

I DATOS DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	2
INTRODUCCIÓN	2
I.1 Datos generales del proyecto	3
I.1.1 Nombre del proyecto	3
I.1.2 Ubicación del proyecto	3
I.1.3 Superficies del proyecto	3
I.1.4 Duración del proyecto	3
I.2. Datos generales del promovente	3
I.2.1 Nombre o razón social	3
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente	4
I.2.3 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones	4
I.3. Datos generales del responsable de la elaboración del estudio	4
I.3.2 Nombre del responsable de la elaboración del estudio	4
I.3.3 Dirección de la empresa	4
I.3.4 Colaboradores en el estudio	4

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

## **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto consiste en la construcción del subtramo Real del Monte - entronque Huasca de la carretera Pachuca – Huejutla, para el cual se proyectan dos secciones tipo en base a la topografía del sitio: A4 y A4s. Así también debido al relieve que se presenta a lo largo de la ruta propuesta será necesaria la construcción de varias obras complementarias como son: cuatro túneles, seis viaductos, un paso inferior vehicular, así como los entronques de inicio y fin del trazo los cuales son el entronque Mineral del Monte y San Miguel Regla respectivamente.

Para la construcción de este proyecto se ejecutarán actividades propias de la industria de la construcción y será requerido que se realice un cambio de uso de suelo en terrenos forestales, puesto que del análisis cartográfico e *in situ* de superficies con vegetación a afectar, se calcula un área de 20.05 Ha con vegetación de tipo forestal; por lo anterior se requiere de la autorización en materia de impacto ambiental, tal como lo establece el Artículo 5 incisos B) y O) del Reglamento de la L.G.E.E.P.A., en materia de evaluación de impacto ambiental.

Para realizar el análisis ambiental y social del sitio del proyecto se delimitó un Sistema Ambiental Regional de 14,630.225 Ha, y un Área de influencia de 1,476.283 Ha, dentro de la cual se delimita una superficie de línea de ceros de 40.09 Ha. Es dentro del Área de influencia donde se contempla que se recibirán las afectaciones directas por la instalación del proyecto, dentro de ella se observaron a grandes rasgos comunidades de bosque de encino y de oyamel, y aunque se identifican áreas modificadas para cultivos y asentamientos humanos, la estructura y composición de estos bosques reflejan un importante nivel de conservación.

En base al trabajo de campo y de gabinete, se logró caracterizar de manera detallada el medio biótico y abiótico en el cual se inserta el proyecto, para de esa forma detectar de qué manera van a interactuar los diferentes factores (flora, fauna, suelo, hidrología, etc.) con las principales actividades requeridas por el proyecto (preparación del sitio, construcción y operación).

Las observaciones anteriores junto con los análisis realizados a los elementos de la cubierta vegetal, el paisaje, y elementos sociales, se conjuntan para obtener un diagnóstico ambiental del sitio, descrito en el capítulo IV. El objetivo de este diagnóstico es marcar una línea base ambiental contra la que se compararán los escenarios posibles del proyecto; una vez realizado el análisis se generan propuestas para la mitigación de los posibles impactos, con ellas se logra realizar una análisis de diferentes escenarios donde se manejan como variables el proyecto y las medidas de mitigación.

Es así como en los capítulos y anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R) se describe la totalidad del proyecto y sus interacciones, las mejores soluciones y propuestas de medidas de mitigación, para finalmente determinar el grado de aceptación del proyecto respecto al medio donde se inserta.

## **I.1 Datos generales del proyecto**

### **I.1.1 Nombre del proyecto**

Carretera Pachuca – Huejutla, subtramo Real del Monte – entronque Huasca, en el estado de Hidalgo.

### **I.1.2 Ubicación del proyecto**

Este subtramo inicia en la localidad de Mineral del Monte, en la zona conocida como Distribuidor Turístico de la montaña, con el cadenamamiento 10+600; el proyecto se desarrolla hacia el norte durante 1 km aproximadamente para después girar hacia el este siguiendo el rumbo de la actual carretera federal 105 Huejutla de Reyes - Pachuca hasta llegar al km 20+620 en el municipio de Omitlán de Juárez.

### **I.1.3 Superficies del proyecto**

El trazo proyectado contempla dos secciones: A4 y A4s como resultado de la topografía del sitio; la troncal contará con una longitud de 10.02 km. Presenta un Derecho de vía general de 60 m, aunque en algunos tramos es variable debido a los requerimientos para la construcción de las obras así como la topografía de dichos tramos, también por lo anterior cuenta con una Línea de ceros variable.

La siguiente tabla muestra las principales superficies manejadas en el proyecto.

**Tabla 1. Superficies mencionadas en el proyecto**

<b>Concepto</b>	<b>Superficie</b>
Sistema ambiental regional (SAR)	14,630.225 Ha.
Área de influencia (AI)	1,476.283 Ha.
Área total	60.12 Ha.
Área de rodamiento	Tramo A4: 7.87 Ha. Tramo A4s: 5.93 Ha
Superficie con vegetación a afectar	Forestal: 20.05 Ha. Pref. Forestal: 1.12 Ha No forestal: 18.9 Ha

### **I.1.4 Duración del proyecto**

Se requerirá de un tiempo aproximado de 48 meses (4 años) para llevar a cabo las actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

## **I.2. Datos generales del promovente**

### **I.2.1 Nombre o razón social**

Ing. Patricio Javier Vela Anaya

Director de Liberación de Derecho de Vía de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes

### **I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente**

### **I.2.3 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones**

## **I.3. Datos generales del responsable de la elaboración del estudio**

BiiA - Biología Integral en Impacto Ambiental S.A. de C.V.

### **I.3.2 Nombre del responsable de la elaboración del estudio**

Biól. Jorge Mauricio García Sánchez

### **I.3.3 Dirección de la empresa**

### **I.3.4 Colaboradores en el estudio**

Biol. Luis Mariano Linares Guzmán

Biol. Raúl León Pinto

Biol. Antonio Fernández López

Biol. Ivonne Osorio Vázquez

I.A. Maricela Morales Polanco

I. A. Ma. Isabel Rodríguez Colorado

Biol. Raúl Sánchez González

Lic. Claudia Elicely Coronado Cahuich

Biol. Ricardo Torres Flores

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO	2
II.1 INFORMACIÓN GENERAL	2
II.1.1 Naturaleza del proyecto	4
II.1.2 Justificación	5
II.1.3 Ubicación del proyecto	5
II.1.4 Inversión requerida	6
II.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
II.2.1 Programa de trabajo	6
II.2.2 Representación gráfica regional y local	7
II.2.3 Superficies	10
II.2.4 Obras complementarias	12
II.2.5 Obras asociadas	40
II.2.6 Etapas del proyecto	41
II.2.7 Requerimientos de personal e insumos	46
II.2.8 Generación de residuos	48

## II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

### II.1 INFORMACIÓN GENERAL

El proyecto que se presenta en este estudio consiste en la construcción del subtramo carretero Real del Monte – entronque Huasca de 10.02 km de longitud, de la carretera Pachuca – Huejutla.

Este subtramo inicia en la localidad de Mineral del Monte, en la zona conocida como Distribuidor Turístico de la montaña, con el cadenamiento 10+600; el proyecto se desarrolla hacia el norte durante 1 km aproximadamente para después girar hacia el este siguiendo el rumbo de la actual carretera federal 105 Huejutla de Reyes - Pachuca hasta llegar al km 20+620 en el municipio de Omitlán de Juárez.

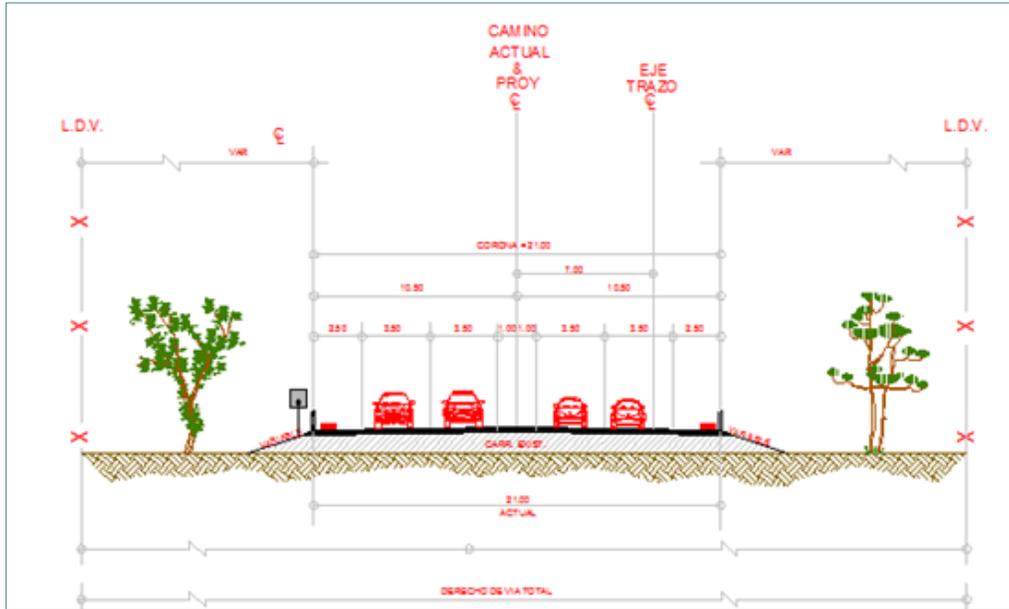
El proyecto contempla dos secciones: A4 y A4s como resultado de la topografía del sitio; las características generales de la geometría del proyecto se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1. Características geométricas generales

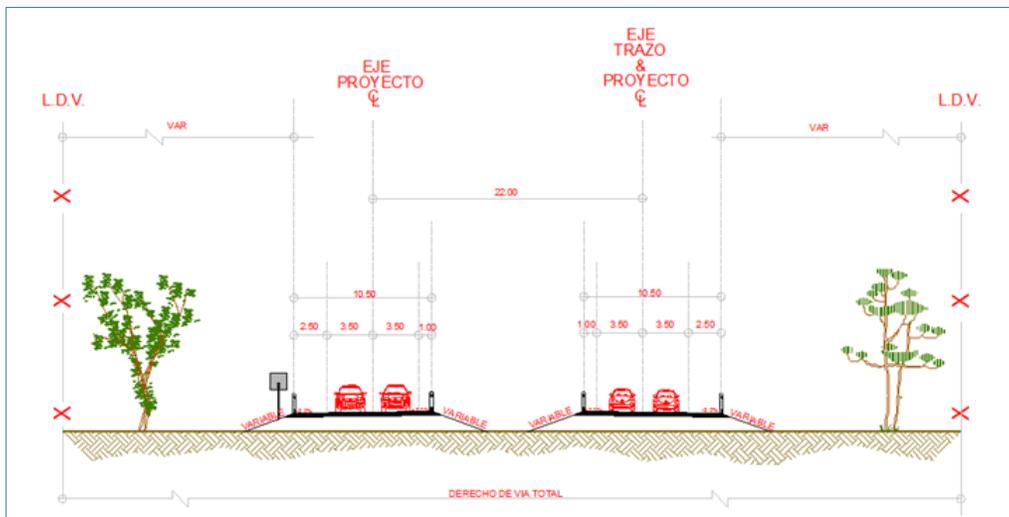
Concepto	A4	A4s
Tránsito (TDPA)	6000 vehículos	6000 vehículos
Velocidad del proyecto	80 km/h	90 km/h
Ancho de corona	21.0 m	10.50 m
Derecho de vía	60 m *	60 m *
Ancho de calzada	14.0 m	7.0 m
Carriles	3.5 m	3.5 m
Acotamiento interno	1.0 m	1.0 m
Acotamiento externo	2.5 m	2.5 m
Separador central	Sin separador central	variable
Curvatura máx.	8° 10'8.08"	8° 10'8.08"
Pendiente gobernadora	4.0 %	4.0 %
Pendiente máx.	6.0 %	-5.5 %
Espesor de pavimento	0.43 m	0.43 m
Longitud de la sección	10+600 al 12+029.03 17+680 al 20+000	12+029.03 al 17+680

*\* En general el DV mide 60 m sin embargo es variable en algunos tramos debido a los requerimientos para la construcción de las obras así como la topografía de dichos tramos.*

El proyecto incluye dos entronques a desnivel: "Mineral del Monte" en el km 11+020 y el "San Miguel Regla" en el km 20+357, en estas estructuras se contemplan secciones variables debido a los requerimientos de los tramos para cambio de velocidad y retornos; estas estructuras se describirán más adelante.



**Imagen 1. Sección tipo A4**



**Imagen 2. Sección tipo A4-s**

Así también debido al relieve presente en la ruta del proyecto, se construirán cuatro túneles: San Felipe I, San Felipe II, Santa Elena y Vicente Guerrero, junto con seis viaductos y un puente inferior vehicular.

**Tabla 2. Estructuras proyectadas - Túneles**

No.	Túnel	Ubicación
1	San Felipe I	14+075
2	San Felipe II	14+625
3	Santa Elena	15+290
4	Vicente Guerrero	16+165

**Tabla 3. Estructuras proyectadas – Viaductos y PIV**

Obra	Ubicación
<b>Viaductos</b>	
Los Manzanos	12+800
Las Canteras I	13+530
Las Canteras II	13+950
Las Carolinas	14+970
Santa Elena	15+590
Vicente Guerrero	16+900
<b>PIV</b>	
Rincón Chico Velazco	19+889.40

### II.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto de construcción del subtramo carretero Real del Monte – entronque Huasca de 10.02 km de longitud, de la carretera Pachuca – Huejutla, está determinado por la necesidad de infraestructura adecuada para el desarrollo social y económico de la región en la que se inserta; será realizado por medio de actividades propias de la industria de la construcción y forma parte de las estrategias de los programas de desarrollo federales y estatales para la mejora y ampliación de la infraestructura carretera, por tanto, como se trata de obras y/o actividades para la construcción de una vía general de comunicación, misma que implica un cambio de uso de suelo forestal, el proyecto requiere de la autorización en materia de impacto ambiental, tal como lo establece el Artículo 5 incisos B) y O) del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental:

*“ARTÍCULO 5o.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*

*B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN: Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales.”*

*O) CAMBIO DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS: Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal”.*

De igual forma, el Artículo 11 fracción I del mismo REIA establece que cuando se trate de carreteras la Manifestación de Impacto Ambiental deberá presentarse en modalidad regional, como es el caso del presente proyecto.

Por lo anteriormente fundado, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA) ante la autoridad correspondiente (SEMARNAT) para su respectivo análisis y dictamen

oportuno en materia de impacto ambiental; siendo importante mencionar que el proyecto no contempla otras obras o actividades que sean competencia de la federación.

### II.1.2 Justificación

El proyecto se inserta en parte de la Zona Metropolitana de Pachuca, la cual es una área metropolitana, conformada por el municipio de Pachuca, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Epazoyucan, Zapotlán y Zempoala; como se indicará en el capítulo IV, tres de estos municipios se encuentran dentro del Sistema ambiental regional delimitado para el proyecto.

Esta zona metropolitana, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, cuenta con una población de 512 196 habitantes y una superficie de 1201.61 km<sup>2</sup>; el 19.2 % de la población del estado de Hidalgo vive en esta zona metropolitana. El crecimiento poblacional en esta región, se ha desarrollado principalmente por su cercanía al estado de México; de acuerdo al Consejo Estatal de población de Hidalgo, el 8% de su población se desplaza a la ciudad de México para laborar, lo cual aunado a su cercanía con otros centros urbanos y su ubicación en la región central del país, resulta en una creciente demanda de infraestructura carretera.

Con la construcción del subtramo carretero Real del Monte – entronque Huasca, de la carretera Pachuca – Huejutla se pretende agilizar el traslado de bienes y servicios, en esta importante región en desarrollo del país.

### II.1.3 Ubicación del proyecto

Este subtramo inicia en la localidad de Mineral del Monte, en la zona conocida como Distribuidor Turístico de la montaña, con el cadenamiento 10+600; el proyecto se desarrolla hacia el norte durante 1 km aproximadamente para después girar hacia el este siguiendo el rumbo de la actual carretera federal 105 Huejutla de Reyes - Pachuca hasta llegar al km 20+620 en el municipio de Omitlán de Juárez.

**Tabla 4. Coordenadas métricas UTM Zona 14Q, Datum WGS84.**

Cadenamiento	X	Y
10+600	532344.166	2226648.68
11+000	532531.366	2226966.31
11+500	532741.166	2227330.16
12+000	532524.273	2227776.19
12+500	532563.913	2228219.12
13+000	532968.733	2228479.49
13+500	533463.23	2228462.24
14+000	533955.943	2228524.4
14+500	534433.412	2228429.62
15+000	534840.622	2228662.69
15+500	535265.658	2228762.59
16+000	535561.759	2229125.81
16+500	536033.744	2229243.27
17+000	535949.954	2229702.3

17+500	536226.667	2230096.22
18+000	536297.709	2230591.14
18+500	536454.305	2231055.52
19+000	536696.889	2231488.97
19+500	536879.283	2231954.51
20+000	537264.97	2232249.95
20+500	537701.606	2232464.02
20+620	537744.695	2232575.69

### II.1.4 Inversión requerida

De acuerdo a los datos entregados por el promovente, a la fecha de realizar este estudio se cuenta con una inversión requerida para el proyecto de construcción de la carretera: Pachuca - Huejutla, subtramo Real del Monte - entronque Huasca, en el estado de Hidalgo de \$ 234 703 000 M.N.

## II.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### II.2.1 Programa de trabajo

Al proponer el programa de trabajo se consideran todas las etapas para la construcción del proyecto, así como la etapa previa en la que se deberá obtener los permisos, documentos u otros estudios para dar inicio al proyecto, esta etapa se representa en la primera columna de la tabla siguiente. Por otra parte se observa que se consideran 48 meses (4 años) para llevar a cabo las actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. Se indica también en escala de trimestres el inicio de la etapa de operación y conservación del camino.

**Tabla 5. Programa general de trabajo**

Concepto	Trimestres																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4
<b>Preparación del sitio</b>																				
Instalación de obras provisionales																				
Desmante																				
Despalme																				
<b>Construcción</b>																				
<b>Troncal</b>																				
Excavación para OD menor																				
Instalación de drenaje menor																				
Excavación en cortes																				
Acarreos																				
Terracerías																				
Pavimentación																				
Instalación de drenaje longitudinal																				
<b>Túneles</b>																				
Excavación en portales																				
Concreto lanzado, colocación de marcos																				
Banqueo, colocación de concreto y marcos																				



- Municipio de Pachuca de Soto

El municipio se localiza en las coordenadas 1° 24' al norte, al sur 19° 36' de latitud norte; al este 97° 58', al oeste 99° 53' de longitud oeste; con una altitud de 2400 a 2800 metros sobre el nivel del mar.

Cuenta con una superficie total de 195.30 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.93% del total de la superficie del Estado de Hidalgo. Colinda al norte con los municipios de Mineral del Chico y Mineral del Monte; al sur con Zempoala y Zapotlán de Juárez; al este con Mineral de la Reforma y Epazoyucan, y al oeste con San Agustín Tlaxiaca.



Imagen 4. Municipio de Pachuca de Soto

El municipio está conformado fisiográficamente al norte y este por zonas montañosas, así como lomeríos en la parte noroeste-suroeste y llanuras que se extienden desde la porción central hacia el sur del municipio. Cuenta con diez corrientes de agua de las que destacan El Batán, El Tecolote, San Pablo Sosa y un cuerpo de agua el Bordo de la Estanzuela (en los límites del municipio). En general, Pachuca carece de mantos acuáticos, debido a que las precipitaciones pluviales son escasas; los diversos cauces han sido aprovechados para drenar las aguas negras de las localidades.

La temperatura promedio es de 14,9 °C, siendo en el mes de mayo la máxima con una temperatura promedio de 17,3 °C, y en diciembre la mínima con una temperatura promedio de 11,7 °C, predomina un clima templado frío, con régimen de lluvias en verano, mientras que al sur, en la Sierra de Pachuca y cerca de la población de Mineral del Monte, prevalece el de tipo sub-húmedo con lluvias de verano.

- Municipio de Mineral de la reforma

Este municipio se ubica en las coordenadas 20° 01' 28.4 y 20° 07' 50.7 de latitud norte y 98° 42' 56.7 y 98° 46' 33.5 de longitud oeste, a una altura de 2,400 a 2,800 m sobre el nivel del mar.

Mineral de la Reforma colinda al norte con el municipio de Mineral del Monte; al sur con el municipio de Zempoala; al este con el municipio de Epazoyucan, y al oeste con los municipios de Pachuca y Zapotlán de Juárez.

La superficie territorial es de 105.87 km<sup>2</sup>, representando el 0.4% de la superficie total del estado.



Imagen 5. Municipio de Mineral de la Reforma

De acuerdo al censo general de población y vivienda realizado en 2010 por INEGI Mineral de la Reforma, está considerado como el tercer Municipio más poblado en el Estado de Hidalgo, al registrar 127,404 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual del 11.2%

- Municipio de Mineral del Monte

El Municipio de Mineral del Monte, se localiza en los 20° 08´ latitud norte y a los 98° 40´ longitud oeste; al norte de la parte central del País, al sur de la planicie costera nororiental; al oeste de la Sierra Madre , Oriental y al noroeste de la altiplanicie meridional.

Colinda, al norte con Mineral del Chico al sur con Epazoyucan y Pachuca, al este con Omitlán de Juárez y al oeste con Pachuca. Es una de las regiones habitadas más altas del País, pues tiene una altitud de 2,660 metros sobre el nivel del mar.

El municipio cuenta con una superficie de 77.10 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 0.4% de la superficie total del estado. Tiene una población total de 11,944 habitantes con una densidad poblacional de 154.92 hab/km<sup>2</sup>.



**Imagen 6. Municipio de Mineral del Monte**

- Municipio de Omitlán de Juárez

Omitlán de Juárez se encuentra en las coordenadas geográficas 20° 10" de latitud norte y 98° 38" y 52" de longitud oeste, y se ubica a 16 km de la capital del Estado. Cuenta con una superficie de 110.50 km<sup>2</sup>, lo que representa un 0.53% de la superficie total del Estado.

El Municipio colinda con los municipios de Atotonilco el Grande, Huasca de Ocampo, Singuilucan, Epazoyucan, Mineral del Monte y Mineral del Chico.

Cuenta con una población total de 20, 077 habitantes con una densidad de población de 112.42 hab/km<sup>2</sup>. Representa el 0.34 % de la población estatal.

Omitlán está situado en una cañada que circundan las montañas de Real del Monte: cerros conocidos como Cerro Gordo, Cerro del Gallo y Peña del Zumate. Tiene un clima templado semi-frío, con una temperatura media anual de 14° C y una precipitación pluvial anual de 700 a 1,200 milímetros.



**Imagen 7. Municipio de Omitlán de Juárez**

## II.2.3 Superficies

### II.2.3.1 Superficie requerida

A continuación se muestra la superficie a ocupar por el proyecto considerando por una parte el derecho de vía plasmado en la información proporcionada por el promovente, así como en el ancho de corona correspondiente a los tramos con sección A4 y A4s.

**Tabla 6. Superficies ocupadas por el proyecto**

Concepto	Descripción	Superficie
Área total	Superficie aproximada en base a un ancho de 60 m, ya que en algunos puntos es variable.	601, 200 m <sup>2</sup> 60.12 Ha
Área de LC	Determinado por medio de SIG al ser una LC variable	400, 940 m <sup>2</sup> 40.094 Ha
Área de rodamiento (correspondiente al AC)	Tramo A4 (3,749.03 m)(21m)	78, 729.63 m <sup>2</sup> 7.87 Ha
	Tramo A4s (5,650.97m)(10.5m)	59, 335.18 m <sup>2</sup> 5.93 Ha
Área con vegetación a afectar	Forestal	200, 580 m <sup>2</sup> 20.058 Ha
	Preferentemente forestal	11, 290 m <sup>2</sup> 1.129 Ha
	No forestal	189, 000 m <sup>2</sup> 18.90 Ha

### II.2.3.2 Área de influencia

Posteriormente se delimita el Área de influencia del proyecto en base a las características que tendrá el tramo una vez modernizado, como son: longitud, ancho de corona y línea de ceros; y considerando el tipo de vegetación presente en las inmediaciones del trazo, los corredores faunísticos y las zonas donde existe un impacto humano previo, con esto se obtiene un área de 1,476.283 Ha. (La metodología seguida se explica de manera más amplia en el capítulo IV).

