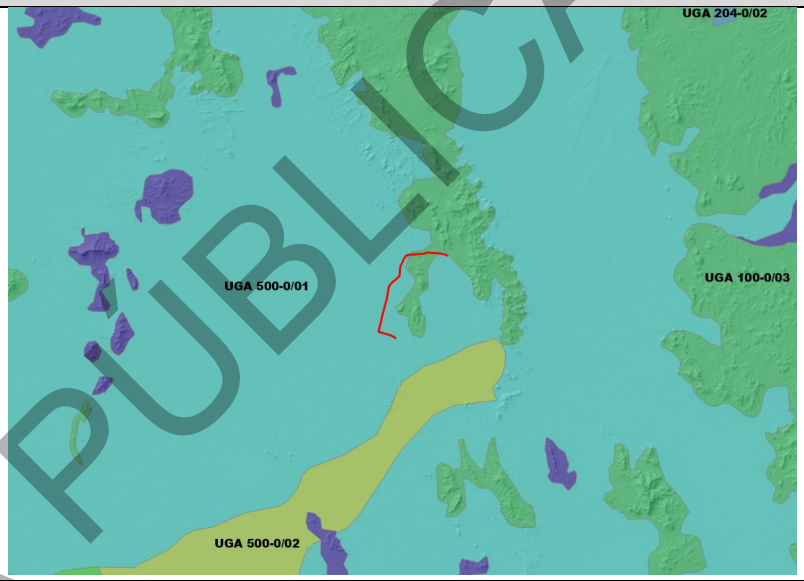
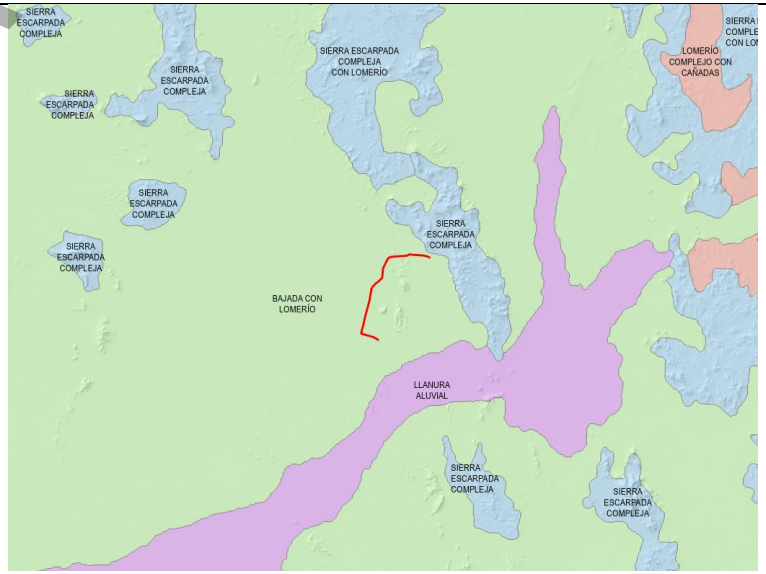
En la figura 1 se visualiza el plano de la región ecológica georreferenciado en Zona 12 Norte UTM, Datum WGS84. En el ANEXO 6 se presentan el plano formato PDF y archivos en formato shapefile, KML/KMZ y CSV.

CONSULTA PÚBLICA

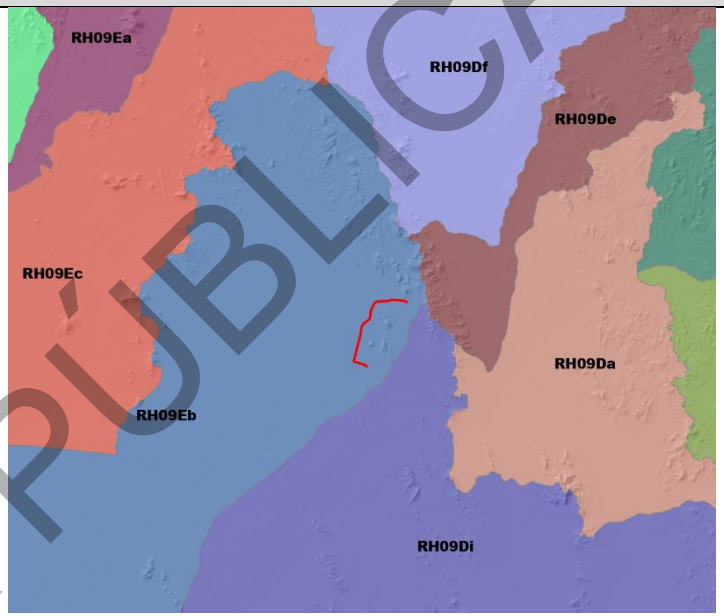
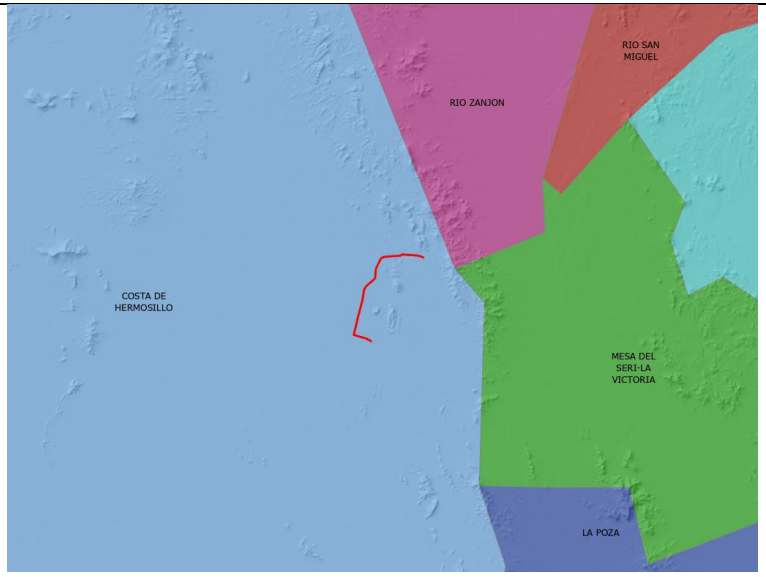
Tabla 1. Criterios aplicables para la delimitación de la Región Ecológica.

CAPA VECTORIAL	INCIDENCIA EN EL AP	JUSTIFICACIÓN	REPRESENTACIÓN GRAFICA
Ecorregiones terrestres de México. INEGI, CONABIO, INE, 2008. Escala 1:2,000,000	En esta regionalización el área del proyecto se ubica en los Desiertos de América del Norte, en específico en el Desierto Central Sonorense.	Se considero esta primera regionalización de las **ecorregiones** las cuales presentan **características comunes** en relieve, clima, vegetación, fauna, suelos e hidrografía, lo cual permitió conocer para conocer el tipo de hábitat en el que ubicara el proyecto.	
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (**POEGT**). SEMARNAT, 2016. Escala 1:2,000,000	El proyecto incide **la UAB 8** (Región 15.33) denominada *Sierras y Llanuras Sonorenses Occidentales* **y la UAB 104** (Región 15.32) denominada *Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales*	Las **regiones ecológicas** se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma *prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental* (aprovechamiento, restauración, protección y preservación). En este sentido estos límites sirven para que el proyecto sea congruente con estas políticas ambientales. Debido a la amplia extensión de las UAB, se consideraron más elementos para la delimitación de la RE	