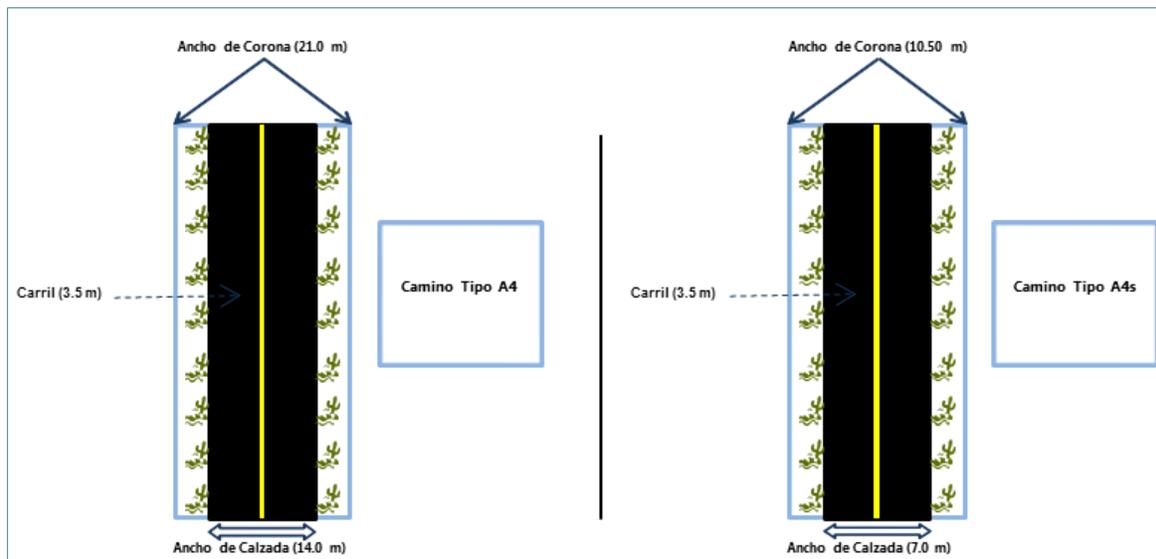
### II.2.3.3 Superficie con vegetación a afectar

El presente proyecto consistirá en una apertura total de 10.02 km de longitud, por lo que el cambio de uso de suelo dentro de la Línea de Ceros (LC) se hará sobre superficies con cobertura Forestal, Preferentemente Forestal y No forestal.

Entendiendo que:

1. Forestal (F): Áreas con vegetación natural o predominantemente natural, es decir, con una estructura y composición florística mayormente de especies nativas o no invasoras.
2. Preferentemente Forestal (PF): Áreas con vegetación predominantemente secundaria o bien, con una estructura y configuración en su vegetación mayormente abierta.
3. No Forestal (NF): Áreas desprovistas de vegetación o bien, terrenos bajo actividades agropecuarias.

De acuerdo a las características del proyecto habrá secciones de camino tipo A4 y A4s, la imagen posterior (Imagen 8), da una perspectiva de cómo serán dichos caminos.

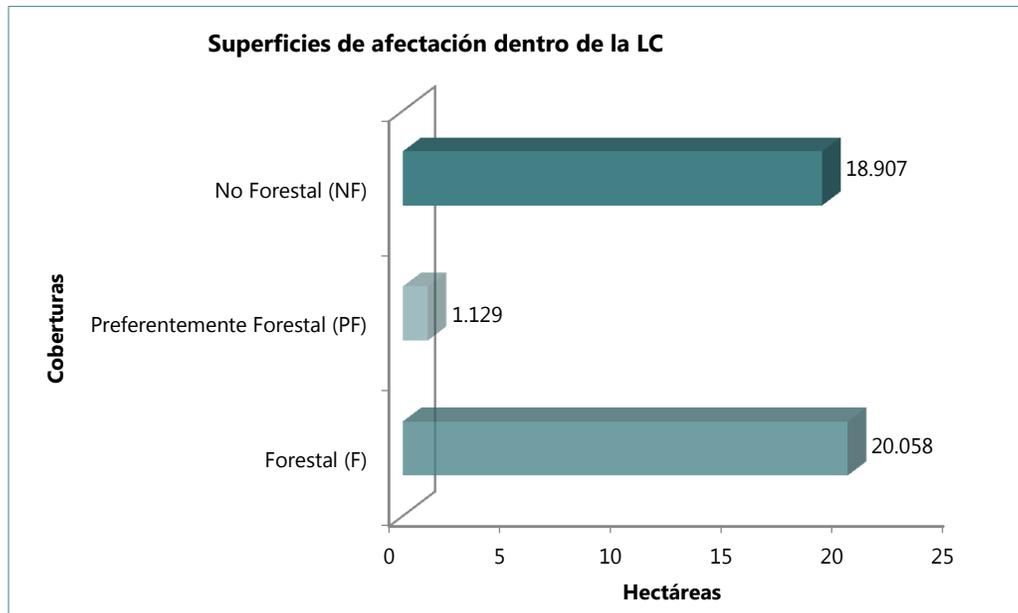


**Imagen 8. Camino A4 y A4s.**

Se realizó un estimado de la superficie de afectación dentro de la LC del proyecto, obteniendo un área total de 40.094 Ha; donde 20.058 Ha corresponden a la cobertura catalogada como F, la cobertura clasificada como NF, está constituida por 18.907 Ha y por último, el tipo de cobertura llamada PF, la componen 1.129 Ha.

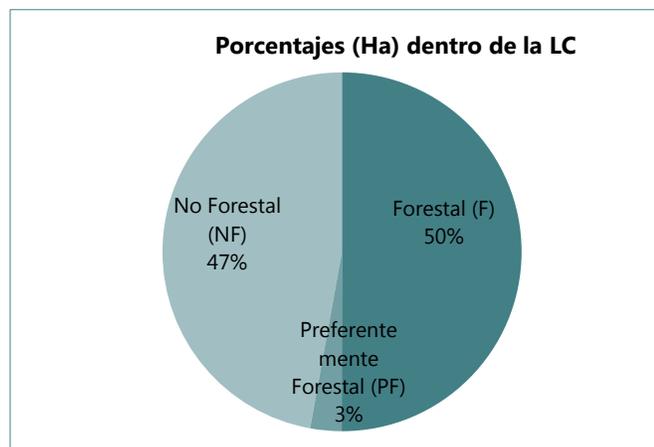
**Tabla 7. Superficies de las diferentes coberturas dentro de la LC.**

Usos de Suelo y Tipos de Vegetación (Fotointerpretación)	Coberturas	Hectáreas
Agricultura de Temporal	No Forestal	4.329
Asentamientos Humanos	No Forestal	8.791
Bosque de Encino	Forestal	19.502
Bosque de Oyamel	Forestal	0.058
Bosque Mixto de Encino-Oyamel	Forestal	0.498
Carretera	No Forestal	1.357
Pastizal inducido	No Forestal	3.297
Sin vegetación Aparente	NO Forestal	1.133
Vegetación Secundaria	Preferentemente Forestal	1.129
<b>Total</b>		<b>40.094</b>



Gráfica 1. Superficies a afectar de acuerdo a las diferentes coberturas

Como complemento se elaboró una gráfica de pastel con la finalidad de mostrar los porcentajes para cada una de las coberturas; donde la superficie con cobertura F obtuvo un 50% (20.058 Ha), la superficie con cobertura NF está representada en un 47% (18.907 Ha), y por último, la superficie con cobertura PF ostenta un 3% equivalente a 1.129 Ha.



Gráfica 2. Distribución de las diferentes coberturas en las superficies a afectar

## II.2.4 Obras complementarias

Las obras complementarias inciden directamente sobre el funcionamiento de proyecto y como tales se encuentran en este caso las obras de drenaje menor, los puentes, los viaductos y entronques propuestos para el trazo. La ubicación y características de éstas, fueron obtenidas de la información proporcionada por el promovente, y se describen a continuación.

### a) *Entronques*

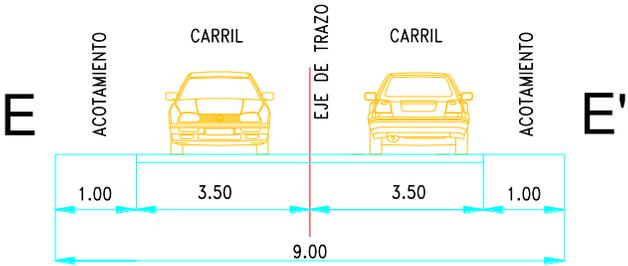
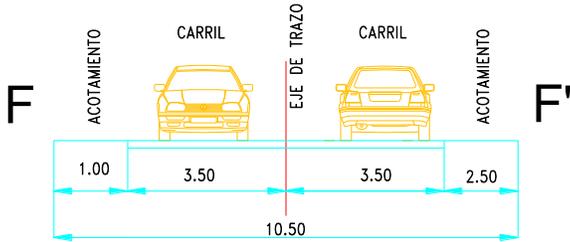
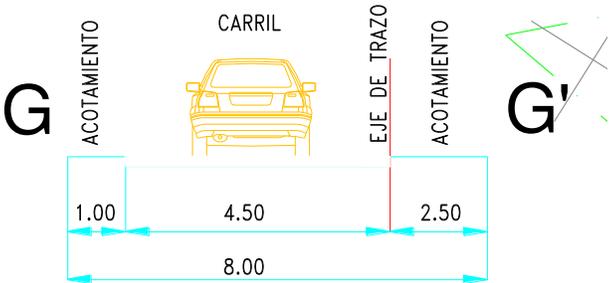
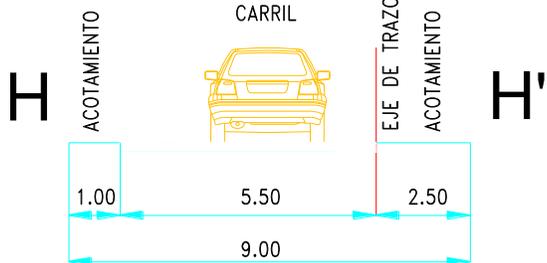
**Entronque Mineral del Monte** con ubicación en el km 11+020; esta obra une al proyecto con el Distribuidor Turístico de la montaña, punto donde inicia el proyecto. Con esta estructura se podrá ingresar a los tramos en dirección: Pachuca al sur, Mineral del Monte al este, Mineral el Chico al noroeste, y hacia Atotonilco el Grande con dos salidas: una al noreste y otra hacia el norte, la cual es el eje principal del

proyecto. Además esta estructura cuenta con sus respectivos retornos, por lo que su diseño presenta ocho secciones, con algunos tramos a desnivel. Las secciones se indican a continuación.

**Tabla 8. Secciones tipo – Entronque Mineral del Monte**

Tipo de sección		Características
<p><b>A</b> <b>A'</b></p>		Calzada: 21.0 m Corona: 14.0 m Acotamientos: 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m
<p><b>B</b> <b>B'</b></p>		Calzada: 24.5 m Corona: 17.5 m Acotamientos: 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m
<p><b>C</b> <b>C'</b></p>		Calzada: 12.0 m Corona: 7.0 m Acotamientos: 2.5 m (2)
<p><b>D</b> <b>D'</b></p>		Calzada: 15.5 m Corona: 10.5 m Acotamientos : 2.5 m (2)

**Tabla 9. Secciones tipo – Entronque Mineral del Monte**

Tipo de sección	Características
 <p>Diagram E: A cross-section of a road with a total width of 9.00 m. It features two lanes (CARRIL) of 3.50 m each, separated by a central axis (EJE DE TRAZO). There are 1.00 m shoulders (ACOTAMIENTO) on both sides. The total width of the paved area (Calzada) is 9.00 m, and the crown (Corona) is 7.0 m.</p>	<p>Calzada: 9.0 m Corona: 7.0 m Acotamientos: 1.0 m (2)</p>
 <p>Diagram F: A cross-section of a road with a total width of 10.50 m. It features two lanes (CARRIL) of 3.50 m each, separated by a central axis (EJE DE TRAZO). There is a 1.00 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the left and a 2.50 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the right. The total width of the paved area (Calzada) is 10.50 m, and the crown (Corona) is 7.0 m.</p>	<p>Calzada: 10.5 m Corona: 7.0 m Acotamientos: 1.0 m y 2.5 m</p>
 <p>Diagram G: A cross-section of a road with a total width of 8.00 m. It features a single lane (CARRIL) of 4.50 m, separated by a central axis (EJE DE TRAZO). There is a 1.00 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the left and a 2.50 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the right. The total width of the paved area (Calzada) is 8.00 m, and the crown (Corona) is 4.5 m.</p>	<p>Calzada: 8.0 m Corona: 4.5 m Acotamientos: 1.0 m y 2.5 m</p>
 <p>Diagram H: A cross-section of a road with a total width of 9.00 m. It features a single lane (CARRIL) of 5.50 m, separated by a central axis (EJE DE TRAZO). There is a 1.00 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the left and a 2.50 m shoulder (ACOTAMIENTO) on the right. The total width of the paved area (Calzada) is 9.00 m, and the crown (Corona) is 5.5 m.</p>	<p>Calzada: 9.0 m Corona: 5.5 m Acotamientos: 1.0 m y 2.5 m</p>

Con la siguiente imagen se muestra la ubicación de las secciones A, B y C.

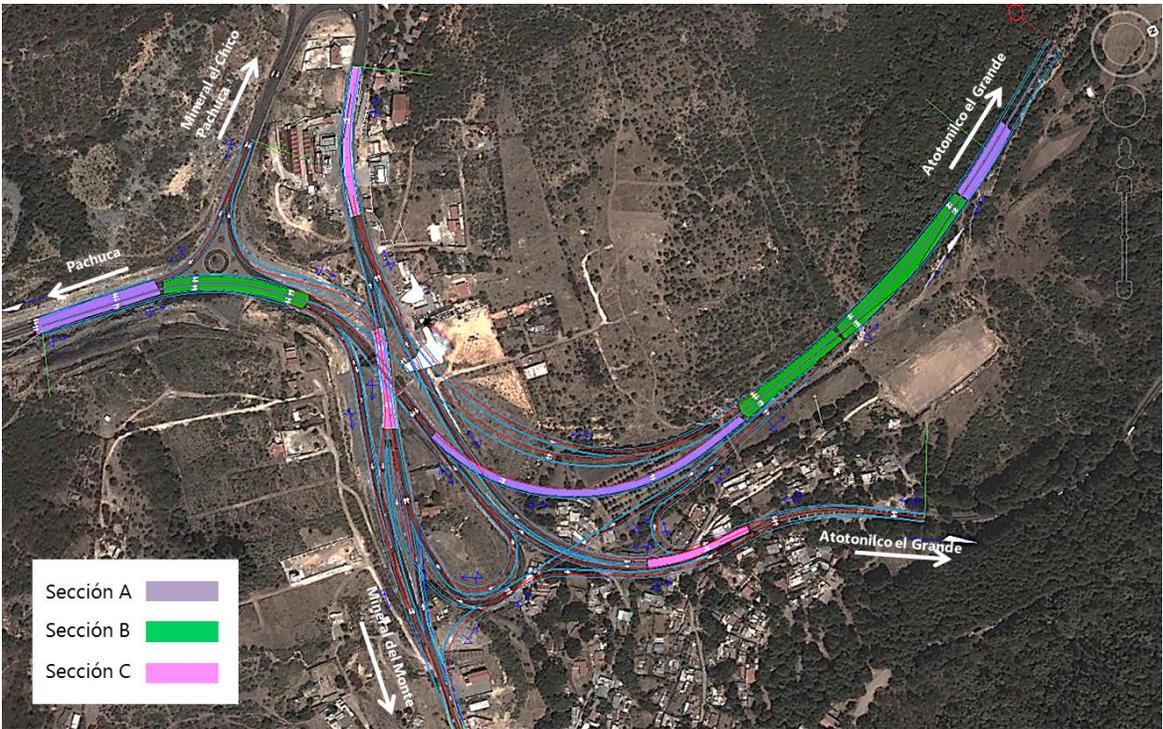


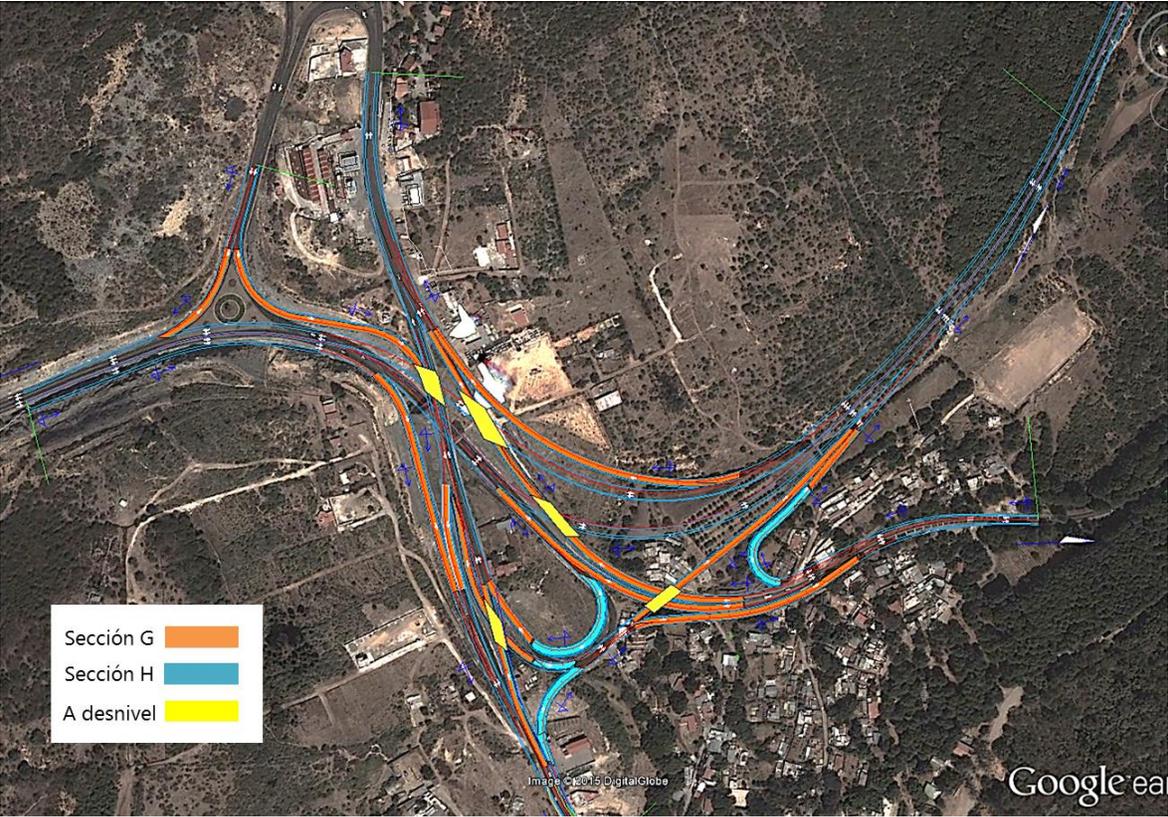
Imagen 9. Secciones A, B, C. Entronque Mineral del Monte

Mientras que en la imagen siguiente se muestra la ubicación de las secciones D, E y F.



Imagen 10. Secciones D, E, F. Mineral del Monte

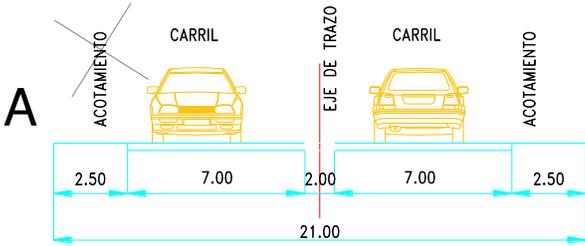
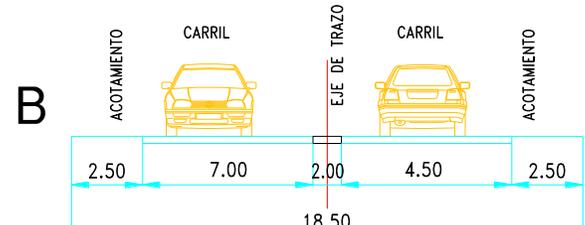
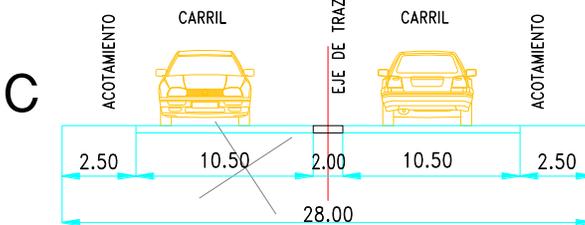
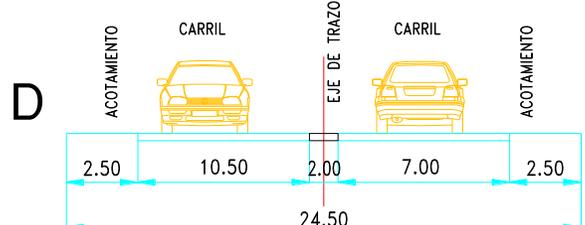
Finalmente se muestra la ubicación de las secciones G y H, además se indican los puntos donde se encontrarán los tramos a desnivel. Es importante mencionar que al momento de realizar este estudio, únicamente se contó con la ubicación de los tramos a desnivel, más no su diseño final.



**Imagen 11. Secciones G, H, y tramos a desnivel. Entronque Mineral del Monte**

**Entronque San Miguel Regla** con ubicación en el km 20+357.46; con esta estructura finaliza el tramo del proyecto. De igual forma que la estructura anterior, ésta cuenta con retornos y un tramo a desnivel por lo que su diseño presenta nueve secciones, las cuales se indican a continuación.

**Tabla 10. Secciones tipo - Entronque San Miguel Regla**

Tipo de sección	Características
	<p>Calzada: 21.0 m Corona: 14.0 m Acotamientos: 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m</p>
	<p>Calzada: 18.5 m Corona: 11.5 m Acotamientos: 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m</p>
	<p>Calzada: 28.0 m Corona: 21.0 m Acotamientos: 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m</p>
	<p>Calzada: 24.5 m Corona: 17.5 m Acotamientos : 2.5 m (2) Separador central: 2.0 m</p>

La imagen siguiente muestra las secciones de la A, a la E.

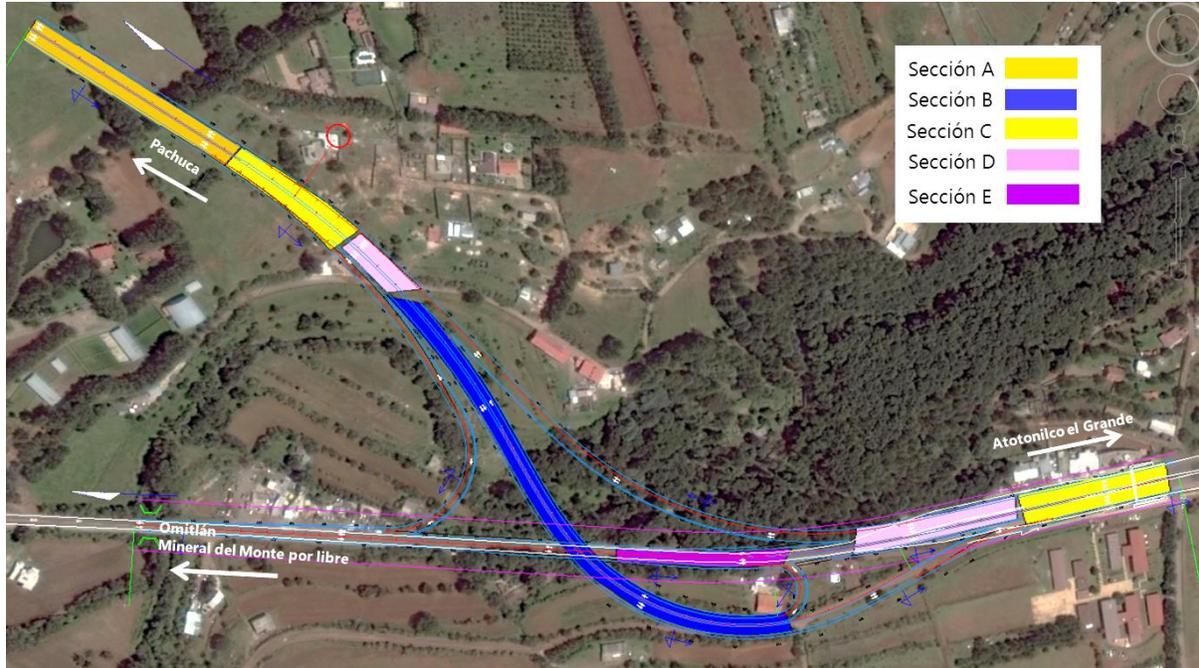
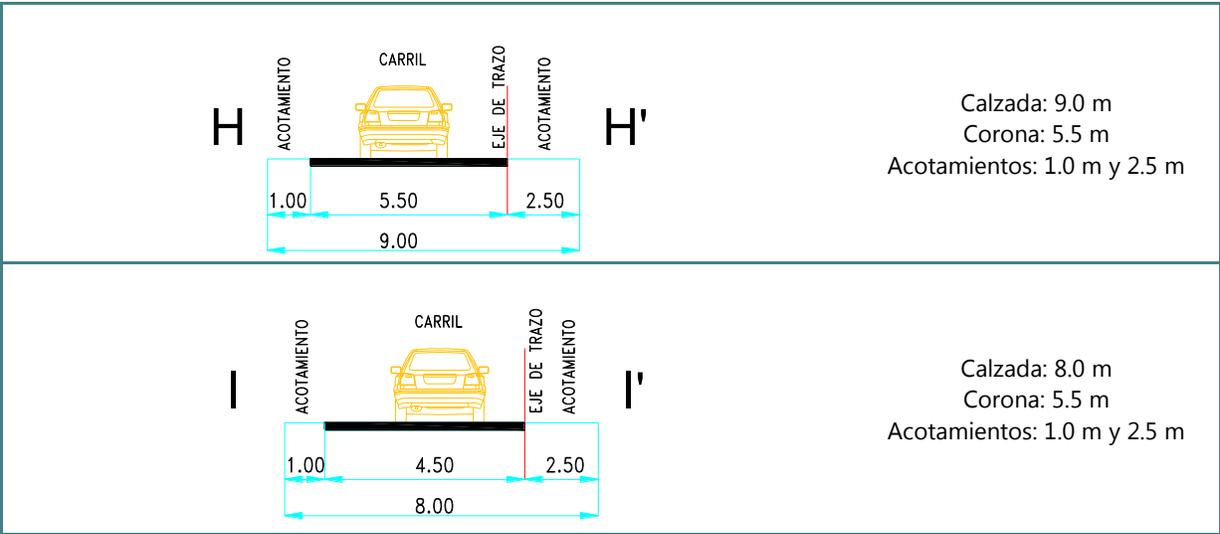


Imagen 12. Secciones A, B, C, D, E. Entronque San Miguel Regla

Tabla 11. Secciones tipo – Entronque San Miguel Regla

Tipo de sección		Características
	E'	<p>Calzada: 15.0 m Corona: 11.5 m Acotamientos: 1.0 m y 2.5 m</p>
	F'	<p>Calzada: 9.0 m Corona: 7.0 m Acotamientos: 1.0 m (2)</p>
	G'	<p>Calzada: 10.5 m Corona: 7.0 m Acotamientos: 1.0 m y 2.5 m</p>



La imagen siguiente muestra las secciones de la F a la I, además de indicar el punto donde se proyecta un tramo en desnivel. En este caso tampoco se cuenta con información de su diseño.

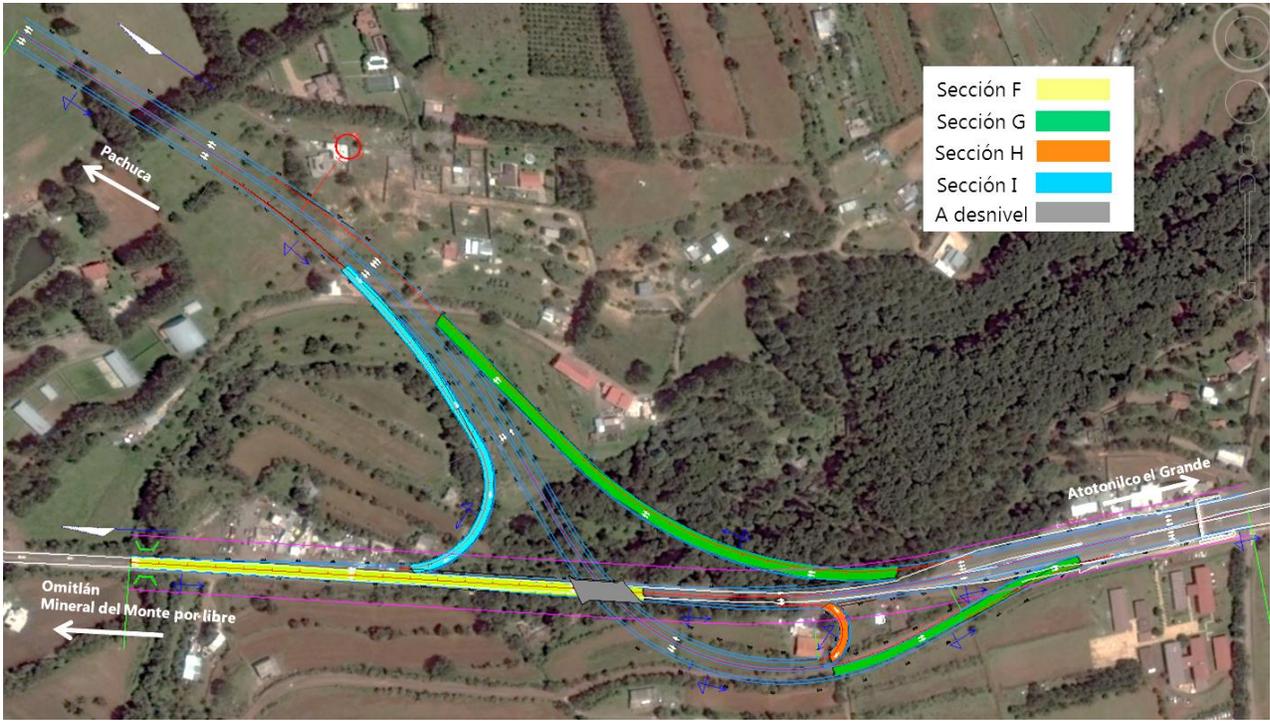


Imagen 13. Secciones F, G, H, I y tramo a desnivel – Entronque San Miguel Regla

**b) Viaductos**

Debido a la línea de montañas por donde se desarrolla principalmente en proyecto es necesaria la inclusión de seis viaductos, estructuras que por definición se construyen sobre barrancas u otros obstáculos.

Las características generales de estas estructuras se indican en la tabla siguiente.

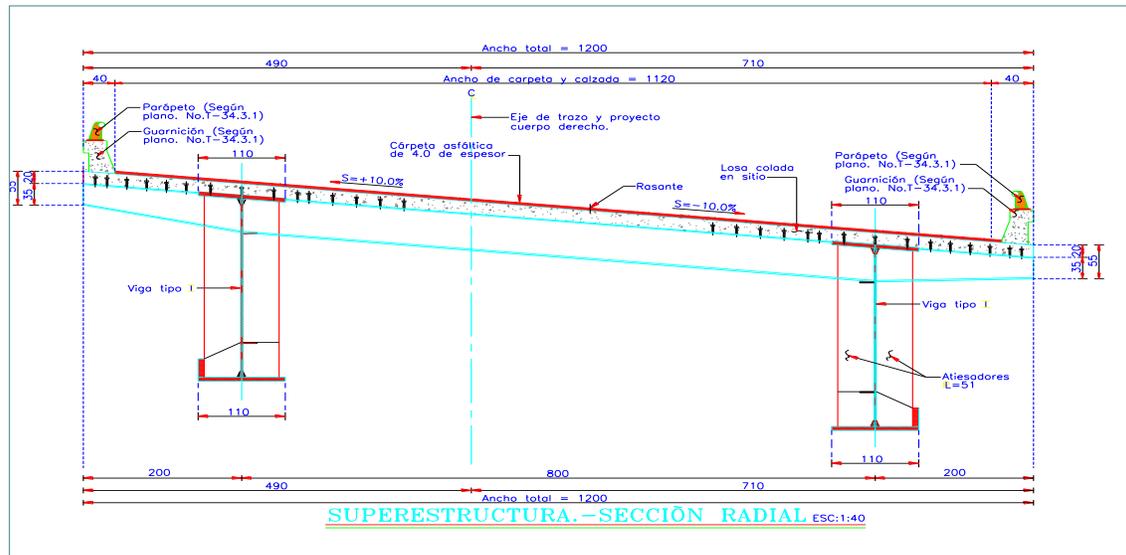
**Tabla 12. Datos generales de viaductos**

Obra	Cuerpo	Cadenamiento		Longitud	Ancho
		Inicio	Fin		
Los Manzanos	Derecho	12+698.73	12+880.72	181.99	12.0
	Izquierdo	12+705.44	12+875.04	169.60	12.0
Las Canteras I	Derecho	13+454.85	13+636.95	182.10	11.90
	Izquierdo	13+416.78	13+639.85	223.07	11.3
Las Canteras II	Derecho	13+894.5	14+001.5	107.0	11.8
	Izquierdo	13+890.62	13+993.18	102.56	11.8
Las Carolinas	Derecho	14+847.25	15+101.65	254.4	12.10
	Izquierdo	14+843.35	15+082.5	239.15	12.1
Santa Elena	Derecho	15+479.45	15+722.75	243.30	11.30
	Izquierdo	15+478.89	15+722.75	243.30	11.30
Vicente Guerrero	Derecho	16+813.63	17+148.32	334.69	12.10
	Izquierdo	16+803.01	17+116.78	313.77	12.1

▪ **Los Manzanos**

**Tabla 13. Viaducto Los Manzanos – cuerpo derecho**

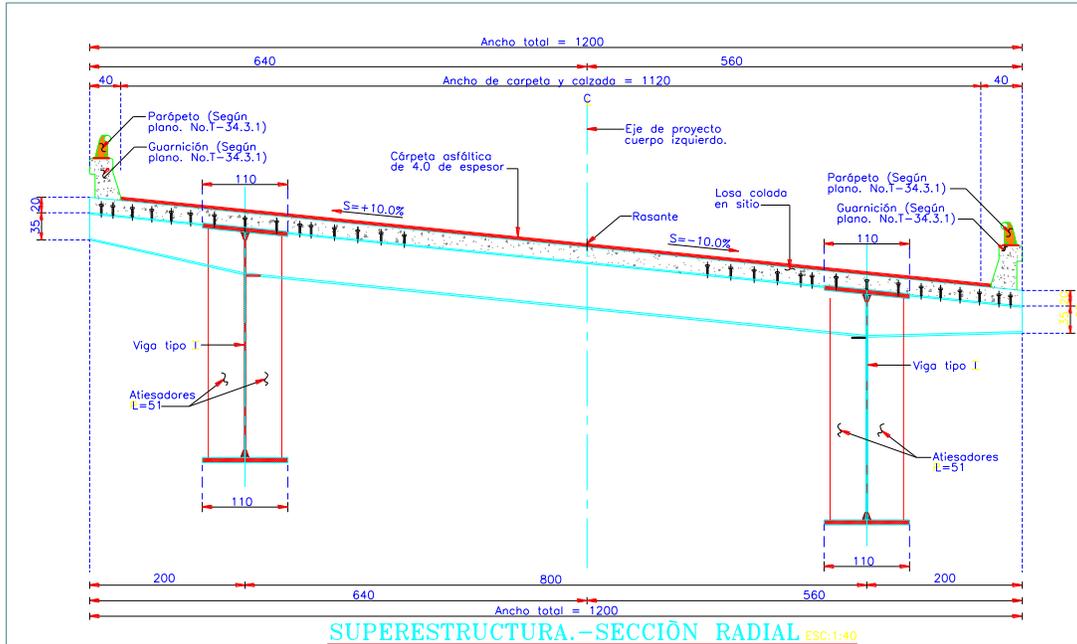
Cuerpo derecho			
<b>General</b>	Longitud total 18, 199 m Ancho de sección 10.50 m Ancho total 11.59 m Superestructura: formada por tres tramos de losas con 60 m de claro, apoyadas sobre dos traveses de acero tipo I, para carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton.- tipo I) Pendiente: 10.0 %		
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Estribo 4
<b>Estación</b> 12+698.73 <b>Alto</b> total prom. 5.21 m. Plantilla de concreto $f'c=150\text{kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo de base 11.59 m x 2.10 m. alero de 4.7 x 0.15 m	<b>Estación</b> 12+759.30. <b>Alto</b> total promedio 28.27 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo de base 13m x 8.5 m. <b>Columna</b> 26.72 m de alto, 7 x 2.20 m. <b>Cabezal</b> 2.20m x 11.10.	<b>Estación</b> 12+820.38. <b>Alto</b> total promedio 33.32 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 8.8 m. <b>Columna</b> de 31.70 m de alto con base de 7 m x 2.20 m. <b>Cabezal</b> de 11.39 m x 2.20 m.	<b>Estación</b> 12+880.72. <b>Alto</b> total promedio 5.48 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.61 m x 2.30 m.



**Imagen 14 Sección radial – Cuerpo derecho – Viaducto Los manzanos**

**Tabla 14. Viaducto Los Manzanos – cuerpo izquierdo**

<b>Cuerpo izquierdo</b>				
<b>General</b>	Longitud total: 169.6 m			
	Ancho de sección 10.50			
Ancho total 12.0 m				
Superestructura: formada por tres tramos de losas con 60 m de claro, apoyadas sobre dos traveses de acero tipo I, para carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton.- tipo I)				
Pendiente: 10.0 %				
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Estribo 4	
<b>Estación</b> 12+705.44.	<b>Estación</b> 12+762.5	<b>Estación</b> 12+819.02	<b>Estación</b> 12+880.72	
<b>Alto</b> total prom. 5.16 m.	<b>Alto</b> total promedio 39.11 m.	<b>Alto</b> total promedio 30.93 m.	<b>Alto</b> total promedio 5.48 m.	
Plantilla de concreto $f'c=150kg/cm^2$ de 10 cm de espesor	<b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 14m x 10 m.	<b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 9.0 m.	<b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.61 m x 2.30 m.	
<b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 2.30m x 11.86 m. alero de 4.2 x 0.4 m	<b>Columna</b> 37.67 m de alto, 7.0 x 2.20 m de base.	<b>Columna</b> de 29.46 m de alto con base de 7.0 m x 2.20 m		
<b>Columna</b> de 1.4 m de ancho.	<b>Cabzal</b> 2.20 m x 11.10 y altura de 3.8 y 3.0 m.	<b>Cabzal</b> de 11.37 m x 2.20 m y alto de 3.9 y 3.0 m.		

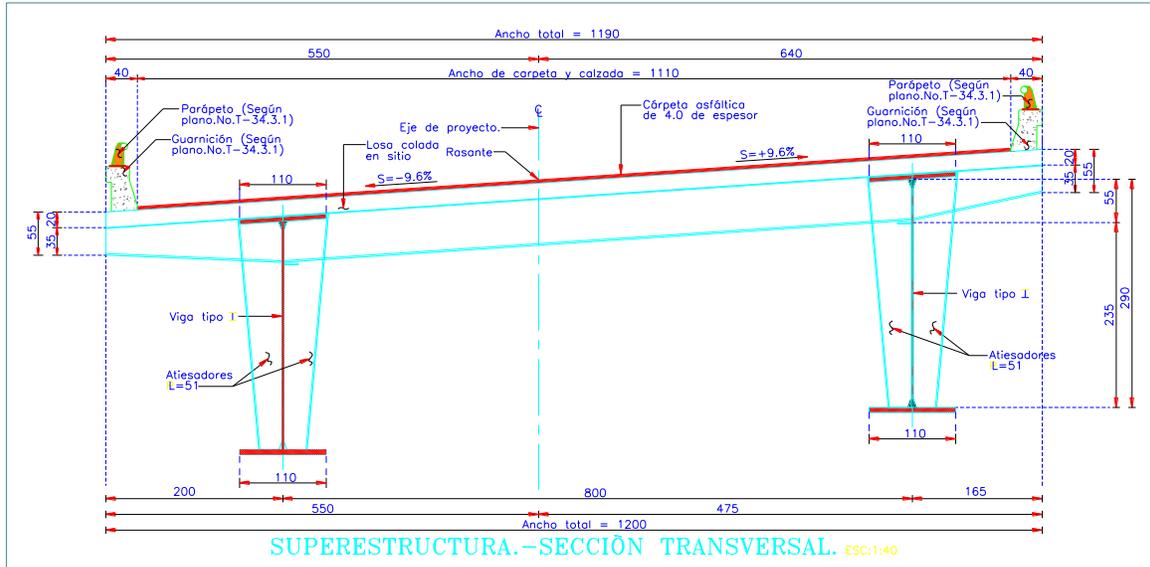


**Imagen 15. Sección radial – Cuerpo izquierdo– Viaducto Los manzanos**

- Las Canteras I**

**Tabla 15. Viaducto Las Canteras I – cuerpo derecho**

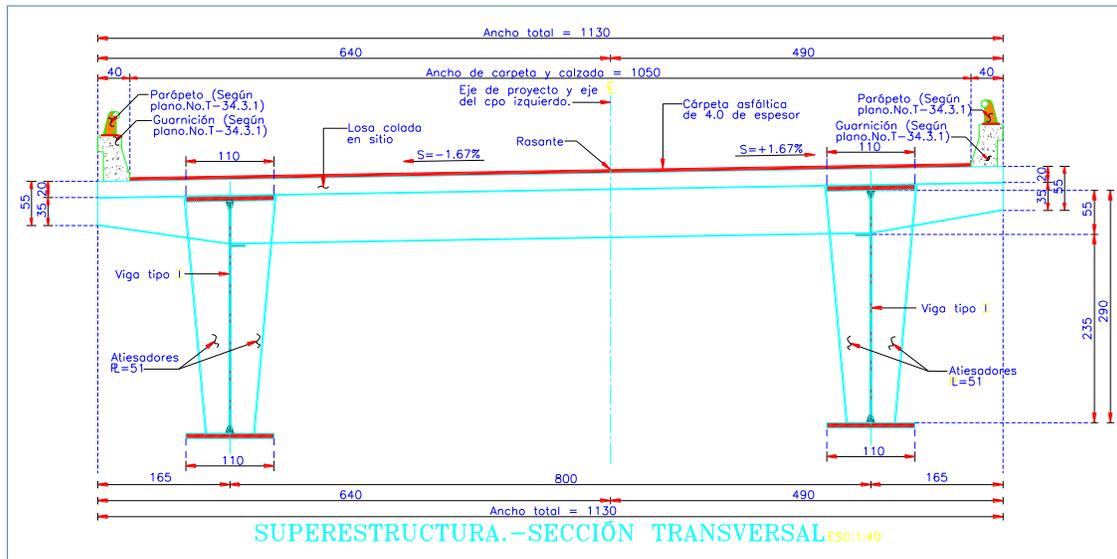
Cuerpo derecho			
General	Longitud total: 182.1 m Ancho de sección 10.75 m Ancho total 11.90 m Superestructura: formada por tres tramos de losa con 60.0 m de claro, apoyados sobre traveses de acero tipo I. Para una carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton. Tipo I).		
Estribo 1	Pila 2	Pila 3	Estribo 4
<b>Estación</b> 13+454.85 <b>Alto</b> total prom. 9.51 m. Plantilla de concreto $f'c=150\text{kg}/\text{cm}^2$ de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 15.57 x 3.70 m, con aleros de 3.0 x 3.7 y 5.9 x 3.7 m. <b>Columna</b> de 1.4 m de ancho.	<b>Estación</b> 13+515.30 <b>Alto</b> total promedio 10.30 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11 m x 4.50 m. <b>Columna</b> tres columnas de 1.5 m de $\varnothing$ y 6.0 m alto <b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.	<b>Estación</b> 13+576.4 <b>Alto</b> total promedio 33.54 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 8.7 m. <b>Columna</b> de 30.34 m de alto con base de 7.0 m x 2.20 m <b>Cabezal</b> de 11.11 m x 2.20 m y alto de 2.0 m.	<b>Estación</b> 13+636.95 <b>Alto</b> total promedio 13.98 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 15.10 m x 6.30 m.



**Imagen 16. Sección transversal – Cuerpo derecho – Viaducto Las Canteras I**

**Tabla 16. Viaducto Las Canteras I – cuerpo izquierdo**

Cuerpo izquierdo				
General	Longitud total: 223.0 m Ancho de sección 10.75 Ancho total 11.70 m Superestructura: formada por cuatro tramos de losa con claros de 60.0 m y 30.0 m, apoyados sobre dos traveses tipo I. Para una carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton. Tipo I).			
Estribo 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Estribo 5
<b>Estación</b> 13+416.78 <b>Alto</b> total prom. 13.47 m. Plantilla de concreto $f'c=150kg/cm^2$ de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 4.30 x 18.74 m, con alero de 17.6 x 2.8 m	<b>Estación</b> 13+450.01 <b>Alto</b> total promedio 17.18 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13.0 m x 5.0 m. <b>Columna:</b> 4 columnas de 1.50m de diámetro. Altura de 13.28 m en promedio <b>Cabezal</b> 1.80 m x 14.59 y altura de 2.50 m.	<b>Estación</b> 13+515.08 <b>Alto</b> total promedio 27.8 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 7.0 m. <b>Columna</b> de 26.47 m de alto con base de 7.0 m x 2.20 m <b>Cabezal</b> de 12.68 m x 2.20.	<b>Estación.</b> 13+579.07 <b>Alto</b> total prom.: 37.04 m <b>Zapata:</b> 13.0 x 8.8 m <b>Columna:</b> 7.0 x 2.2 m <b>Cabezal:</b> 11.9 x 2.2 m	<b>Estación</b> 13+639.85 <b>Alto</b> total promedio 6.40 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 12.19 m x 1.80 m. Espesor de muro de 0.30 a 0.70 m. <b>Corona:</b> 12.19 x 1.40 de base.