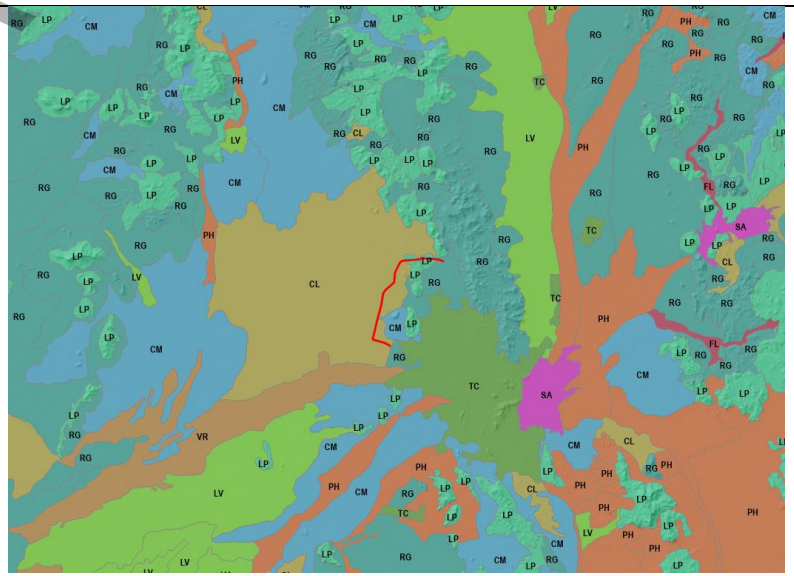
CONSULTA PÚBLICA

CAPA VECTORIAL	INCIDENCIA EN EL AP	JUSTIFICACIÓN	REPRESENTACIÓN GRAFICA
Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora (**POETES**). Gobierno del estado de Sonora, 2015.	El proyecto incide en dos UGA del POETES: **8 (500-0/01)** denominado *Llanura aluvial* y **2 (100-0/03)** denominado *Sierra baja*	El **(POETES)** tiene como propósito definir directrices zonificadas (como Unidades de Gestión Ambiental, políticas, criterios ecológicos) para armonizar ordenamiento territorial y conservación. Considerar este límite permite determinar la congruencia del proyecto con los lineamientos y criterios ecológicos, así como de las actividades permitidas y condicionadas de la UGAs.	
Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional Serie I. **Sistema topoformas**. INEGI, Edición 2001. Escala 1:000,000	El sistema de Topoformas que incide en el Proyecto es **Bajada con lomerío**	Las topoformas presentan un mayor grado de uniformidad **paisajística**, en conjunto con los Usos de Suelo y Vegetación son la base delimitar las **unidades de paisaje** en la RE, de ahí su importancia para considerar sus límites pues permiten identificar las asociaciones paisajísticas dentro de la RE	

CONSULTA PÚBLICA

CAPA VECTORIAL	INCIDENCIA EN EL AP	JUSTIFICACIÓN	REPRESENTACIÓN GRAFICA
Red Hidrográfica edición 2.0, INEGI, 2010. Escala 1:50,000	El área del Proyecto se ubica en la **subcuenca** del **Arroyo La Manga (RH09Eb)**	La red hidrográfica representa el comportamiento de drenaje superficial de una cuenca hidrográfica, en el cual se garantiza la continuidad de flujos a través de subcuencas, la consistencia espacial de las subcuencas coincide con la Red Hidrográfica de acuerdo a los ***límites físico-naturales*** sobre la divisoria de cada unidad. Por tal razón, se consideró el límite de la subcuenca como una unidad de análisis que contribuyo a la delimitación de la RE.	
Capa Vectorial de **Acuíferos**, CONAGUA, 2023. Escala 1:250 000.	El área del proyecto se ubica el acuífero denominado "**Costa de Hermosillo**" con clave 2619.	Los acuíferos son formaciones geológicas del subsuelo, hidráulicamente conectadas entre sí, que permiten el almacenamiento y la circulación de aguas subterráneas y su principal fuente de recarga es mediante el **proceso de infiltración**, de ahí su importancia de considerarlos, pues el proyecto al modificar la cobertura forestal indirectamente afecta el proceso de infiltración.	

CONSULTA PÚBLICA

CAPA VECTORIAL	INCIDENCIA EN EL AP	JUSTIFICACIÓN	REPRESENTACIÓN GRAFICA
Conjunto de Datos Vectoriales del Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, INEGI, 2008. Escala 1:250,000	De acuerdo con esta cartografía el área proyecto corresponde a Vegetación de **Mezquital Xerófilo**, Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo y Pastizal Cultivado	El establecimiento del proyecto conlleva conocer el impacto del cambio en el uso del suelo en las comunidades vegetales, de donde se desprenden otros impactos como el factor suelo y agua. A partir de ello llevar a cabo la planeación de actividades protección ambiental. En la delimitación de la RE fue indispensable considerar la representación de la vegetación existente en el Área del Proyecto.	
Conjunto de datos vectoriales **Edafológicos** Serie III, INEGI, 2024. Escala.1:250,000	El área del proyecto se presenta un tipo de suelo dominante denominado Calcisol (CL)	Conocer las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos, es un apoyo fundamental en la planeación y ejecución de acciones encaminadas al uso óptimo de los recursos naturales, marco de referencia para la prevención de **desastres ecológicos** y **degradación ambiental**, ocasionados por la sobreexplotación o uso inadecuado del suelo. De ahí la importancia de tomar en cuenta las unidades edafológicas para calcular los impactos hacia este componente, de tal manera que la RE considero la representación de los tipos de suelo existentes en el área del proyecto.	