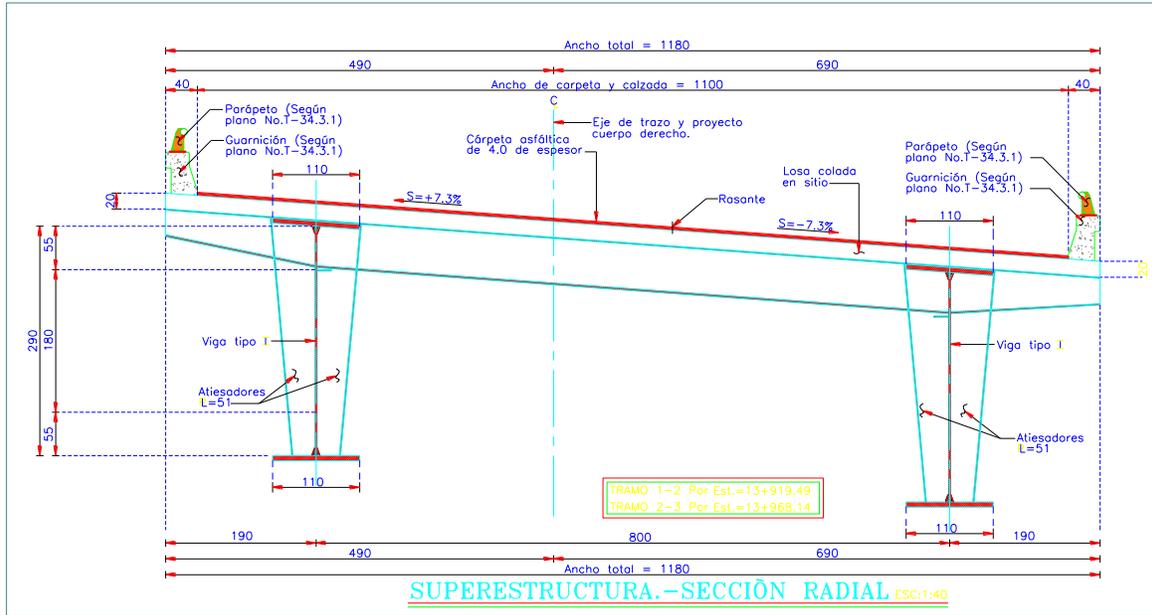


**Imagen 17. Sección transversal – Cuerpo izquierdo – Viaducto Las Canteras I**

• **Canteras II**

**Tabla 17. Viaducto Las Canteras II – cuerpo derecho**

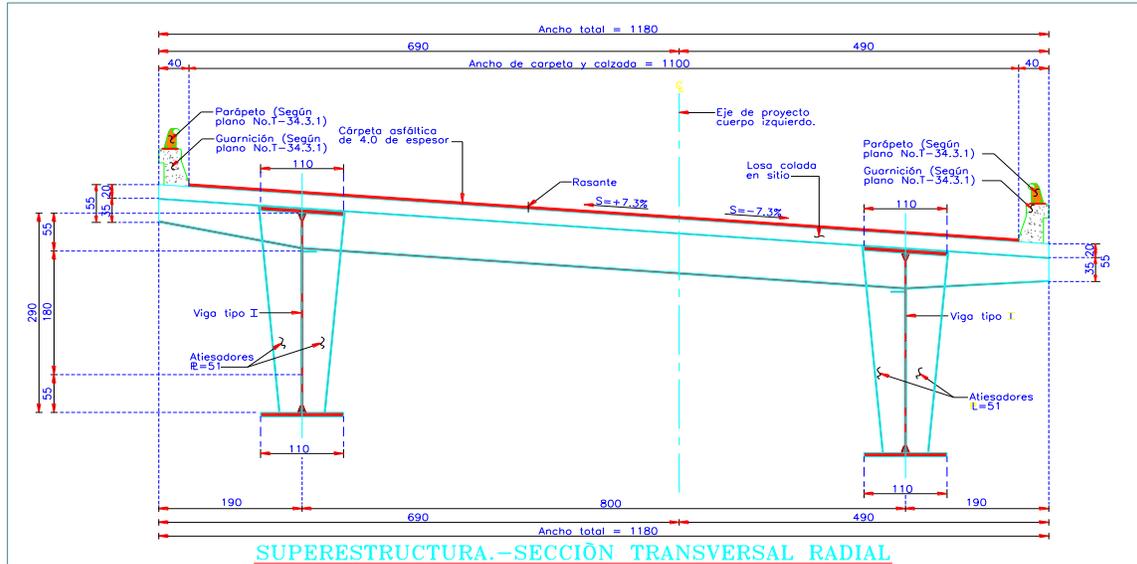
Cuerpo derecho		
General	Longitud total: 107.0 m Ancho de sección 11.0 m Ancho total 11.80 m Superestructura: formada por tramos de losa de concreto reforzado de 20cm de espesor apoyados sobre dos tabes de acero estructural con claro de 53.0 m. para carga móvil de T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I). Pendiente de 7.3 %	
Estribo 1	Pila 2	Estribo 3
<b>Estación</b> 13+894.5 <b>Alto</b> total prom. 7.26 m. Plantilla de concreto f'c=150kg/cm <sup>2</sup> de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 2.70 x 14.34 m, con alero de 11.59 x 3.70 m.	<b>Estación</b> 13+948 <b>Alto</b> total promedio 34.47 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 8.50 m. <b>Columna</b> 28.97 m de alto, 7.45 x 2.20 m de base. <b>Cabezal</b> 11.83 m x 2.20 y altura de 4.0 y 3.0 m.	<b>Estación</b> 14+001.50 <b>Alto</b> total promedio 5.34 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.75 m x 1.8 m. <b>Corona:</b> 13.08 x 1.40m de base



**Imagen 18. Sección radial – Cuerpo derecho – Viaducto Las Canteras I**

**Tabla 18. Viaducto Las Canteras II – cuerpo izquierdo**

Cuerpo izquierdo		
General	Longitud total: 102.56 m Ancho de sección 11.0 m Ancho total 11.80 m Superestructura: formada por dos tramos de losa con 53.0 m de claro, apoyados sobre dos traves de acero tipo I con ancho total de 11.8 m, guarniciones de 0.40 m y ancho de calzada de 11.0 m. para una carga móvil T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I). Pendiente de 7.3 %	
Cargador 1	Pila 2	Cargador 3
<b>Estación</b> 13+890.62 <b>Alto</b> total prom. 5.36 m. Plantilla de concreto $f'c=150\text{kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 12.48 x 1.90m, con aleros de 5.54 x0.40 m y 1.95 x 0.40 m.	<b>Estación</b> 13+941.9 <b>Alto</b> total promedio 33.41 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 8.20 x 13.0 m. <b>Columna:</b> base de 2.20 x 7.0 m, alto 27.91 m. <b>Cabezal</b> 11.77 m x 2.20 y altura de 4.0 y 3.0 m	<b>Estación</b> 13+993.18 <b>Alto</b> total promedio 5.35 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.70 m x 1.90 m con alero de 2.71 x 0.40 m.

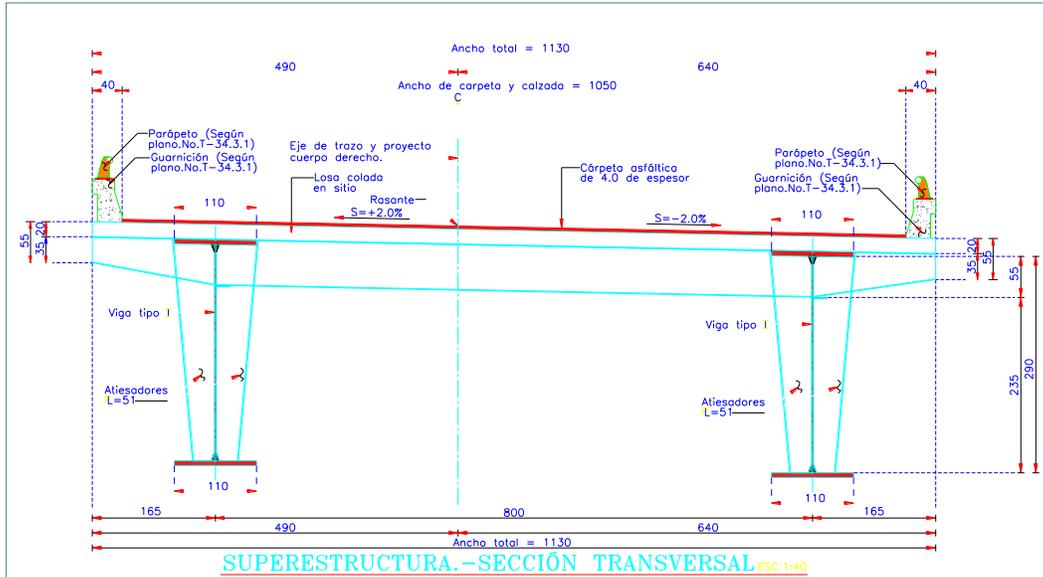


**Imagen 19. Sección transversal – Cuerpo derecho – Viaducto Las Canteras II**

• **Las Carolinas**

**Tabla 19. Viaducto Las Carolinas – cuerpo derecho**

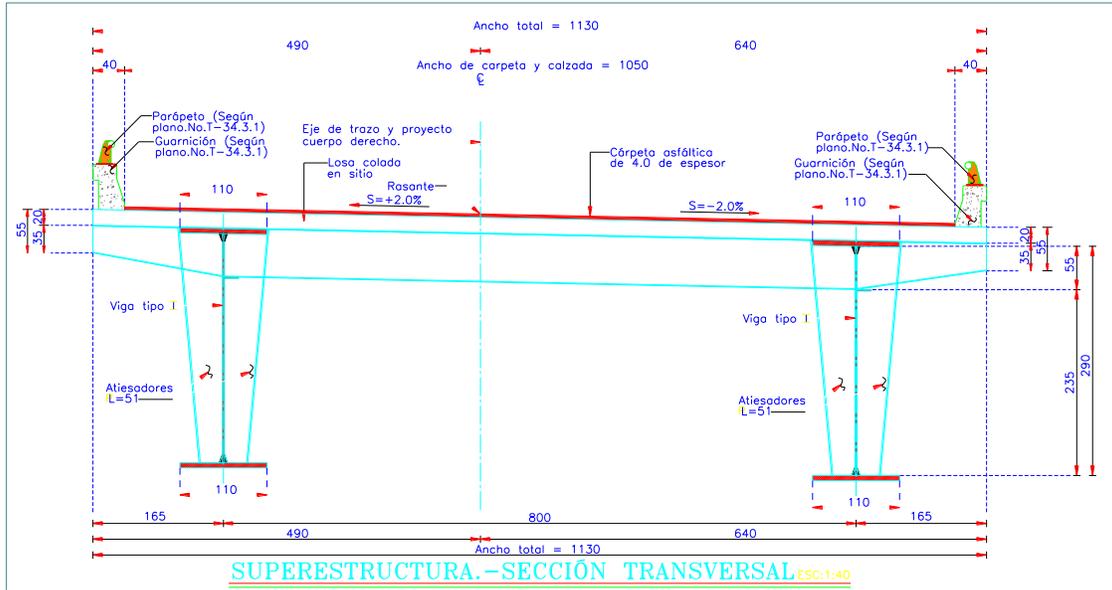
Cuerpo derecho					
General	Longitud total: 254.4 m Ancho de sección 10.50 m Ancho total 11.30 m Superestructura: formada por dos tramos de losa de 50.0 m de claro apoyados sobre dos traveses de acero tipo I. para carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton). Pendiente: 10% (sección radial) y 2.0% (sección transversal)				
Estribo 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Pila 5	Estribo 6
<b>Estación</b> 14+847.25 <b>Alto</b> total prom. 8.08 m. Plantilla de concreto f'c=150kg/cm <sup>2</sup> de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 15.90 x 2.70 m, con dos aleros de 6.57 x 3.50 m.	<b>Estación</b> 14+897.8 <b>Alto</b> total promedio 19.32 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.0 m x 6.0 m. <b>Columna:</b> 4 de 1.50 m Ø cada una. <b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.	<b>Estación</b> 14+948.9 <b>Alto</b> total promedio 43.25 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 14.0 m x 10.0 m. <b>Columna</b> de 37.47 m de alto con base de 7.0 m x 2.20 m <b>Cabezal</b> de 11.10 m x 2.20 m y alto de 4.15 y 3.0 m.	<b>Estación</b> 15+000 <b>Alto:</b> 36.79 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.0 m x 8.50 m. <b>Columna:</b> base de 7.0 x 2.20m, alto 31.39 m <b>Cabezal:</b> base de 11.4 x 2.20, alto 3.20 m	<b>Estación:</b> 15+051.10 <b>Alto:</b> 18.16 m <b>Zapata:</b> 12.0 x 5.8 m. <b>Columna:</b> 4 de 1.50m Ø cada una, alto 14.16 m. <b>Cabezal:</b> base de 11.10 x 1.8 m, alto 2.50m.	<b>Estación:</b> 15+101.65 <b>Alto</b> total prom: 7.91 m <b>Zapata:</b> base de 14.5 x 2.70 con dos aleros de 6.3 x 2.7 m.



**Imagen 20. Sección transversal – Cuerpo derecho – Viaducto Las Carolinas**

**Tabla 20. Viaducto Las Carolinas – cuerpo izquierdo**

Cuerpo izquierdo					
General	Longitud total: 239.15 m Ancho de sección 10.50 m Ancho total 11.30 m Superestructura: formada por cinco tramos de losa con 50.0 m de claro apoyados sobre dos traveses de acero de tipo I, para carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I). Pendiente: 10% sección transversal radial y 2.0% sección transversal				
Estribo 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Pila 5	Estribo 6
<b>Estación:</b> 14+843.35 <b>Alto total prom.:</b> 5.45 m <b>Zapata:</b> base 2.30 x 15.30 m, dos aleros de 5.58 x 2.70 m <b>Corona:</b> 12.10 x 1.40 m.	<b>Estación:</b> 14+889.27 <b>Alto total prom.:</b> 11.48 m <b>Zapata:</b> 11 x 5.0 m <b>Columna:</b> tres columnas de 1.50 m Ø c/u, alto de 8.0 m <b>Cabezal:</b> base de 11.1 x 1.8 m, alto de 2.5 m	<b>Estación:</b> 14+935.69 <b>Alto total prom.:</b> 40.19 m <b>Zapata:</b> 14.0 x 10.0 m <b>Columna:</b> 7.0 x 2.20 de base, alto de 34.42 m <b>Cabezal:</b> 11.1 x 2.20m y alto 4.14 y 2.9 m	<b>Estación:</b> 14+982.49 <b>Alto total prom.:</b> 34.35 m <b>Zapata:</b> 13.0 x 8.20 m <b>Columna:</b> 7.0 x 2.20 m, alto 28.97 m. <b>Cabezal:</b> 11.12 x 2.20m, alto 3.7 y 3.0 m	<b>Estación:</b> 15+031.95 <b>Alto:</b> 15.34 m <b>Zapata:</b> 11.50 x 5.6 m <b>Columna:</b> tres de 1.50 m de Ø c/u, alto 11.4 m <b>Cabezal:</b> 11.10 x 1.8 m, alto 2.50 m.	<b>Estación:</b> 15+082.50 <b>Alto total prom.:</b> 9.95 m <b>Zapata:</b> 17.10 x 3.4 m, dos aleros de 4.3 x 5.2 m <b>Corona:</b> 11.5 x 1.4 m, alto 3.6 y 3.4 m.

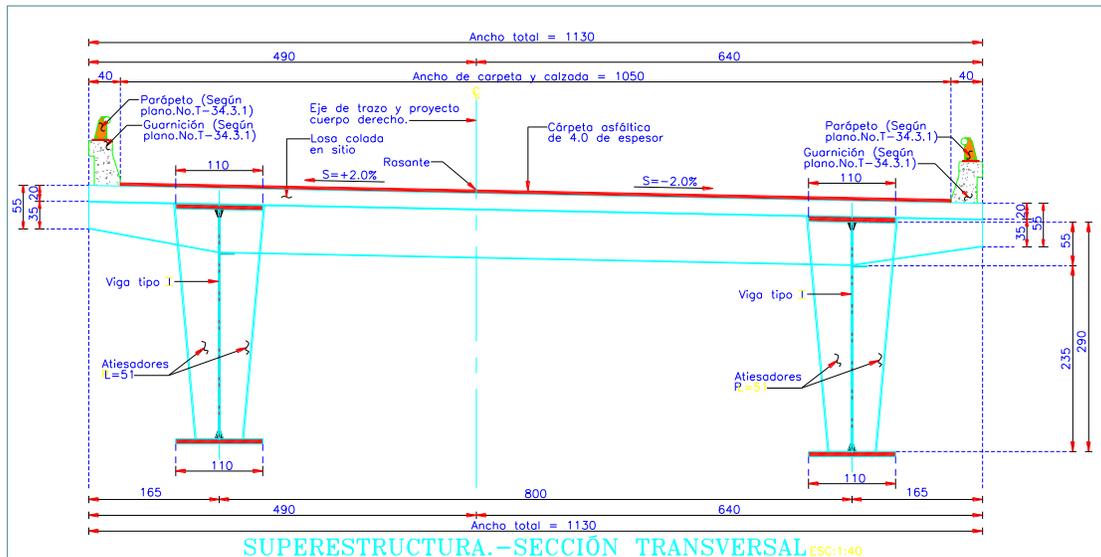


**Imagen 21. Sección transversal – Cuerpo izquierdo – Viaducto Las Carolinas**

• **Santa Elena**

**Tabla 21. Viaducto Santa Elena – cuerpo derecho**

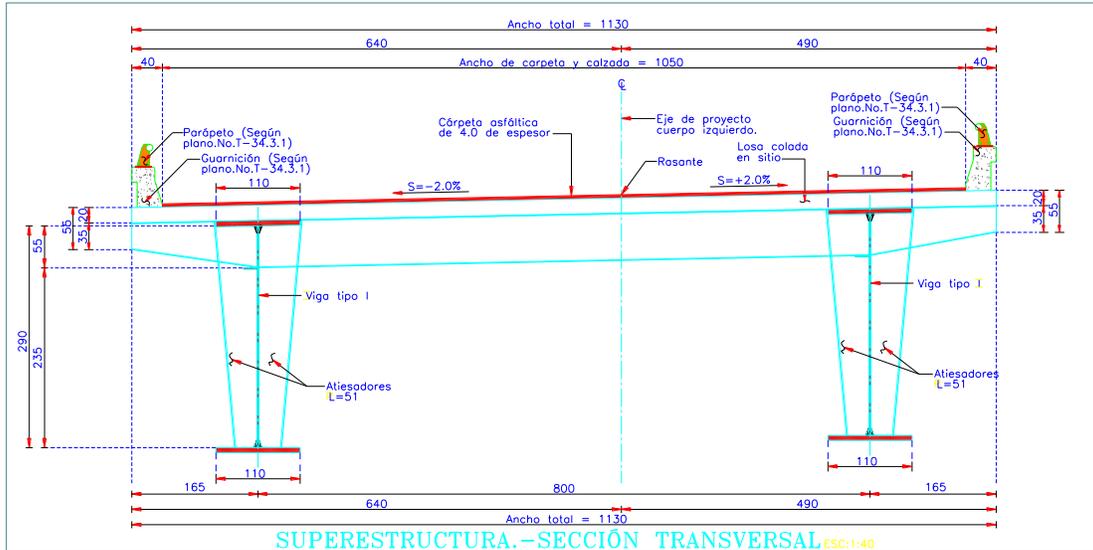
Cuerpo derecho				
<p><b>General</b></p> <p>Longitud total: 243.3 m                      Ancho de sección 10.50 m                      Ancho total 11.30 m                      Superestructura: formada por cuatro tramos de losa con 60.0 m de claro, apoyados sobre dos traveses de acero tipo I con ancho total de 11.30, guarniciones de 0.40 m calzada de 11.50 m. carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I).                      Pendiente: 2.0 %</p>				
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Estribo 5
<p><b>Estación</b> 15+479.45  <b>Alto</b> total prom. 5.04 m.                      Plantilla de concreto <math>f'c=150\text{kg/cm}^2</math> de 10 cm de espesor  <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.36 x 2.10 m, con alero 1.9 x 0.4 m.  <b>Columna</b> de 1.4 m de ancho.</p>	<p><b>Estación</b> 15+540  <b>Alto</b> total promedio 19.13 m.  <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 12.0 m x 6.0 m.  <b>Columna.</b> Cuatro de 1.50m de <math>\varnothing</math>, alto 15.13 m  <b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.</p>	<p><b>Estación</b> 15+601.1  <b>Alto</b> total promedio 33.43 m.  <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 8.5 m.  <b>Columna</b> con base de 7.0 m x 2.20 m  <b>Cabezal</b> de 11.10 m x 2.20 m y alto de 3.0 m.</p>	<p><b>Estación</b> 15+662.20  <b>Alto</b> total promedio 18.74 m.  <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 12.0 m x 6.0 m.  <b>Columna:</b> cuatro de 1.50 m <math>\varnothing</math>, alto 14.74 m  <b>Cabezal:</b> base de 11.1 x 1.8 m, alto 2.5 m</p>	<p><b>Estación:</b> 15+722.75  <b>Alto</b> total prom.: 8.72 m  <b>Zapata:</b> base de 3.5 x 14.1 m con aleros de 6.05 x 3.5 m y 2.85 x 3.5 m.</p>



**Imagen 22. Sección transversal – Cuerpo derecho – Viaducto Santa Elena**

**Tabla 22. Viaducto Santa Elena – cuerpo izquierdo**

Cuerpo izquierdo				
General	Longitud total: 243.3 m Ancho de sección 10.50 m Ancho total 11.30 m Superestructura: formada por cuatro tramos de losa con 60.0 m de claro, apoyados sobre dos traveses de acero tipo I con ancho total de 11.30, guarniciones de 0.40 m calzada de 11.50 m. carga móvil tipo T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I). Pendiente: 2.0 %			
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Estribo 5
<b>Estación</b> 15+478.89 <b>Alto</b> total prom. 6.95 m. Plantilla de concreto $f'c=150\text{kg}/\text{cm}^2$ de 20 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 25.05 x 3.2 m.	<b>Estación</b> 15+540 <b>Alto</b> total promedio 16.13 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 12.0 m x 5.3 m. <b>Columna.</b> Cuatro de 1.50m de $\varnothing$ , alto 12.13 m <b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.	<b>Estación</b> 15+601.1 <b>Alto</b> total promedio 32.93 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13 m x 8.5 m. <b>Columna</b> con base de 7.0 m x 2.20 m <b>Cabezal</b> de 11.10 m x 2.20 m y alto de 3.0 m.	<b>Estación</b> 15+662.20 <b>Alto</b> total promedio 23.74 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 12.0 m x 7.0 m. <b>Columna:</b> base de 7.42 x 2.20, alto 19.04 m <b>Cabezal:</b> base de 11.1 x 2.2 m, alto 3.0 m	<b>Estación:</b> 15+722.75 <b>Alto</b> total prom.: 7.22 m <b>Zapata:</b> base de 3.2 x 22.31 m.

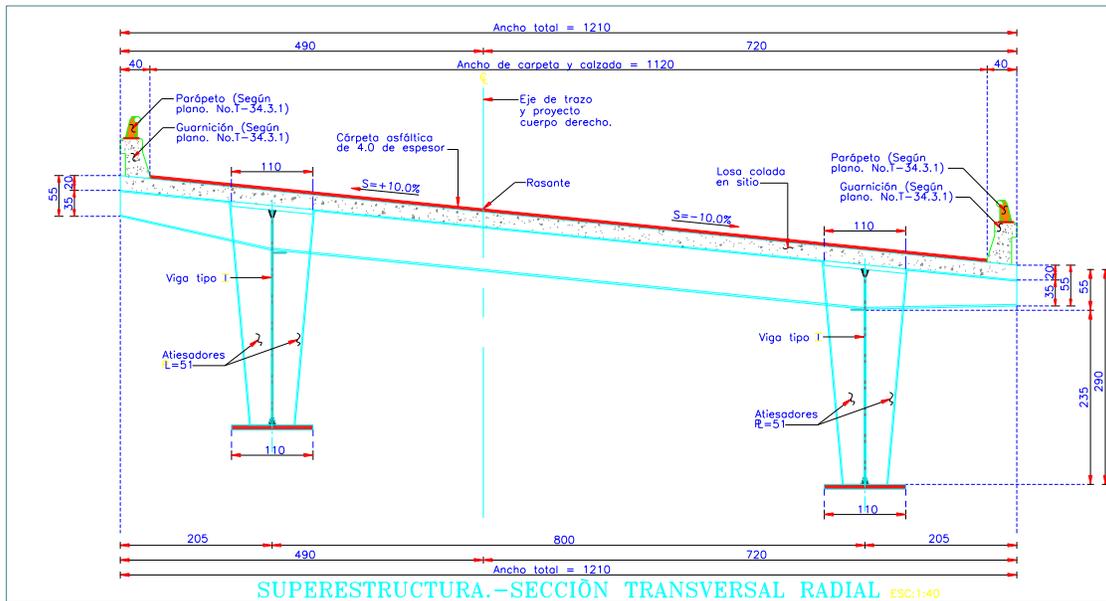


**Imagen 23. Sección transversal – Cuerpo izquierdo – Viaducto Santa Elena**

• **Vicente guerrero**

**Tabla 23. Viaducto Vicente Guerrero – cuerpo derecho**

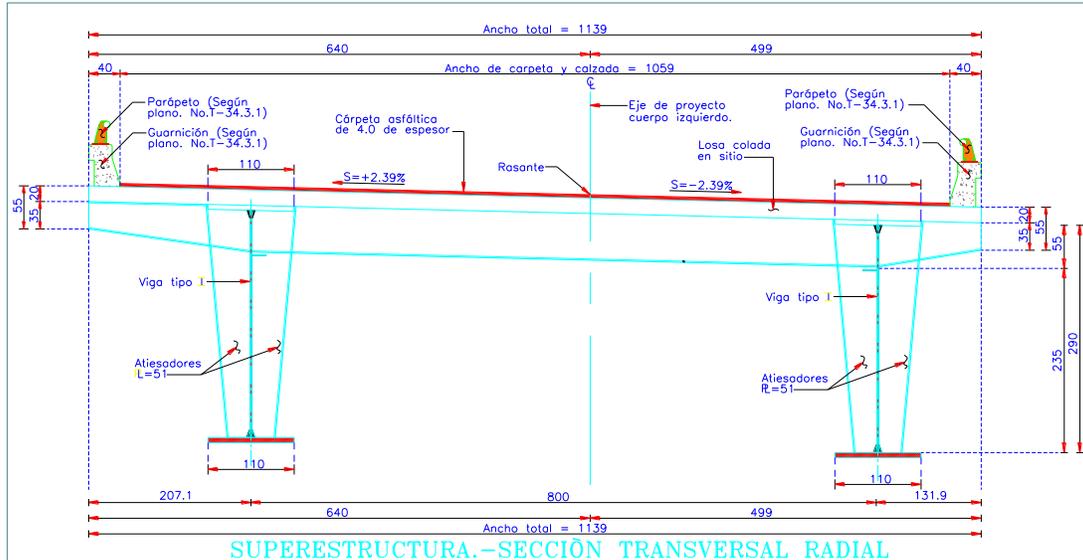
Cuerpo derecho							
General	Longitud total: 334.69 m Ancho de sección 11.30 m Ancho total 12.10 m Superestructura: formada por 7 tramos de losa de concreto reforzada, apoyada sobre dos traveses de acero tipo I. con claros de 47.0 m promedio ancho total de 2.10m guarniciones de 0.40 m. calzada de 11.30 m. carga móvil T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I). Pendiente: 3.85% (sección radial) y 10.0% (sección radial)						
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Pila 5	Pila 6	Pila 7	Estribo 8
<b>Estación</b> 16+813.63 <b>Alto</b> total prom. 4.99 m. Plantilla de concreto f'c=150kg/cm <sup>2</sup> de 10 cm de espesor <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.3 x 2.10 m.	<b>Estación</b> 16+861.37 <b>Alto</b> total prom. 19.22 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.0 m x 5.8 m. <b>Columna:</b> 4 de 1.50 m Ø c/u, alto 15.5 m <b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.	<b>Estación</b> 16+909.28 <b>Alto</b> total prom.: 29.05 m. <b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 13.0 m x 7.0 m. <b>Columna</b> base de 7.0 m x 2.20 m <b>Cabezal</b> de 11.10 m x 2.20 m y alto de 4.1 y 3.0 m.	<b>Estación</b> 16+957.18 <b>Alto:</b> 30.55 m. <b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.0 m x 7.0 m. <b>Columna:</b> base de 7.0 x 2.20m, alto 25.19 m <b>Cabezal:</b> base de 11.1 x 2.20, alto 4.1 y 3.0 m	<b>Estación:</b> 17+005.07 <b>Alto:</b> 52.42 m <b>Zapata:</b> 14.0 x 10.5 m. <b>Columna:</b> base de 7.0 x 3.0 m, alto 46.36 m. <b>Cabezal:</b> base 11.10 x 3.0 m, alto 4.1 y 3.0 m.	<b>Estación:</b> 17+052.98 <b>Alto</b> total prom.: 53.02 m <b>Zapata:</b> base 14.0 x 10.5 m. <b>Columna:</b> 7.0 x 3.0 m, alto 46.96 m. <b>Cabezal:</b> 11.1 x 3.0 m, alto 4.1 y 3.0 m	<b>Estación:</b> 17+100.87 <b>Alto</b> total prom.: 34.74 m <b>Zapata:</b> 12.0 x 7.0 m <b>Columna:</b> 7.0 x 2.20 m, alto 19.48 m <b>Cabezal:</b> 11.1 x 2.20 m, alto de 4.1 y 3.0 m	<b>Estación:</b> 17+148.32 <b>Alto</b> total prom.: 12.87 m <b>Zapata:</b> 6.0 x 5.50m y 6.0 x 6.3 m con alero de 0.7 x 5.67 m. hombro derecho con 8 pilotes de 1.2 m de Ø tangenciales para contener terraplén



**Imagen 24. Sección transversal radial – Cuerpo derecho – Viaducto Vicente Guerrero**

**Tabla 24. Viaducto Vicente Guerrero – cuerpo izquierdo**

Cuerpo izquierdo							
General	<p>Longitud total: 313.77 m                      Ancho de sección 11.30 m                      Ancho total 12.10 m                      Superestructura: formada por 7 tramos de losa de concreto reforzada, apoyada sobre dos traveses de acero tipo I. con claros de 47.0 m promedio ancho total de 2.10m guarniciones de 0.40 m. calzada de 11.30 m. carga móvil T3-S2-R4 (72.5 ton tipo I).                      Pendiente: 2.39% (sección radial) y 10.0% (sección radial)</p>						
Cargador 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	Pila 5	Pila 6	Pila 7	Estribo 8
<p><b>Estación</b> 16+803.1</p> <p><b>Alto</b> total prom. 5.08 m.</p> <p><b>Zapata</b> de concreto con base de 10 cm de espesor</p> <p><b>Columna:</b> 3 de 1.50 m Ø c/u, alto 4.37 m</p> <p><b>Cabezal</b> 1.80 m x 11.10 y altura de 2.50 m.</p>	<p><b>Estación</b> 16+849.95</p> <p><b>Alto</b> total promedio 7.95 m.</p> <p><b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.0 m x 4.2 m.</p> <p><b>Columna:</b> 3 de 1.5 m de Ø, alto 5.0 m</p> <p><b>Cabezal</b> de 1.8 m x 11.10 m x 2.5 m.</p>	<p><b>Estación</b> 16+895.32</p> <p><b>Alto</b> total prom.: 8.47 m.</p> <p><b>Zapata</b> con acero de refuerzo con base de 11.0 m x 4.4 m.</p> <p><b>Columna:</b> 3 de 1.5 m de Ø, alto 5.0 m</p> <p><b>Cabezal</b> de 1.8 m y alto de 2.5 m.</p>	<p><b>Estación</b> 16+940.1</p> <p><b>Alto:</b> 32.4 m.</p> <p><b>Zapata</b> con acero reforzado con base de 13.0 m x 8.0 m.</p> <p><b>Columna:</b> base de 7.0 x 2.20m, alto 26.94 m</p> <p><b>Cabezal:</b> base de 11.1 x 2.20</p>	<p><b>Estación:</b> 16+984.73</p> <p><b>Alto:</b> 43.67 m</p> <p><b>Zapata:</b> 14.0 x 9.5 m.</p> <p><b>Columna:</b> 7.0 x 2.2 m, alto 37.9 m</p> <p><b>Cabezal:</b> base 11.10 x 2.2 m, alto 3.9 y 3.0 m.</p>	<p><b>Estación:</b> 17+029.15</p> <p><b>Alto</b> total prom: 54.4 m</p> <p><b>Zapata:</b> base 14.0 x 10.5 m.</p> <p><b>Columna:</b> 7.0 x 3.0 m, alto 48.4 m.</p> <p><b>Cabezal:</b> 11.1 x 3.0 m, alto 3.9 y 3.0 m</p>	<p><b>Estación:</b> 17+073.31</p> <p><b>Alto</b> total prom.: 34.28 m</p> <p><b>Zapata:</b> 13.0 x 8.5 m</p> <p><b>Columna:</b> 7.0 x 2.20 m, alto 30.1 m</p> <p><b>Cabezal:</b> 11.1 x 3.0 m de 3.8 y 3.0 m</p>	<p><b>Estación:</b> 17+116.78</p> <p><b>Alto</b> total prom.: 7.6 m</p> <p><b>Zapata:</b> 3.2 x 13.35 y alero de 1.5 x 3.2 m</p>

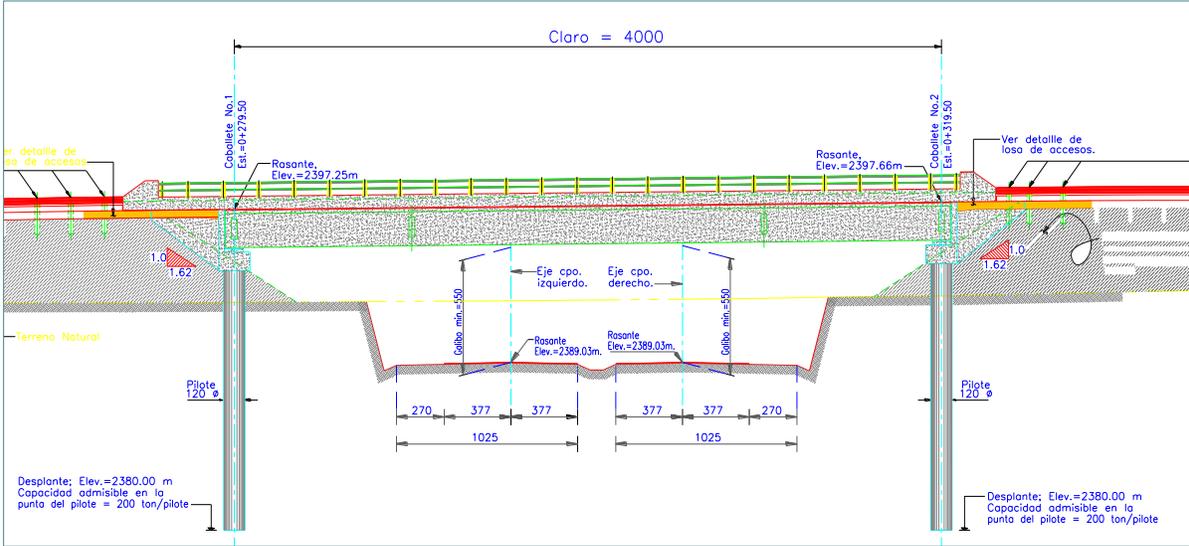


**Imagen 25. Sección transversal radial- Cuerpo izquierdo - Viaducto Vicente Guerrero**

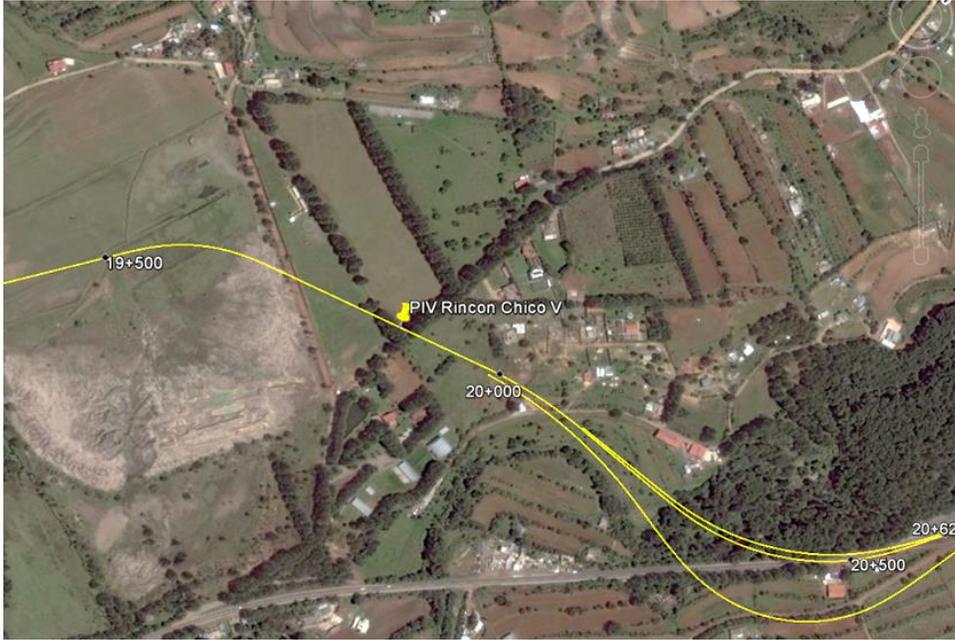
**c) Pasos**

Se proyecta la construcción de un paso inferior vehicular en el km19+889.40 con longitud de 40 m y ancho total de 8.0 m.

- Claro: 40 m
- Galibo mínimo: 5.50 m.
- Accesos: 40 m cada uno. Terraplén compactado al 95% de su peso volumétrico seco máx., según pruebas proctor.
- Superestructura: formada por un tramo de 40.0 m de losa de concreto reforzado apoyado en cinco traveses AASTHO tipo VI presforzadas para un ancho total de 8.0 m, calzada de 7.20 m con dos carriles de circulación con carga viva T3-S3 (tipo I).
- Caballete 1. Est. 0+279.5. Con zapata de 8.3 x 1.6 m y dos aleros de 4.1 x 0.4 m. Con tres columnas de 1.20 m de Ø cada una y 14.48 m de alto.
- Caballete 2. Est. 0+319.5. Con zapata de 8.3 x 1.6 m y dos aleros de 4.1 x 0.4 m. Con tres columnas de 1.20 m de Ø cada una y 14.48 m de alto.



**Imagen 26. Corte PIV de dos vías Rincón Chico Velazco**



**Imagen 27. Ubicación – Paso inferior vehicular Rincón Chico V.**

**d) Túneles**

Estas obras permitirán la continuidad del proyecto a través de los obstáculos que presenta el trazo debido a su topografía. Es importante mencionar que su construcción será por medio de excavaciones, y sus características generales se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 25. Datos generales de los túneles**

Túnel	Ubicación	Longitud
San Felipe I	14+075	Cuerpo A 81 m
		Cuerpo B 178 m

San Felipe II	14+625	Cuerpo A 249 m
		Cuerpo B 248 m
Santa Elena	15+290	Cuerpo A 112 m
		Cuerpo B 107.91 m
Vicente Guerrero	16+165	Cuerpo A 152 m
		Cuerpo B 283 m

▪ **Túnel San Felipe I**

El cuerpo A del túnel inicia en la estación 14+033 y finaliza en la 14+114 con una longitud total (que incluye los túneles falsos) de 81 m; por su parte el cuerpo B inicia en la estación 14+025 y finaliza en la 14+203 con una longitud total de 178 m.

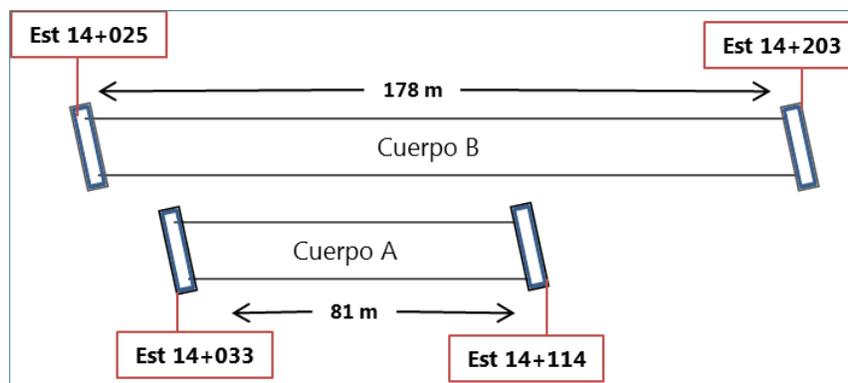


Imagen 28. Longitud de cuerpos A y B. Túnel Sn Felipe I.

El techo del cuerpo B del túnel estará a aproximadamente 14.4 m de profundidad a la entrada y a 15.75 m a la salida, en relación al perfil natural.

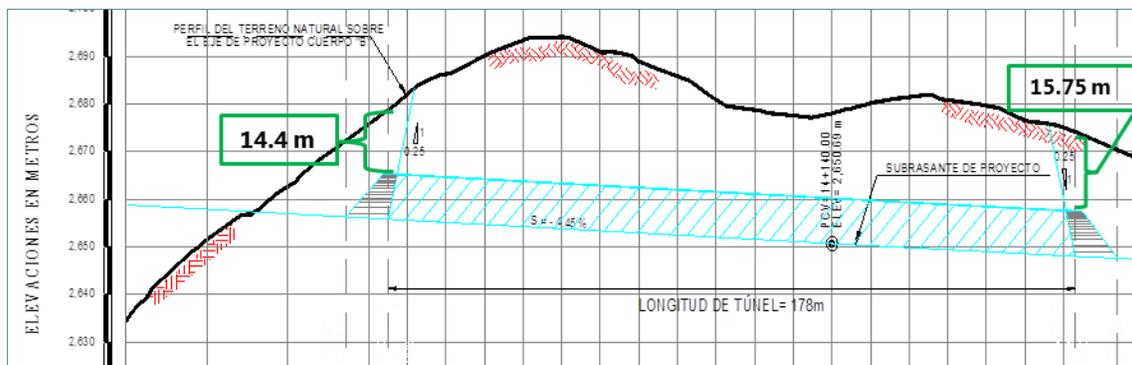
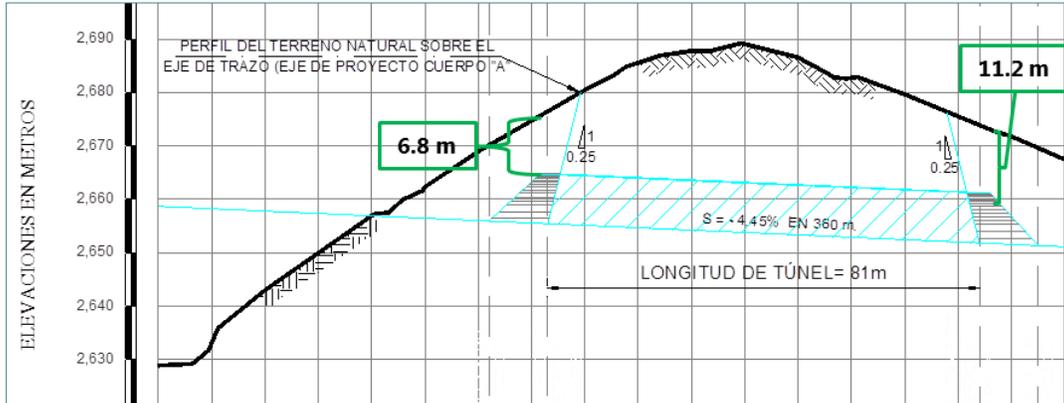


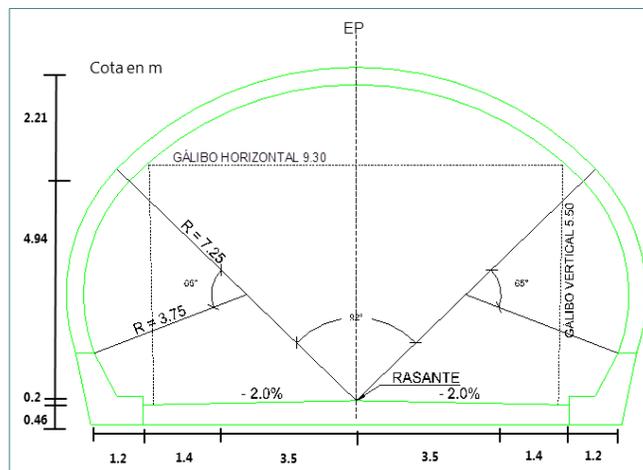
Imagen 29. Profundidad del cuerpo B- Túnel Sn Felipe I

El techo del cuerpo A estará a aproximadamente 6.8 m de profundidad a la entrada y a 11.2 m a la salida, en relación al perfil natural.



**Imagen 30. Profundidad del cuerpo A- Túnel Sn Felipe I**

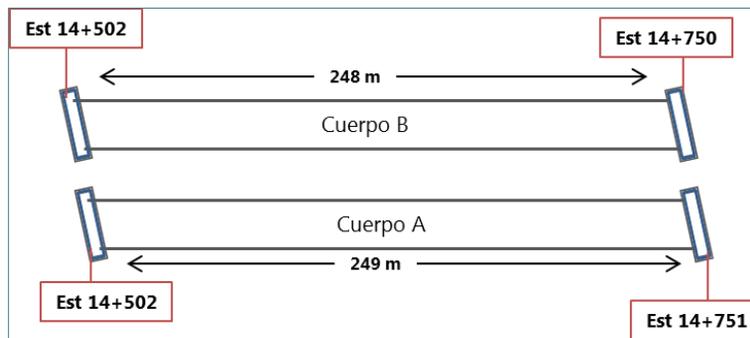
La sección tipo en tangente se muestra a continuación.



**Imagen 31. Sección tipo en tangente – Túnel Sn. Felipe I y II.**

▪ **Túnel San Felipe II**

El cuerpo A del túnel inicia en la estación 14+502 y finaliza en la 14+751 con una longitud total (que incluye los túneles falsos) de 249 m; por su parte el cuerpo B inicia en la estación 14+502 y finaliza en la 14+750 con una longitud total de 248 m.



**Imagen 32. Longitud de cuerpos A y B. Túnel Sn Felipe II.**

El techo del cuerpo B del túnel estará a aproximadamente 17.6 m de profundidad a la entrada y a 15.28 m a la salida, en relación al perfil natural.



**Imagen 33. Profundidad del cuerpo B- Túnel Sn Felipe II**

El techo del cuerpo A estará a aproximadamente 12.4 m de profundidad a la entrada y a 11.5 m a la salida, en relación al perfil natural.

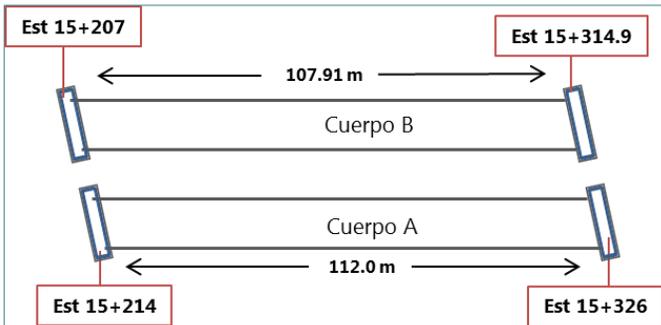


**Imagen 34. Profundidad del cuerpo A, Túnel Sn Felipe II**

La sección tipo en tangente es igual a la de San Felipe I.