CONSULTA PÚBLICA

CAPA VECTORIAL	INCIDENCIA EN EL AP	JUSTIFICACIÓN	REPRESENTACIÓN GRAFICA
Microcuencas generadas a partir de un MDE con resolución de 15 metros. El proceso se realizó en el Software ArcGis Pro 3.5.4.	EL área del proyecto tiene incidencia en varias microcuencas.	Se consideran las microcuencas como la unidad biofísica elemental para la delimitación de la Región Ecológica. Esta zonificación permite lograr un proceso de planeación que toma en cuenta las características ecológicas en cada una de ellas.	

CONSULTA PÚBLICA

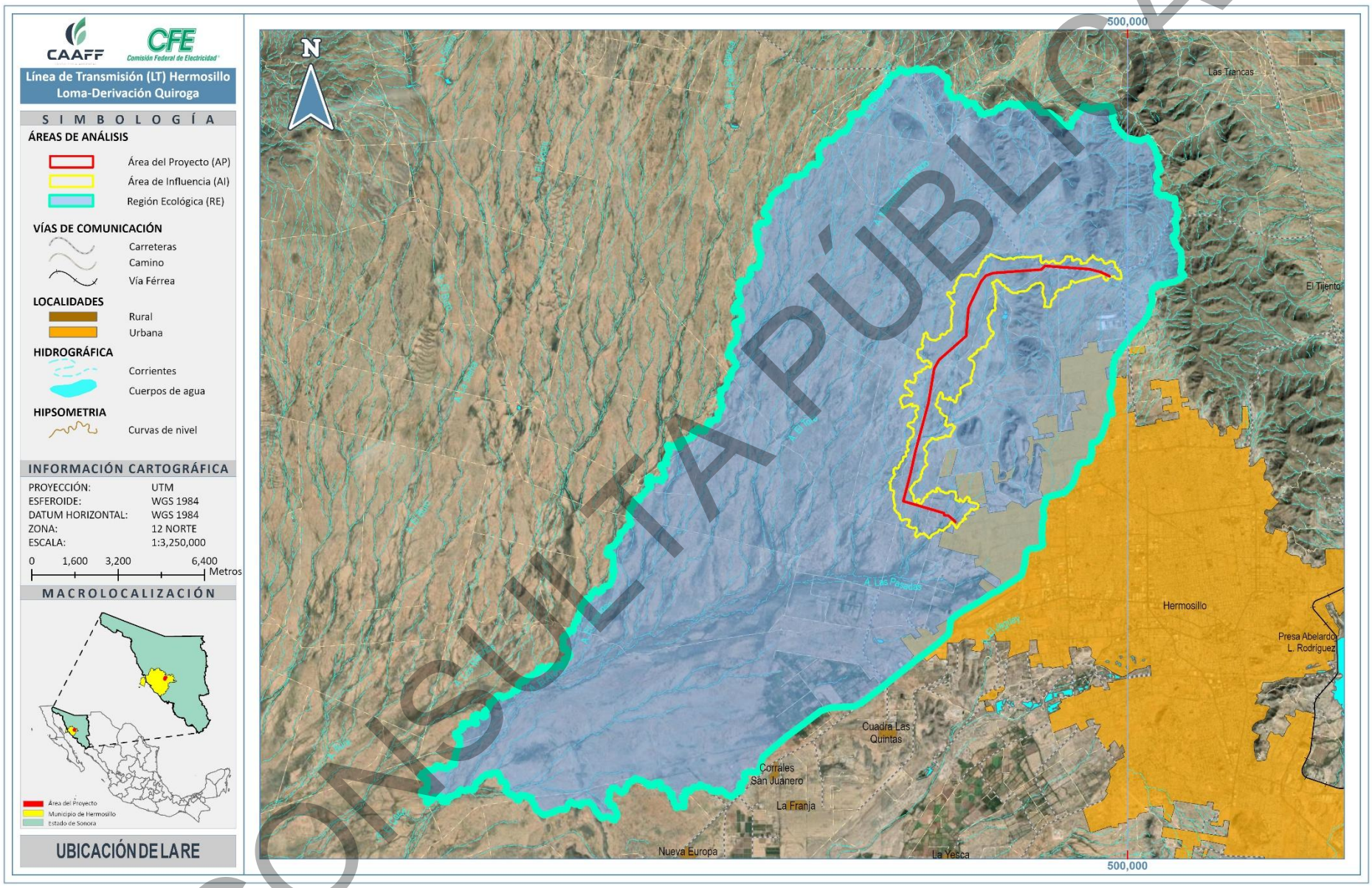


Figura 1. Plano Georreferenciado de la Región Ecológica (RE)

CONSULTA PÚBLICA