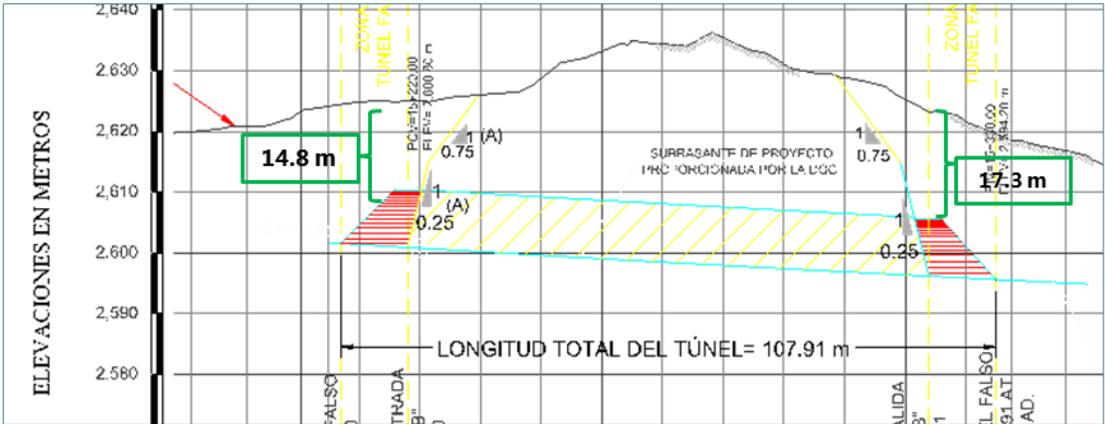
▪ **Túnel Santa Elena**

El cuerpo A del túnel inicia en la estación 15+214 y finaliza en la 15+326 con una longitud total (que incluye los túneles falsos) de 112 m; por su parte el cuerpo B inicia en la estación 15+207 y finaliza en la 15+314.9 con una longitud total de 107.91 m.



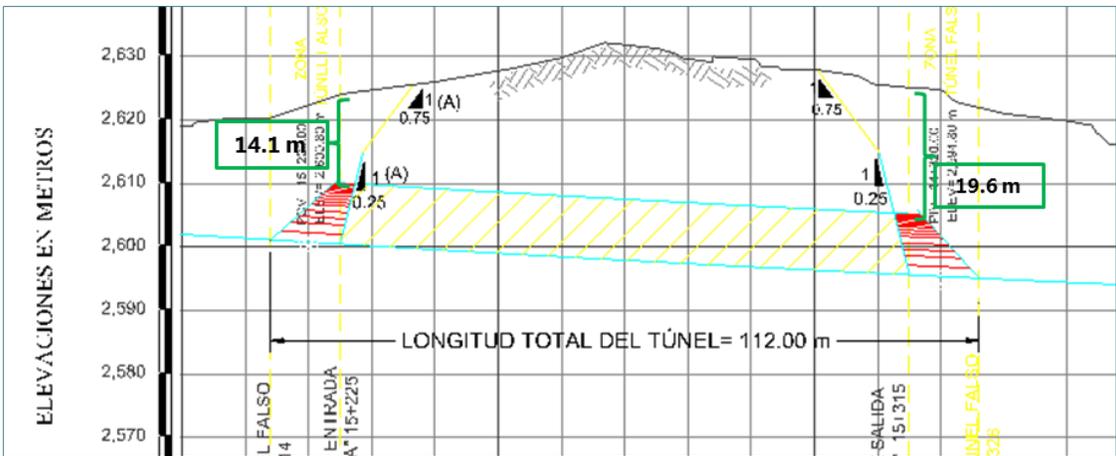
**Imagen 35. Longitud de cuerpos A y B. Túnel Santa Elena**

El techo del cuerpo B del túnel estará a aproximadamente 14.8 m de profundidad a la entrada y a 17.3 m a la salida, en relación al perfil natural.



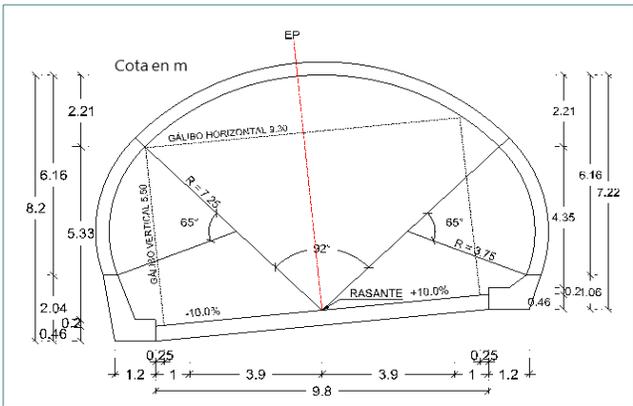
**Imagen 36. Profundidad del cuerpo B- Túnel Santa Elena**

El techo del cuerpo A estará a aproximadamente 14.1 m de profundidad a la entrada y a 19.6 m a la salida, en relación al perfil natural.



**Imagen 37. Profundidad del cuerpo A- Túnel Santa Elena**

El túnel Santa Elena tiene una sección en curva, la cual se muestra a continuación.



**Imagen 38. Sección tipo en curva – Túnel Santa Elena**

▪ **Túnel Vicente Guerrero**

El cuerpo A del túnel inicia en la estación 16+144 y finaliza en la 16+296 con una longitud total (que incluye los túneles falsos) de 152 m; por su parte el cuerpo B inicia en la estación 16+032 y finaliza en la 16+315 con una longitud total de 283 m.

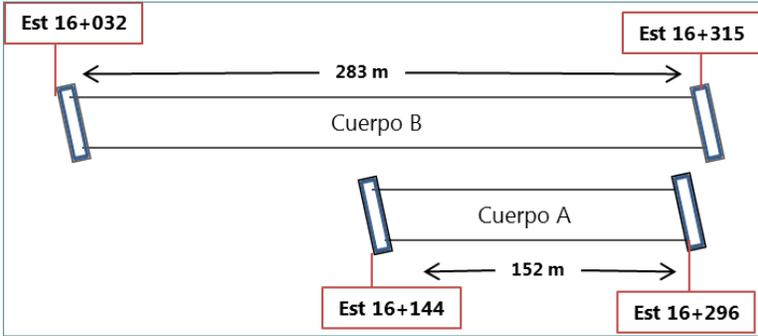


Imagen 39. Longitud de cuerpos A y B. Túnel Vicente Guerrero

El techo del cuerpo B del túnel estará a aproximadamente 34 m de profundidad tanto a la entrada como a la salida, en relación al perfil natural.

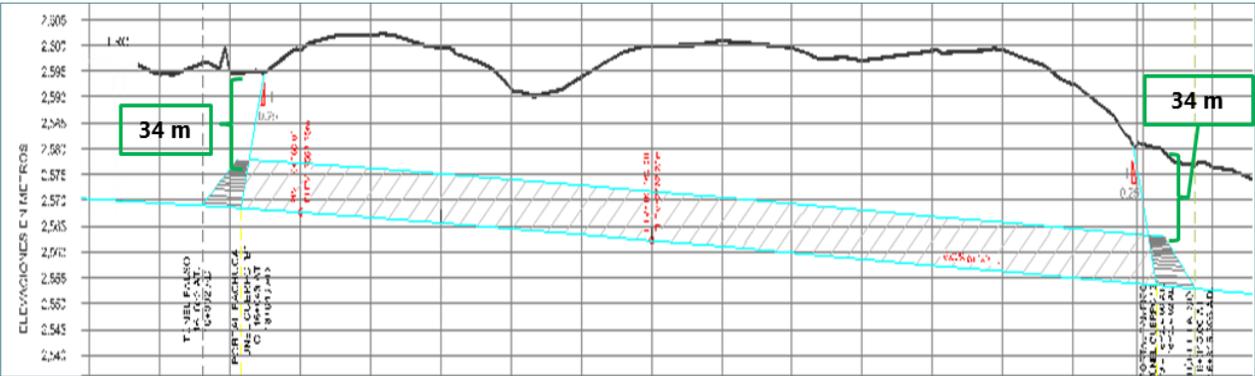


Imagen 40. Profundidad del cuerpo B- Túnel Vicente Guerrero

El techo del cuerpo A estará a aproximadamente 31 m de profundidad a la entrada y a 23 m a la salida, en relación al perfil natural.

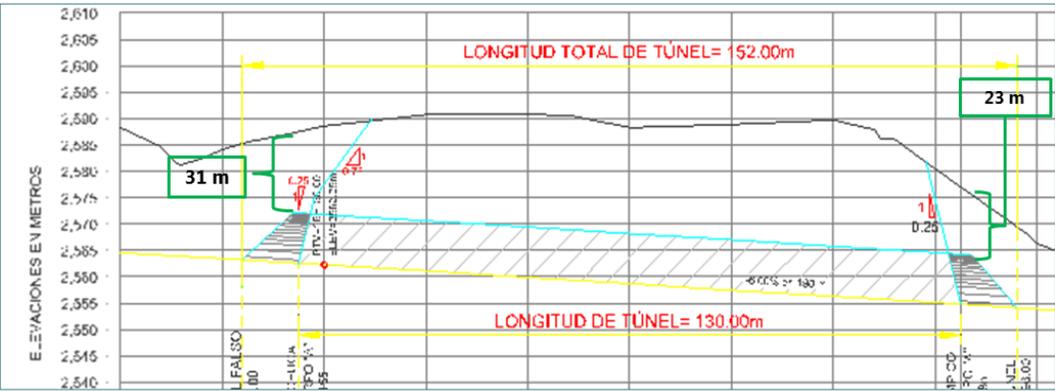
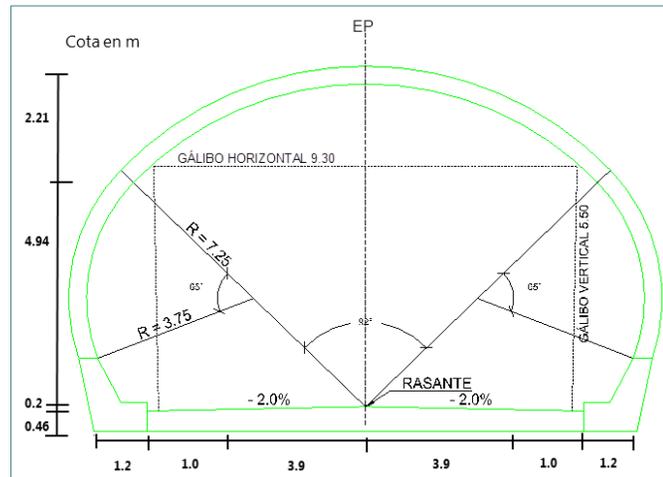


Imagen 41. Profundidad del cuerpo A- Túnel Vicente Guerrero

La sección en tangente para el túnel Vicente Guerrero se indica a continuación.



**Imagen 42. Sección tipo en tangente – Túnel Vicente Guerrero**

**e) Obras de drenaje menor**

El drenaje transversal da paso libre al agua que cruza de un lado al otro del camino o bien la retira lo más pronto posible de la corona, entre ellos están los tubos, losas, cajones, etc.; para este fin, el presente proyecto considera la instalación de 31 obras de drenaje menor.

La ubicación y características de las obras de drenaje menor, fueron obtenidas de la información proporcionada por el promovente; y se enlistan a continuación.

**Tabla 26. Ubicación de obras de drenaje menor**

Ubicación	Tipo
11+640	tubo de 1.20
12+308	tubo de 1.20
12+321.68	tubo de 1.50
12+360	2 tubos de 1.50
12+369.19	2 tubos de 1.50
12+380	tubo 1.20
12+510	tubo de 1.20
12+523.59	tubo de 1.20
13+285	tubo de 1.20
13+324.5	tubo de 1.20
14+253	tubo de 1.20
14+304.34	tubo de 1.20
14+480	tubo de 1.20
14+495.43	tubo de 1.20
15+189	tubo de 1.20
15+480	tubo de 1.20
15+880	tubo de 1.50

16+040	tubo de 1.20
16+800	tubo de 1.20
17+200	tubo de 1.50
17+600	tubo de 1.50
17+695	tubo de 1.20
17+810	tubo de 1.20
17+960	2 tubos de 1.50
18+276	2 tubos de 1.50
18+393	2 tubos de 1.20
18+660	bóveda de 4x4 m
19+165	losa de 4x2 m
19+280	bóveda de 1.5x1 m
20+120	bóveda de 2x2 m
20+317.97	bóveda de 3.5x3.5 m

### II.2.5 Obras asociadas

Las obras asociadas son necesarias para llevar a cabo algunas actividades relacionadas con la construcción del proyecto, tal es el caso de los bancos de material. De acuerdo a los requerimientos del proyecto geométrico será necesario emplear material de bancos, los cuales son responsabilidad de la empresa constructora y serán seleccionados por esta misma de acuerdo a su accesibilidad, evitando la apertura de caminos de acceso.

En este caso de acuerdo a la información proporcionada por el promovente, se tiene contemplado un banco de material para la conformación de las capas de terraplén, subyacente y subrasante.

**Tabla 27. Banco de material**

Banco	Cadenamiento	Ubicación	Volumen aprovechable m <sup>3</sup>	Uso
"sin nombre"	5+100	400 m a la derecha	70,000	Terraplén, subyacente y subrasante

En el caso de los bancos de tiro es similar, puesto que la empresa constructora será responsable de su selección y uso. Se recomienda fuertemente que las áreas seleccionadas estén desprovistas de vegetación y que sean sitios sin pendientes o pendiente mínima alejados de cauces ya sea permanente o intermitente a fin de evitar arrastre del material.

En caso de que el área elegida para cualquiera de los dos casos se encuentre dentro de una propiedad privada se debe contar con la autorización del propietario, así mismo deberá de contar con los permisos de la autoridad competente (federal, estatal y municipal) para su aprovechamiento y/o utilización.

Al momento de realizar este estudio, se identifica un banco para tiro, el cual deberá cumplir con las condiciones anteriormente mencionadas.

Tabla 28. Banco de tiro

Banco	Cadenamiento	Ubicación
"sin nombre"	5+100	400 m a la derecha

Otro tipo de obras asociadas al proyecto son los caminos de acceso, para los que en este caso la constructora será responsable de su selección, modernización o apertura. A este respecto se recomienda utilizar los caminos existentes y evitar en la medida de lo posible la apertura de nuevos caminos, sin embargo de ser necesario esto último, se reitera que será responsabilidad de la constructora contar con los permisos en materia ambiental por parte de la autoridad correspondiente (federal, estatal y municipal) así como con la autorización del propietario en caso de utilizar una propiedad privada.

## II.2.6 Etapas del proyecto

### II.2.6.1 Preparación del sitio

*Desmonte:* esta actividad comprende el retiro de vegetación dentro del trazo. Se recomienda utilizar para esta actividad equipo menor como moto-sierras y posteriormente realizar el trozado de las ramas y troncos separando los troncos para entregarlos a los propietarios de los predios y las ramas y hojas para su posterior uso en el arroje de taludes.

*Despalme:* ésta es la remoción de la capa superficial de tierra, generalmente se utiliza maquinaria pesada para levantar los primeros 30 cm de tierra; esta capa es rica en humedad y nutrientes por lo que se recomienda almacenar en sitios adecuados libre de escurrimientos para su posterior uso en arropes o reforestación.

*Instalación de obras provisionales:* en este momento se instalarán la oficina de campo, para lo que generalmente se utiliza un remolque acondicionado como oficina, el almacén de materiales y herramienta, el almacén de combustible y de residuos peligrosos y los sanitarios móviles.

### II.2.6.2 Construcción

*Drenaje menor (transversal):* consiste en la excavación a poca profundidad, 50-100 cm, para cimentar los estribos, pequeños muros laterales que soportarán una losa de concreto o bóveda de mampostería sobre la que se tiende el terraplén, o bien la limpia y reglado del fondo para colocar un tubo. Generalmente a los lados de estas pequeñas estructuras se coloca y compacta material pétreo en forma manual.

*Excavación en cortes:* se realizará el movimiento de material en las zonas de perfil alto de acuerdo a la topografía requerida para la carretera, ésta actividad se realiza con tractores.

*Acarreos:* el material proveniente de los cortes, dependiendo de su volumen y propiedades, será colocado a un costado del trazo o llevado con camiones de volteo a sitios de tiro o a las áreas donde se requiera la conformación de terraplenes.

*Terracerías:* el material útil proveniente de los cortes se lleva a las partes bajas del terreno donde es extendido y compactado, en algunos casos se requiere de riego para alcanzar el grado de compactación requerido.

*Pavimentación:* El pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento, cuya función es soportar la presión ejercida por los vehículos y transmitirla a las terracerías, distribuyéndola de manera que no produzca deformaciones en la superficie de rodamiento. Para su construcción se distribuyen y compactan capas de materiales de diferentes características:

- Sub-rasante, de un espesor de 30 cm sobre la capa final del terraplen, compactada al 100% de su peso volumétrico máximo. El material utilizado consiste en suelos naturales seleccionados o cribados con un diámetro máximo de 76 mm y 40% de humedad máxima.
- Sub-base, de 15 cm de espesor utilizando fragmentos de roca, gravas, arenas y limos, procedentes de bancos de material, se deben evitar los terrones de arcilla y materia orgánica; esta capa también se compacta al 100% de su peso volumétrico máximo seco.
- Base hidráulica, de un espesor de 20 cm utilizando materiales granulares como arenas, gravas y limos y compactando al 100% de su peso volumétrico máximo.

Posteriormente se realiza un riego de impregnación con asfalto rebajado para favorecer la adherencia con la carpeta asfáltica, además se aplica un riego del material asfáltico FM-1 por medio de un petrolizadora. A continuación se realiza el riego de liga con producto asfáltico FR-3, finalmente se construye la carpeta de concreto asfáltico; como fin del proceso se realiza un riego de sello con material asfáltico y se cubre con material pétreo a fin de protegerla del desgaste y proporcionar una superficie anti-derrapante.

*Obras de drenaje longitudinal* Para la formación de las cunetas se excavan zanjas en uno o ambos lados del camino, que conducirán los escurrimientos de agua provenientes de la corona y lugares adyacentes, hacia un sitio determinado donde no provoquen daño por arrastre de sedimentos; los bordillos también protegen el camino de los escurrimientos de agua, éstos se construyen con concreto hidráulico donde sea indicado por el proyecto.

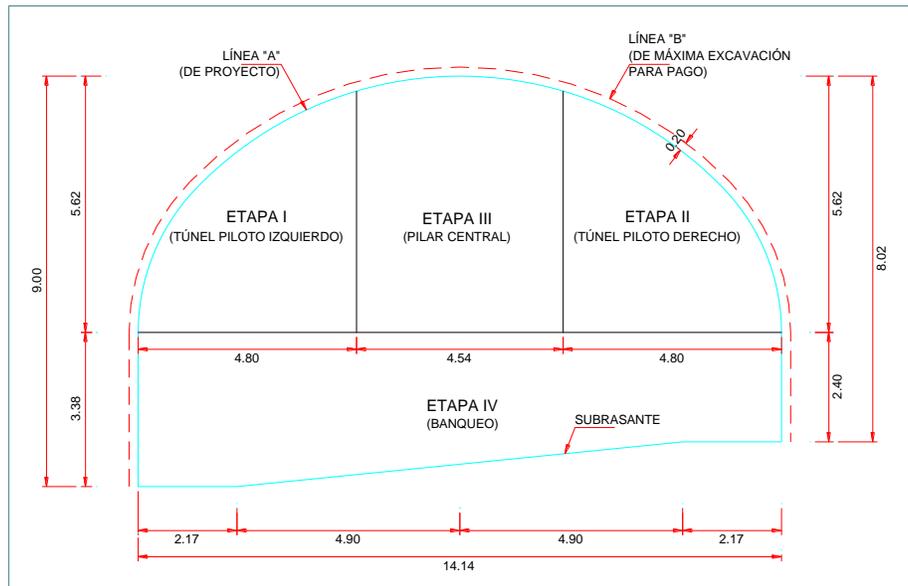
#### *Construcción tipo de Túneles:*

Etapas "cero" (excavación de ambos portales del túnel).

1. Excavación del túnel piloto izquierdo con avance de 2.40 m. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.20 m de espesor colocado en dos capas de 0.10 m o en tres capas de 0.06 a 0.07 m de espesor.
2. Excavación del túnel piloto derecho con avance de 2.40 m. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.20 m de espesor colocado en dos capas de 0.10 m o en tres capas de 0.06 a 0.07 m de espesor.
3. Desborde del pilar central con avance de 2.40 m. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.20 m de espesor colocado en dos capas de 0.10 m o en tres capas de 0.06 a 0.07 m de espesor.
4. Colocación de rastras y parte superior de marcos de acero en cada avance del paso 3. Los marcos deberán quedar retacados perfectamente contra la roca, mediante cuñas de madera o metálicas. Las cuñas de apoyo deberán tener una separación máxima entre sí de 1.75 m. Relleno entre marcos de acero con concreto simple de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ , este se podrá realizar al finalizar la colocación de todos los marcos, o por tramo. En cada 5.0 u 8.0 m de avance, colocación de una nueva línea de anclas tipo "jaula de ardilla" traslapando 1.0 m con la línea de anclas anterior.
5. Excavación de parte inferior de túnel (banqueo) hasta nivel de Subrasante, con avances de 3.0 m. Opcionalmente se puede banquear a parte central del túnel sin restricción en distancia de avance

y posteriormente se excavan los extremos. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.20 m de espesor colocado en dos capas de 0.10 m o en tres capas de 0.06 a 0.07 m de espesor.

- Colocación de la parte inferior de los marcos de acero (postes) en cada avance del paso 5, evitando dejar más de 3.0 m de la rastra sin apoyo de postes. Relleno entre postes con concreto simple de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ . Esta actividad se podrá realizar al concluir la colocación de postes en todo el tramo o en forma alternada.

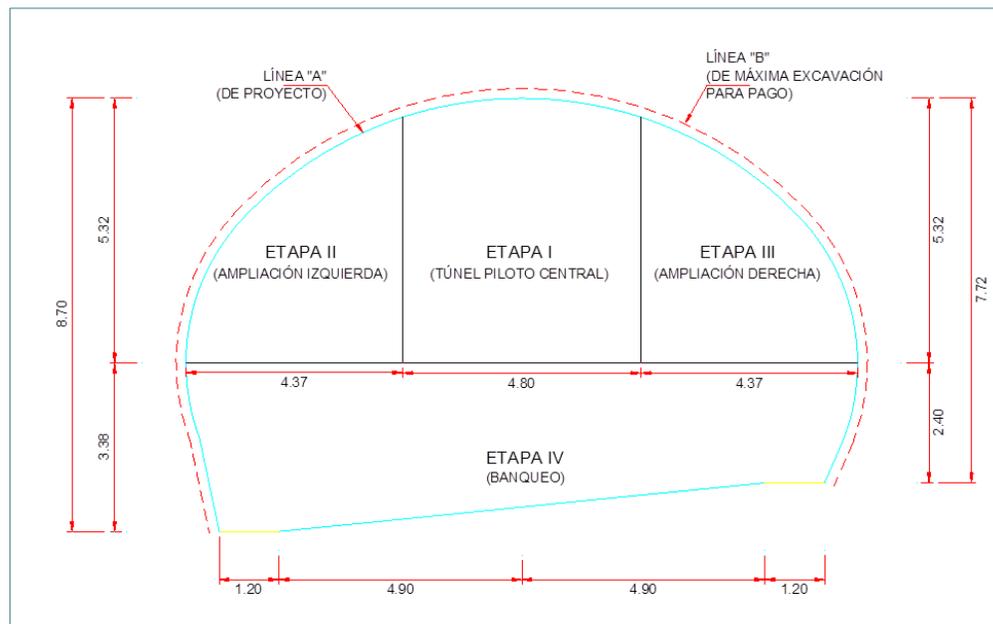


**Imagen 43. Proyecto de excavación en portales**

Etapa de excavación en zona central.

- Excavación de túnel piloto central con avance de 3.60 m. la longitud de avance de excavación se podrá ampliar hasta un máximo de 4.50 m si las condiciones geológicas en bóveda y frente de excavación son favorables. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.15 m de espesor colocado en dos capas de 0.07 a 0.08 m. se deberán colocar escantillones o testigos en la roca para medir y verificar el espesor requerido de concreto lanzado. Se recomienda cubrir con concreto lanzado parte de las paredes del túnel piloto. Instalación de anclas de fricción de 1" de diámetro y 6.0 m de longitud a cada 1.20m en posición normal a la bóveda. En sentido longitudinal se colocarán 4 y 5 piezas alternadamente (disposición tresbolillo) a cada 1.20 m. las anclas y el concreto lanzado se colocarán lo más cercano posible al frente de excavación.
- Desborde lateral con avances de 3.60 m, los cuales se podrán prolongar hasta 4.50 m (máx.) si las condiciones geológicas son favorables. El desborde se podrá realizar indistintamente del lado izquierdo o el derecho, pero no se recomienda excavar simultáneamente ambos lados si las condiciones geológicas son desfavorables. Colocación de concreto lanzado con las características y recomendaciones indicadas en el paso 1. Instalación de anclas de fricción con las mismas características enunciadas en el paso 1.
- Desborde lateral con avances de 3.60 m, los cuales se podrán prolongar hasta 4.50 m (máx.) si las condiciones geológicas son favorables. Colocación de concreto. Colocación de anclas de fricción con las mismas características enunciadas en el paso 1. El total de anclas en cada sección será de 11 y 12 piezas, alternadamente (disposición tresbolillo), la separación entre secciones de anclas será de 1.20 m.

4. Excavación de parte inferior del túnel hasta nivel de Subrasante, en la etapa de banqueo no hay restricción en la longitud de avance. Opcionalmente se puede excavar la parte central del banqueo en todo el tramo y posteriormente realizar la excavación de los extremos para perfilar e forma adecuada el paño definitivo de paredes y evitar sobreexcavación. Colocación de concreto lanzado con fibras de acero de 0.15 m de espesor colocado en dos capas de 0.07 a 0.08 m. también se deberá reponer el concreto que se hubiese dañado o desprendido como consecuencia de la excavación del banqueo.



**Imagen 44. Proyecto de excavación en zona central**

**Nota:** el avance de excavaciones depende de las condiciones geológicas de cada túnel, por lo que para describir el procedimiento constructivo general, se tomó como ejemplo el caso del túnel Santa Elena.

*Paso Inferior Vehicular (proceso constructivo tipo):*

Se construyen las traveses reforzadas pretensadas (normalmente) a un lado de donde se construirá el puente, conjuntamente se realiza la excavación para el desplante de la cimentación.

Se procede al armado de la cimentación y cabezal, para esto se coloca una platilla de concreto simple de  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$  y se construyen las zapatas. Se realiza el colado del cabezal y topes sísmicos longitudinales y transversales. Se colocan neoprenos sobre el cabezal y se coloca la cimbra de fondo de diafragma. Se habilita y arma el acero inferior del diafragma, donde se montan las traveses; una vez montadas se termina el habilitado y armado de los diafragmas para iniciar el colado de los mismos.

Terminados los diafragmas, se cuela la losa dando los espesores indicados en el proyecto y dejando las cajas en cada extremo longitudinal de la losa, para alojar las juntas de dilatación. Se procede al armado y colado de guarniciones e instalación de parapetos. Se instalan las juntas de dilatación (tipo MEX-T-50). Se realiza el riego de liga. Las losas de acceso se colocan sobre el relleno compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo, la carpeta asfáltica se coloca a manera de corregir cualquier defecto de nivelación de la losa a fin de obtener una superficie continua sin hondonadas o lomas.

*Viaductos (proceso constructivo tipo)*

1. Excavación en roca a nivel según proyecto para desplante de cimentación.
2. Habilitado, armado y construcción de cimentación y cabezal. Se colocará la plantilla de concreto simple, se procederá a la construcción de las zapatas dejando anclado el refuerzo del cabezal antes de iniciar el colado. Después se construirá el cabezal.
3. Habilitado, armado y construcción de cabezal y topes sísmicos, longitudinales y transversales. El colado deberá realizarse de forma monolítica. Se construirá el cabezal, dejando anclado el refuerzo de los aleros.
4. La superestructura se podrá apoyar en los cabezales cuando la resistencia del último colado de las coronas sea del 90% del  $f'c$  y no antes de 21 días.
5. Colocación de neoprenos sobre cabezal.
6. Colocación de fondo de la cimbra del diafragma de madera del mismo espesor de los neoprenos.
7. Protección de neoprenos y cimbra de fondo de diafragma con lona.
8. Habilitado y armado de acero inferior del diafragma, bajo las trabes.
9. Montaje de trabes reforzadas Tipo I sobre calzas de madera apoyados sobre topes longitudinales y colocación de crucetas en trabes para su fijación.
10. Montaje de trabes.- Las trabes se transportarán invariablemente con el alma vertical y apoyándolas exclusivamente en la zona de sus extremos sin acuñar ni introducir apoyo intermedio alguno. Los cables o tirantes para izar las trabes, se conectarán únicamente a los extremos de estas, en los ganchos de izado.
11. Se tomarán todas las precauciones del caso, para evitar el pandeo durante el montaje de las trabes, el colado de los diafragmas y de las losas.
12. Una vez montadas las trabes, se procede a terminar el habilitado y armado de los diafragmas. Terminado el habilitado y armado de los diafragmas se procede a cimbrar los diafragmas para posteriormente iniciar el colado de los mismos. Una vez colado el diafragma y ya que el concreto ha alcanzado una resistencia mínima del 90% se procederá al descimbrado y retiro de calzas.
13. Habilitado, armado y solado de losa sobre trabes reforzadas y diafragmas. Una vez colocados las trabes y terminados los diafragmas se hará el colado de la losa, debiéndose tener cuidado en dar los espesores de losa indicados en el proyecto y dejar las cajas en cada extremo longitudinal de la losa antes del colado, para alojarlas juntas de dilatación, según se indica en los planos respectivos.
14. Habilitado, armado y colado de guarniciones y remate de parapeto metálico. Instalación de parapetos.
15. Colocación de riego de liga sobre la calzada del puente.
16. Limpieza de la obra se abrirá al tránsito vehicular en cuanto el concreto estructural de la última etapa de colado haya adquirido el 80% de su  $f'c$  de proyecto.

*Señalamientos.* La actividad consiste, como su nombre lo indica, en colocar los señalamientos requeridos a lo largo del tramo, ya sean verticales u horizontales y de los tipos preventivo, informativo, y restrictivo.

**II.2.6.3 Operación y mantenimiento**

Una vez en operación, el camino permitirá una circulación vehicular a una velocidad de 80 a 90 km/h en los tramos con sección A4 y A4s. Por el tipo de proyecto no se identifica una cadena de procesos para su operación, sólo se identifican periodos, que se presentan de manera cíclica, en los que el flujo vehicular aumenta (periodos vacacionales) si bien la vialidad está en servicio las 24 horas los 365 días del año.

En cuanto a la seguridad en la vialidad, el servicio de vigilancia está a cargo de la Policía Federal Preventiva y a través de ésta, el servicio médico emergente. Las contingencias mayores ocasionadas por accidentes

de tráfico o fenómenos naturales son atendidos de diversas formas, desde el envío de grúas hasta la intervención de policías, paramédicos, ejército, etc., dependiendo del caso.

Como Conservación rutinaria para obras de drenaje se tiene en general la limpieza de cunetas, alcantarillas, lavaderos, etc., de acuerdo al Libro de Conservación parte 2, Título 1 de la Normativa SCT. En cuanto al pavimento (Título 2) se tiene la limpieza de la superficie de rodamiento, sellado de grietas y bacheos. En el caso de los señalamientos (Título 5) se verificará en estado y en su caso se repondrán las marcas en el pavimento, en guarniciones, se limpiarán las señales verticales, las defensas y barreras centrales, etc. Para el caso de los puentes y viaductos se realizará la limpieza de las juntas de dilatación, parapetos, drenes, estribos, pilas, etc., de acuerdo al Título 3 (capítulos 1 al 4)<sup>1</sup>; para las estructuras de los túneles se realizarán los trabajos indicados en el Título 4 (impermeabilización de revestimiento y limpieza de paredes y bóvedas)<sup>2</sup>.

Como Conservación periódica en el caso de obras de drenaje, se llevaría a cabo la reparación de alcantarillas, lavaderos, bordillos, etc., de acuerdo al Libro de Conservación parte 3 Título 1 de la Normativa SCT. En el caso del pavimento (Título 2) se realiza la reparación de las capas de rodadura reponiendo el material que se haya levantado, conocido como bacheo el cual se realiza en áreas pequeñas, en otros casos puede ser un área extensa, con lo que se requeriría de la pavimentación. Para el puente y viaductos (Título 3) se realiza la reparación de grietas, resanes en elementos de concreto, etc., de acuerdo a las normas correspondientes. Finalmente, la conservación periódica para los túneles incluye el relleno de oquedades y reposición de drenes longitudinales (Título 4) de acuerdo a las normas correspondientes.

Estas actividades de mantenimiento son realizadas de forma permanente por brigadas organizadas por la entidad operadora de las carreteras, en caso de actividades excepcionales o de gran volumen se recurre al contrato de empresas especializadas.

#### ***II.2.6.4 Limpieza del sitio***

No se considera una etapa de desmantelamiento y abandono del proyecto, en cambio, se estima que con las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo se podrá mantener la utilidad de la carretera hasta un periodo de 30 años o más.

Sin embargo en esta etapa se realizan las actividades para desmantelar las obras provisionales y para la limpieza general del sitio. Esto quiere decir que progresivamente conforme se vayan terminando las actividades se desmantelará: la obra falsa de madera, la oficina de campo, el almacén de materiales y herramientas, el almacén de combustibles y lubricantes, el almacén de residuos peligrosos y los sanitarios móviles.

#### **II.2.7 Requerimientos de personal e insumos**

Se considera que para la ampliación del camino, será necesaria una planta de trabajo de 130 personas para laborar en las diferentes etapas del proyecto, la cantidad de personal por puesto y tipo de mano de obra se muestra a continuación.

<sup>1</sup> N.CSV.CAR.2.03.001/01; N.CSV.CAR.2.03.002/01; N.CSV.CAR.2.03.003/01; N.CSV.CAR.2.03.004/01

<sup>2</sup> N.CSV.CAR.2.04.001/01; N.CSV.CAR.2.04.002/01

Tabla 29. Personal requerido

Cantidad	Puesto	Etapas del proyecto	Tipo de mano de obra	Tipo de empleo	Disponibilidad local
1	Superintendente de obra	Todas	Calificada	Temporal	No
3	Residente de obra	Todas	Calificada	Temporal	Sí
3	Sobrestante	Todas	No calificada	Temporal	Sí
3	Cabo de obra	Construcción	No calificada	Temporal	Sí
1	Supervisor ambiental	Todas	Calificada	Temporal	No
1	Residente de maquinaria	Todas	Calificada	Temporal	Sí
1	Cuadrilla de mecánicos	Todas	Calificada	Temporal	Sí
8	Operador de maquinaria mayor	Todas	Calificada	Temporal	Sí
8	Operador de maquinaria menor	Todas	Calificada	Temporal	Sí
4	Chofer	Todas	No calificada	Temporal	Sí
2	Cuadrilla de topografía	Todas	Calificada	Temporal	Sí
3	Cuadrilla de herrería	Construcción	Calificada	Temporal	Sí
3	Cuadrilla de albañilería	Construcción	Calificada	Temporal	Sí
3	Carpintero de obra negra	Construcción	Calificada	Temporal	Sí
3	Cuadrilla de pintores	Construcción	Calificada	Temporal	Sí
35	Ayudante general	Todas	No calificada	Temporal	Sí

*Se indica con NO en la columna de disponibilidad local, al personal que se considera deberá viajar desde una población fuera del SAR, hasta el área del proyecto.*

*Se consideraron cuadrillas de 5 personas.*

En cuanto a los insumos se considera lo siguiente:

1. Para servicio del personal no será necesaria la instalación de campamentos puesto que el personal contratado provendrá de las localidades cercanas, o en su caso podrá alojarse en estas comunidades. Se requerirá de agua para consumo del personal en un promedio de 0.7 m<sup>3</sup>/d.
2. Para las actividades de compactación será requerida agua cruda, transportada por medio de pipas y adquirida en sitios establecidos para ello o bien tomada de aprovechamientos cercanos, autorizados previamente por la CONAGUA.
3. Material para la sub-base y base de la superficie de rodamiento, cuyo volumen será calculado de acuerdo al diagrama de curva de masa y será acarreado de las zonas de corte o bien de los bancos de material autorizados para su aprovechamiento.
4. Equipo menor y herramientas tales como: Vibrador de concreto, carretillas, palas, guantes, llaves, pinzas, etc.
5. Material diverso como: Concreto, acero de refuerzo, madera, clavos, alambre en diferentes calibres, refacciones automotrices para reparaciones menores, pintura, etc.; los cuales serán utilizados en la etapa de construcción en cantidades de acuerdo al diseño de las estructuras proyectadas.
6. Combustible y aceites para la operación de vehículos y maquinaria, estos serán abastecidos por las estaciones de combustible cercanas y resguardados en el almacén temporal debidamente instalado.

En cuanto a la etapa de operación, no serán necesarios insumos de ningún tipo, debido a que por su naturaleza, el proyecto no lo requiere. Sin embargo en el caso de las actividades de mantenimiento, serán necesarios diversos materiales, dependiendo del tipo y grado de mantenimiento o reparación que se realice en la carretera; estos materiales pueden incluir: pintura, cemento, arena, madera, agua, y en el caso de requerir maquinaria o equipo: combustibles y personal capacitado para su manejo.

## **II.2.8 Generación de residuos**

### ***II.2.8.1 Preparación del sitio y construcción***

- Existirá material sólido sobrante del desmonte y despalme, esto es, ramas y hojas del primero, y suelo orgánico del segundo.
- Desechos sólidos de tipo doméstico generados por los trabajadores como desechos orgánicos, botellas, papel y plástico de embalaje de alimentos, etc.
- Desechos pétreos, originado por variadas causas en los diferentes frentes de construcción, principalmente acarreo en demasía, derrumbes en cortes, etcétera.
- Desechos líquidos, principalmente de tipo sanitario, originado por la eliminación de excretas provenientes de los empleados de la construcción, en los sanitarios portátiles instalados.
- Eventualmente pudiese haber desechos líquidos de tipo doméstico por parte de las actividades de comedor ya que se prevé que los trabajadores preparen sus alimentos en el sitio, el volumen de los mismos no es significativo, de 20 a 30 litros diarios por frente de trabajo; dicha agua puede ser vertida en zonas aledañas puesto que no representa un riesgo de contaminación a aguas superficiales ni subterráneas.
- También se tendrán desechos líquidos originados por los servicios de engrase, lubricación y cambios de aceite a la maquinaria, dicha actividad se realiza con camiones acondicionados con recipientes para la recepción de los lubricantes usados así como con los dispositivos para servir los lubricantes nuevos. En la propia unidad se deberán transportar las grasas y lubricantes utilizados hasta colocarlos en el almacén temporal de residuos peligrosos.
- Existirá emisión a la atmósfera por parte de los motores de combustión interna que impulsan la maquinaria de construcción y los camiones de acarreo (materialistas), estos motores trabajan, en su gran mayoría, con base a diesel como combustible.
- También durante el ataque, carga, transporte y acomodo de los materiales pétreos que forman la terracería puede darse la emisión de polvo.

### ***II.2.8.2 Limpieza del sitio***

- En esta etapa se espera la generación de pedacería de madera proveniente del desmantelamiento de la estructura de cimbra y de las bodegas provisionales.
- Pedacería de alambre, clavos, cartón.
- Pueden ocurrir derrames accidentales de combustible y lubricantes en las áreas utilizadas como patio de maquinaria, en este caso, el suelo afectado por estos eventos deberá ser removido en esta etapa y dispuesto en tanques cerrados para su disposición y tratamiento final.

### ***II.2.8.3 Operación y mantenimiento***

- Desechos de tipo pétreo, depositados sobre la superficie de rodamiento, originados por polvo acarreado por el viento y por el desgaste de superficies de fricción de los vehículos así como del pavimento. Estos desechos periódicamente deberán limpiarse principalmente barriendo los acotamientos y disponiendo de los desechos en bancos de tiro.
- Se consideran los desechos arrojados por los usuarios de la vialidad, o arrastrados por el viento, los cuales sería desechos urbanos del tipo papel, plásticos, vidrio; éstos podrían ocasionar anegaciones en las cunetas y contra-cunetas por lo que es importante su limpieza durante las actividades de mantenimiento.
- También se tienen desechos de tipo sólido orgánico producidos al limpiar la vegetación de taludes y otras partes del derecho de vía. Dicha vegetación deberá trasladarse a sitios específicos dentro del derecho de vía donde se conviertan en composta que posteriormente puede ser utilizada como abono.
- Las actividades de mantenimiento podrían generar residuos como material de embalaje, polvo y emisiones de gases de combustión en caso de utilizarse maquinaria.

III. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES	3
III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	3
III.2. Disposiciones legales de orden federal	4
III.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGEEPA)	4
III.2.3. Ley General de Vida Silvestre. (LGVS)	9
III.2.4. Ley General de Cambio Climático. (LGCC)	11
III.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	12
III.2.6. Ley de Aguas Nacionales	15
III.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	17
III.2.8. Ley de Planeación	19
III.3. DISPOSICIONES EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA.	20
III.3.1. Ley de Vías Generales de Comunicación	20
III.3.2. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal	20
III.4. DISPOSICIONES DE ORDEN LOCAL.	21
III.4.1. Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo	21
III.5. Ordenamientos Ecológicos Territoriales.	22
III.5.1 Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	22
III.5.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo.	25
III.5.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Valle Pachuca-Tizayuca	33
III.6. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.	39
III.7. PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO.	39
III.7.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2012-2018	40
III.7.2. Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018.	41
III.7.3. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes (PSCT) 2013-2018.	42
III.7.2. Programa de Inversiones en Infraestructura de Transportes y Comunicaciones (PIITC) 2013-2018	43
III.8. PLANES ESTATALES DE DESARROLLO.	43
III.8.1. Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 (actualización)	43
III.8.2. Programa Sectorial de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial (PSOPOT) 2011-2016 (actualización)	44
III.9. PLANES MUNICIPALES DE DESARROLLO.	46
III.9.1. Plan Municipal de Desarrollo de Mineral del Monte 2012-2016	46
III.9.2. Plan Municipal de Desarrollo de Omitlán De Juárez 2012-2016	47

III.10. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.	47
III.10.1. Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	48
III.10.2. Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	50
III.11. CONCLUSIONES	53

### **III. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES**

El contenido del presente capítulo tiene la finalidad de describir los diversos ordenamientos jurídicos de carácter federal, estatal y municipal que regulan las actividades que el proyecto pretende realizar y que por su ubicación, dimensión y características, se requiere establecer el nivel de concordancia entre las actividades a realizar y las diversas disposiciones con validez oficial, lo anterior con la finalidad de sujetarse a los lineamientos establecidos por cada una de ellas, y así tener la viabilidad y certeza jurídica de que existe una entera concordancia entre los objetivos planteados por las diversas disposiciones aplicables y los propios objetivos del proyecto, de tal manera que se tenga la certidumbre jurídica necesaria sobre la viabilidad del proyecto en materia ambiental, contribuyendo a lograr un medio más sustentable a corto, mediano y largo plazo. En consecuencia, y para fines del presente capítulo, se presenta la observancia en primer término y por orden jerárquico, de la Carta Magna de la República Mexicana, para así después dar paso a las diferentes disposiciones legales aplicables.

#### **III.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.**

*Última reforma DOF el 07 de julio de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 4 Párrafo Sexto; Artículo 27 Párrafo Tercero y Quinto y Artículo 73 fracciones XVII, XXIX-C y XXIX-G.*

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos otorga a sus ciudadanos un conjunto de derechos, entre los cuales están los de carácter social, dentro de los cuales se incluye el derecho que tiene toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, teniendo el Estado la responsabilidad de garantizar tal derecho a la población. Por lo tanto, la Nación tiene en todo momento el derecho de regular en beneficio de la sociedad, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana; en consecuencia, podrá dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

Además, corresponde a la Nación la propiedad de las aguas de los mares territoriales, las aguas marinas interiores, las de las lagunas, esteros, lagos y ríos en la extensión y términos que fije la propia ley. De lo anterior se desprende que el Congreso de la Unión tiene facultad para legislar sobre vías generales de comunicación, sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal; y para establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de asentamientos humanos, de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Derivado de lo anterior, y en función de que de la Carta Magna emanan todas aquellas disposiciones legales que regulan en específico actividades, derechos y obligaciones, se presenta el análisis de todos aquellos instrumentos jurídicos que son de observancia obligatoria para el proyecto en cuestión, iniciando con las leyes de orden federal, como son, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA); la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento (RLGDFS); la Ley General de Vida

Silvestre (LGVS) y su Reglamento (RLGVS); la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento (RLGPGIR) y; la Ley General de Cambio Climático (LGCC), entre otros; de igual forma, se presenta la observancia de los Programas de Ordenamientos Ecológicos Territoriales (POET) y de los demás instrumentos de política ambiental de orden local, así como, los de desarrollo urbano aplicables, para así, concluir con las normas oficiales mexicanas.

## **III.2. Disposiciones legales de orden federal**

### **III.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGEEPA)**

*Última reforma DOF el 16 de enero de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 fracciones I, III y V; Artículo 5 fracciones X y XI; Artículo 15 fracción IV; Artículo 28 fracciones I y VII y Artículo 30*

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; así como, el aprovechamiento sustentable, la preservación y restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas, entre otros.

Establece entre otras, que son facultades de la federación la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes; así como, la regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de las aguas nacionales, de la biodiversidad, de la fauna y demás recursos naturales.

Señala asimismo, que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las obras o actividades señaladas en la ley requerirán previamente de la autorización en materia de impacto ambiental de la secretaría.

De manera que, para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

#### ***III.2.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA)***

*Última reforma DOF 31 de octubre de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1, Artículo 2, Artículo 3 fracciones I TER, XIII y XIV; Artículo 4 fracción I, Artículo 5 incisos B) y O) fracción I y Artículo 14.*

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal. Establece que la aplicación de éste compete al ejecutivo federal por conducto de la secretaría de medio ambiente y de recursos naturales, de conformidad con las disposiciones legales y reglamentarias en la materia.

Para los efectos del presente reglamento se consideran las siguientes definiciones:

- “Cambio de uso de suelo” como la modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación”;
- “Medidas de prevención” el conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente” y;
- “Medidas de mitigación” el conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

De igual modo, refiere que compete a la secretaría: evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento. Por dicho motivo, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras o actividades de las señaladas por éste reglamento requerirán previamente de la autorización de la secretaría en materia de impacto ambiental.

Además, establece que cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.

**ARGUMENTACIÓN:** El proyecto comprende la apertura y construcción de una vía general de comunicación, misma que para su ejecución requiere de la remoción de vegetación forestal, lo que implica un cambio de uso de suelo de áreas forestales, es decir, para el desarrollo del proyecto es necesario modificar de forma permanente la vocación natural de los terrenos forestales ahí presentes para instalar una carretera de 10.2 km de longitud que corresponde al subtramo Real del Monte-Entronque Huasca de la carretera Pachuca Huejutla en el Estado de Hidalgo.

Por dicho motivo, en cumplimiento a lo que establece el Artículo 28 fracciones I y VII de la Ley (LGEEPA) y Artículo 5 incisos B) y O) del Reglamento (REIA) se somete ante la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA) el presente manifiesto (MIA-R) para su análisis y dictaminación correspondiente en materia de evaluación del impacto ambiental (EIA) con la finalidad de encontrarse el promovente en aptitud de poder llevar a cabo las obras y actividades que comprende el proyecto carretero.

De igual forma, es importante mencionar que con la finalidad de prevenir, atenuar y/o compensar los impactos ambientales que se podrían generar con el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto, en el contenido del capítulo VI del presente manifiesto (MIA-R) se presentan las medidas de mitigación para

cada factor ambiental. Lo anterior, en observancia a lo que establece el Artículo 15 fracción IV de la LGEEPA y que a la letra dice: "quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique..."

De ahí que, en cumplimiento a lo que establecen estas disposiciones jurídicas ambientales (LGEEPA y REIA), se reitera una vez más que, por su ubicación, dimensión, características y alcance, el proyecto requiere ser evaluado por la SEMARNAT mediante la presentación de una MIA-R por los trabajos de construcción de una vía general de comunicación, misma que de igual modo, involucra un cambio de uso de suelo de áreas forestales.

### **III.2.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)**

*Última reforma DOF 07 de junio de 2013.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1; Artículo 2 fracción I; Artículo 7 fracciones V, XLII y XLVIII; Artículo 16 fracción XX; Artículo 58 fracción I; Artículo 63; Artículo 117 y Artículo 118.*

La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad corresponda a los pueblos y comunidades indígenas se observará lo dispuesto por el artículo 2 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Establece como uno de sus objetivos el de contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales, así como de las cuencas y ecosistemas hidrológico forestales, sin perjuicio de lo previsto en otros ordenamientos.

Para los efectos de esta Ley se entenderá como:

- "Cambio de uso de suelo en terreno forestal" la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales.
- "Terreno forestal" el que está cubierto por vegetación forestal.
- "Vegetación forestal" el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.

De igual forma, entre las atribuciones de la secretaria de medio ambiente y recursos naturales en materia forestal establece la siguiente: "expedir, por excepción las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales". Por dicho motivo, corresponderá a la Secretaría otorgar dicha autorización, misma que solo se otorgarán a los propietarios de los terrenos y a las personas legalmente facultadas para poseerlos y usufructuarlos; además, cuando la solicitud de una autorización en materia forestal sobre terrenos propiedad de un ejido, comunidad o comunidad indígena sea presentada por un tercero, éste

deberá acreditar el consentimiento del núcleo agrario mediante el acuerdo de asamblea que lo autorice, de conformidad con la Ley Agraria.

De ahí que, la Secretaría 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 que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especie de la vegetación forestal afectada y su adaptación al nuevo hábitat. Dichas autorizaciones deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables

De igual forma, los interesados en el cambio de uso de terrenos forestales, deberán acreditar que otorgaron depósito ante el Fondo, para concepto de compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

### ***III.2.2.1. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)***

*Última reforma DOF el 31 de octubre de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1, Artículo 2 fracción V; Artículo 120 y Artículo 121.*

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración.

Para efectos del presente reglamento, además de la terminología contenida en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, se entenderá por:

- “Bosque” la vegetación forestal principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados, categoría que incluye todos los tipos de bosque señalados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

También, este Reglamento establece que para solicitar la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:

- I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;
- II. Lugar y fecha;
- III. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y
- IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar.

Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.

Para terminar, este ordenamiento establece que para efectos de los dispuesto en el párrafo cuarto del artículo 117 de la Ley, la Secretaría incluirá en su resolución de autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, mismo que estará obligado a cumplir el titular de la autorización. La Secretaría deberá de integrar el programa, con base en la información sobre las medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, referidos en la fracción VIII del artículo 121 de este Reglamento.

Con base en la información proporcionada por el interesado en el estudio técnico justificativo, el programa deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.

**ARGUMENTACIÓN.** El proyecto pretende obras y/o actividades que implican efectuar acciones de desmonte y despálme (remoción de vegetación) en áreas con presencia de vegetación forestal. Lo antes expuesto, en materia forestal representa realizar un cambio de uso de suelo de áreas forestales, por la modificación de la vocación natural de la superficie a utilizar para ser destinado de forma definitiva a actividades no forestales, en este caso, por la instalación de una vía general de comunicación de modo permanente y, de manera temporal, por las obras provisionales y asociadas que requiere el proyecto para su ejecución.

La superficie total de vegetación forestal que se pretende remover, así como la forma en que se llevaran a cabo las obras y/o actividades planteadas, se describen de manera específica en el contenido del Capítulo II de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.

De ahí que, el proyecto deberá solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, mediante el formato que expida la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y, presentar junto a ésta, el estudio técnico justificativo, el cual, para ser autorizado en materia forestal deberá dar cumplimiento a lo que establece el Artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y Artículos 120 y 121 de su Reglamento.

Por lo anteriormente fundado y motivado, se prescriben estas disposiciones, dado que ambas son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional y tienen por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, permitiendo esgrimir los conceptos vinculables al cambio de uso de suelo de terrenos forestales que brindan certeza jurídica y viabilidad al desarrollo del proyecto en comento.

### **III.2.3. Ley General de Vida Silvestre. (LGVS)**

*Última reforma DOF el 19 de marzo de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1, Artículo 2, Artículo 3 fracciones I, II, IX, XX y XXVII; Artículo 4, Artículo 5 fracciones I y II; Artículo 19 y Artículo 29.*

La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentario del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por las leyes forestales y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.

Establece que en todo lo no previsto por la presente Ley, se aplicarán las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.

Para efectos de esta Ley se entenderá por:

- "Aprovechamiento Extractivo" la utilización de ejemplares, partes o derivados de especies silvestres, mediante colecta, captura o caza.
- "Aprovechamiento No Extractivo" las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres.
- "Conservación" la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo.
- "Especies y Poblaciones en Riesgo" aquellas identificadas por la Secretaría como probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, con arreglo a esta Ley.
- "Manejo" aplicación de métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

Señala de igual modo lo siguiente: "es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación (...)".

El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país. En la formulación y la conducción de la política nacional en materia de vida silvestre se observarán, por parte de las autoridades competentes, los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al

Ambiente. Además dichas autoridades deberán prever: “la conservación de la diversidad genética, así como la protección, restauración y manejo integral de los hábitats naturales, como factores principales para la conservación y recuperación de las especies silvestres” y las medidas preventivas para el mantenimiento de las condiciones que propician la evolución, viabilidad y continuidad de los ecosistemas, hábitats y poblaciones en sus entornos naturales. En ningún caso la falta de certeza científica se podrá argumentar como justificación para postergar la adopción de medidas eficaces para la conservación y manejo integral de la vida silvestre y su hábitat”.

De ahí que, las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat. Por su parte, los Municipios, las Entidades Federativas y la Federación, adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio.

### **III.2.3.1 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.**

*Última reforma DOF el 09 de mayo de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 y Artículo 2 fracciones VIII, IX y XV.*

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre. Además de las definiciones contenidas en el artículo 3o., de la Ley General de Vida Silvestre y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para efectos del presente Reglamento se entenderá por:

- “Especie” la unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaz de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, que comparten rasgos morfológicos, fisiológicos y conductuales.
- “Especies asociadas” aquéllas que comparten el hábitat natural y forman parte de la comunidad biológica de una especie en particular.
- “Medidas de contingencia” las acciones que se aplicarán cuando se presenten situaciones que pudieran tener efectos sobre los ejemplares, poblaciones o especies de la vida silvestre y su hábitat, afectando negativamente el logro de las metas de que se traten y que se encuentran incorporadas en el plan de manejo.

**ARGUMENTACIÓN:** La zona donde se ubica el proyecto presenta actualmente un alto grado de conservación ecológica donde se identificaron individuos de flora y fauna silvestre considerados en la lista de especies o poblaciones en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, para no afectar de manera considerable a la flora y fauna identificadas como especies enlistadas en norma en diferentes estatus como Sujeta a protección especial (Pr) y amenazadas (A) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010; en el contenido del Capítulo VI se proponen medidas de mitigación por componente ambiental con la finalidad de evitar, atenuar o compensar las posibles afectaciones que el proyecto pudiese ocasionar a la vida silvestre de la zona de estudio.

Es importante mencionar que el proyecto no pretende desarrollar acciones para el aprovechamiento extractivo de especies silvestres; únicamente considera efectuar trabajos para la construcción de una vía

general de comunicación. Por lo tanto, las obras y/o actividades planteadas no se contraponen con las disposiciones establecidas en la LGVS y su Reglamento para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre. Asimismo, la flora y fauna silvestre identificados son elementos que constituyen el medio biótico del Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para la presente MIA-R; por ello, la vida silvestre que pudiera hallarse y/o encontrarse en el sitio puntual donde se pretende la ejecución del proyecto, se respetarán en la medida de lo posible durante la ejecución de todas y cada una de las etapas del mismo.

### **III.2.4. Ley General de Cambio Climático. (LGCC)**

*Última reforma DOF el 29 de diciembre de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1; Artículo 2 fracciones I, II, III; Artículo 3 fracciones I, III, XI, XVII y XVIII; Artículo 5; Artículo 7 fracción VI inciso a), i); Artículo 15 fracciones VI y VII; Artículo 26 fracciones I, II, IV y VIII; Artículo 28 fracción VI y VII; Artículo 29 fracciones III y VI.*

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Tiene por objeto, entre otros, garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma y; regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Para los efectos de esta ley se entenderá por:

- "Adaptación" las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos.
- "Cambio Climático" la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.
- "Emisiones" la liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, incluyendo en su caso compuestos de efecto invernadero, en una zona y un periodo de tiempo específicos.
- "Fuentes emisoras" todo proceso, actividad, servicio o mecanismo que libere un gas o compuesto de efecto invernadero a la atmósfera.
- "Gases de efecto invernadero" aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja

Igualmente, esta Ley establece que la federación, las entidades federativas, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta ley y en los demás ordenamientos legales aplicables.

Entre las atribuciones de la federación está la siguiente: establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables, en las materias siguientes: preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los ecosistemas terrestres y acuáticos y los recursos hídricos y, el transporte federal y comunicaciones, entre otros. De ahí que, entre otros, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático tiene por objeto, evaluar el cumplimiento de los objetivos de adaptación y mitigación previstos en esta Ley, así como las metas y acciones contenidas en la Estrategia Nacional, el Programa y los programas de las entidades federativas a que se refiere este ordenamiento, y emitir recomendaciones sobre las políticas y acciones de mitigación o adaptación al cambio climático, así como sobre las evaluaciones que en la materia realizan las dependencias de la administración pública federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios.

En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán, entre otros, los principios de: "sustentabilidad", "corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general", "prevención" y "responsabilidad ambiental".

Por dicho motivo, la federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos: infraestructura de transportes y comunicaciones y, ordenamiento ecológico del territorio, asentamientos humanos y desarrollo urbano, entre otros. Por tanto, conforme a la Ley se considerarán acciones de adaptación como: el manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos y, la construcción y mantenimiento de infraestructura.

**ARGUMENTACIÓN:** El proyecto refiere obras y actividades para la construcción de una vía de comunicación terrestre. Dichos trabajos implican de igual modo, un cambio de uso de suelo de áreas forestales; por ello, el proyecto propone un conjunto de medidas de mitigación para los factores ambientales: suelo, agua, flora y fauna, consistentes en acciones de prevención, restauración y/o compensación; lo anterior, para minimizar los impactos ambientales que podría ocasionar la ejecución de los trabajos planteados. De esta forma, el proyecto contribuye al cumplimiento de los principios que observa la política nacional de cambio climático, los cuales son, principio de "sustentabilidad" en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran; principio de "corresponsabilidad entre el estado y la sociedad en general" en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático; principio de "prevención" para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático y, principio de "responsabilidad ambiental" para quien realice obras o actividades que puedan afectar al medio ambiente.

### **III.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**

*Última reforma DOF el 05 de diciembre de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 fracción I, II y X; Artículo 2 fracciones I, II, III y IV; Artículo 3 fracciones I y II; Artículo 5 fracciones V, IX, X, XXIX, XXX, XXXII, XXXIII y XXXIV; Artículo 19 fracción VII y Artículo 95.*

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son orden público e interés social, y tienen por objeto:

- Garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para:
  - Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos;
  - Determinar los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana y;
  - Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetará su remediación, entre otros.

En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observará, entre otros, los siguientes principios:

- El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar;
- Sujetar las actividades relacionadas con la generación y manejo integral de los residuos a las modalidades que dicte el orden e interés público para el logro del desarrollo nacional sustentable;
- La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas;
- Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños;

De manera que, entre otras, esta Ley considera de utilidad pública:

- Las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos;
- La ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente y remediación de sitios contaminados, cuando éstas sean imprescindibles para reducir riesgos a la salud.

Por dicho motivo, para los efectos de esta Ley se entiende por:

- Disposición Final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos;

- **Generador:** Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;
- **Gestión Integral de Residuos:** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región;
- **Residuo:** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;
- **Residuos de Manejo Especial:** Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;
- **Residuos Peligrosos:** Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley;
- **Residuos Sólidos Urbanos:** Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;
- **Responsabilidad Compartida:** Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

De igual forma, establece que salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, los residuos de manejo especial se clasifican en: Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.

De ahí que, la regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.

### ***III.2.5.1. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos***

*Última reforma DOF el 30 de octubre de 2006*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1; Artículo 2 fracciones I y II y Artículo 14.*

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Para efectos del presente Reglamento, además de las definiciones contenidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se entenderá por:

- Almacenamiento de residuos peligrosos, acción de retener temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para evitar su liberación, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos;
- Acopio, acción de reunir los residuos de una o diferentes fuentes para su manejo;

Por tanto, el principio de responsabilidad compartida, establecido en la Ley, se aplicará igualmente al manejo integral de los residuos de manejo especial y sólidos urbanos que no se encuentren sujetos a plan de manejo conforme a la Ley, este Reglamento y las normas oficiales mexicanas.

**ARGUMENTACIÓN:** La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento señalan los criterios a observar en el manejo y disposición final de los diferentes tipos de residuos. En el caso del presente proyecto, durante el desarrollo de las diferentes etapas del mismo, se deberá instalar y/o destinar sitios para el almacenamiento y/o acopio de los residuos que resulten durante la ejecución de los trabajos planteados, además de considerar las medidas de prevención en el manejo de los residuos que deriven y, de compensación en caso de que se originara algún accidente como, por ejemplo, el derrame de combustible en el suelo. Tales acciones ambientales se describen en el contenido del capítulo VI de la MIA-R.

Los diferentes tipos de residuos que se generarán durante la ejecución del proyecto son:

- Residuos sólidos urbanos: residuos como pedazos de varilla de acero, bolsas de plástico y papel, cartones, clavos y alambre, piezas de maquinaria que por su uso deban ser sustituidas, etc.
- Residuos de manejo especial: puede ser material sólido sobrante del desmonte y despalme, esto es, ramas y hojas del primero, y suelo orgánico del segundo, desechos pétreos, originados en los diferentes frentes de construcción, principalmente acarreo en demasía, derrumbes en cortes, trozos de madera, desechos líquidos provenientes de la eliminación de excretas generadas por los empleados de la construcción, etc.
- Residuos peligrosos: aquellos que se puedan generar durante el mantenimiento de los vehículos a ocupar, como pueden ser, aceite, grasa o algún otro tipo de combustible, los contenedores de estos materiales y en su caso, solventes de pintura, entre otros.

### **III.2.6. Ley de Aguas Nacionales**

*Última reforma DOF el 11 de agosto de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1; Artículo 2; Artículo 3 fracciones I, IX, XI, XII y XIII; Artículo 4; Artículo 14 Bis 5 fracciones IX y XVII; Artículo 86 Bis 2 y Artículo 96 Bis.*

La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala.

Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

- “Aguas nacionales” son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”;
- “Bienes públicos inherentes” Aquellos que se mencionan en el Artículo 113 de esta Ley;
- “Cauce de una corriente” el canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse (...);
- “Comisión Nacional del Agua” órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere;
- “Concesión” Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de “la Comisión” o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación;

Asimismo, establece que la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de “la Comisión”.

Entre los principios que sustentan la política hídrica nacional, están las siguientes:

- La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;
- Las personas físicas o morales que contaminen los recursos hídricos son responsables de restaurar su calidad, y se aplicará el principio de que “quien contamina, paga”, conforme a las Leyes en la materia;

Por tanto, esta Ley prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.

De ahí que, la "autoridad del agua" intervendrá para que se cumpla con la reparación del daño ambiental, incluyendo aquellos daños que comprometan a ecosistemas vitales, debiendo sujetarse en sus actuaciones en términos de ley, de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

### **III.2.6.1 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**

*Última reforma DOF el 25 de Octubre de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1, Artículo 2 fracciones I, V y VI; Artículo 29; Artículo 30 Primer Párrafo y Artículo 151.*

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. Para los efectos de este Reglamento se entiende por:

- "Aguas continentales" las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional;
- "Corriente permanente" la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época del año, desde donde principia hasta su desembocadura;
- "Corriente intermitente" la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial.

Establece, de igual modo, que las solicitudes de concesiones o asignaciones podrán ser presentadas tanto por personas físicas como por personas morales, debiendo acreditar estas últimas su existencia legal, así como la personalidad jurídica del promovente. Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión".

De ahí que, para la prevención y control de la contaminación de las aguas, este ordenamiento, prohíbe depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.

**ARGUMENTACIÓN:** La observancia de lo que establecen estos preceptos jurídicos sobre el cuidado y protección de las aguas nacionales obedece a que son de orden público e interés social aplicables a las aguas superficiales o del subsuelo existentes en la Nación; además, el proyecto contempla la construcción de obras de infraestructura hidráulica para mantener el patrón de escurrimientos naturales de la zona de estudio. Es importante referir que durante la construcción del proyecto no se realizará ningún tipo de aprovechamiento del recurso hídrico y, por lo consiguiente, no se intervendrán cuerpos de agua cercanos al área de estudio. De ahí que, los trabajos que contempla la construcción del proyecto no contravienen las disposiciones de la Ley y Reglamento en materia de aguas nacionales.

### **III.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental**

*Publicada DOF el 7 de junio de 2013.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 Primero y Segundo Párrafo, Artículo 2 fracciones III y XVI; Artículo 5; Artículo 6 fracciones I y II; Artículo 9 y Artículo 10*

La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos

judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:

- “Daño al ambiente” la pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan”;
- “Servicios ambientales: las funciones que desempeña un elemento o recurso natural en beneficio de otro elemento o recurso natural, los hábitat, ecosistema o sociedad”.

Esta ley establece que “obra dolosamente quien, conociendo la naturaleza dañosa de su acto u omisión, o previendo como posible un resultado dañoso de su conducta, quiere o acepta realizar dicho acto u omisión”.

No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:

- Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría;
- No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del artículo 6 no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.

En lo no previsto por esta Ley, se aplicarán las disposiciones del Código Civil Federal y del Código Federal de Procedimientos Civiles, siempre que no contravengan lo dispuesto en esta Ley.

Por lo tanto, toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.

**ARGUMENTACIÓN:** En observancia a lo que establece esta Ley, el proyecto presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el contenido de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA-R) para ser sometido al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) y, obtener una vez evaluada y/o analizada, la autorización correspondiente para la ejecución de las obras y actividades que comprende el proyecto; misma resolución que habrá que acatar conforme a los términos y

condicionantes establecidos en ella. En virtud de lo antes expuesto, el proyecto no contraviene las disposiciones establecidas en esta Ley al darle cumplimiento.

Ahora bien, en caso contrario, por las acciones u omisiones que ocasionen directa o indirectamente daños al ambiente, se estará obligado a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.

### **III.2.8. Ley de Planeación**

*Última reforma DOF el 09 de abril de 2012.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 fracciones I, II y III; Artículo 2 fracción III; Artículo 3; Artículo 21 y Artículo 22.*

Las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer:

- Las normas y principios básicos conforme a los cuales se llevará a cabo la Planeación Nacional del Desarrollo y encauzar, en función de ésta, las actividades de la administración Pública Federal;
- Las normas y principios básicos conforme a los cuales se llevará a cabo la Planeación Nacional del Desarrollo y encauzar, en función de ésta, las actividades de la administración Pública Federal;
- Las bases para que el Ejecutivo Federal coordine sus actividades de planeación con las entidades federativas, conforme a la legislación aplicable;

Establece que la planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el desarrollo integral y sustentable del país y deberá tender a la consecución de los fines y objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Para ello, estará basada en el siguiente principio:

- La igualdad de derechos entre mujeres y hombres, la atención de las necesidades básicas de la población y la mejoría, en todos los aspectos de la calidad de la vida, para lograr una sociedad más igualitaria, garantizando un ambiente adecuado para el desarrollo de la población.

Para los efectos de esta Ley se entiende por

- "Planeación nacional de desarrollo" la ordenación racional y sistemática de acciones que, en base al ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, tiene como propósito la transformación de la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia Constitución y la ley establecen.

También, esta Ley señala que el Plan Nacional de Desarrollo deberá elaborarse, aprobarse y publicarse dentro de un plazo de seis meses contados a partir de la fecha en que toma posesión el Presidente de la República, y su vigencia no excederá del período constitucional que le corresponda, aunque podrá contener consideraciones y proyecciones de más largo plazo. Asimismo, precisará los objetivos nacionales, estrategia y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática. La categoría de Plan queda reservada al Plan Nacional de Desarrollo.

De ahí que el Plan indicará los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que deban ser elaborados conforme a este capítulo. Estos programas observarán congruencia con el Plan, y su vigencia no excederá del período constitucional de la gestión gubernamental en que se aprueben, aunque sus previsiones y proyecciones se refieran a un plazo mayor.

**ARGUMENTACIÓN:** Con fundamento a lo que establece esta disposición, el proyecto presenta la observancia y se ajusta a la legislación ambiental aplicable, como son planes de desarrollo, planes de ordenamiento ecológico territorial, leyes, reglamentos, normas ambientales, etc.; en los cuales, se precisan los objetivos, estrategias y prioridades de desarrollo integral y sustentable del país; así como, a los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional que garanticen el desarrollo del país de forma sustentable e integral.

### **III.3. DISPOSICIONES EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA.**

#### **III.3.1. Ley de Vías Generales de Comunicación**

*Última reforma DOF el 14 de julio de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 2 fracciones I y II, Artículo 3 fracción I, Artículo 10 y Artículo 41.*

Este ordenamiento jurídico refiere que son partes integrantes de las vías generales de comunicación los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas y; los terrenos y aguas que sean necesarias para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción I del Artículo 2. Los terrenos y aguas y el volumen de éstas se fijará por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

De igual forma, establece que las vías generales de comunicación y los modos de transporte que operan en ellas quedan sujetos exclusivamente a los Órganos Federales. El Ejecutivo ejercerá sus facultades por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en los siguientes casos y sin perjuicio de las facultades expresas que otros ordenamientos legales concedan a otras Dependencias del Ejecutivo Federal:

- “La construcción, mejoramiento, conservación y explotación de vías generales de comunicación”.

De ahí que, el Gobierno Federal tendrá facultad para construir o establecer vías generales de comunicación por sí mismo o en cooperación con las autoridades locales. La construcción o establecimiento de estas vías podrá encomendarse a particulares, en los términos del artículo 134 de la Constitución Federal. No podrán ejecutarse trabajos de construcción en las vías generales de comunicación, en sus servicios auxiliares y demás dependencias y accesorios, sin la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a los planos, memoria descriptiva y demás documentos relacionados con las obras que tratan de realizarse. Las modificaciones que posteriormente se hagan se someterán igualmente a la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### **III.3.2. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal**

*Última reforma DOF el 04 de junio de 2014.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1; Artículo 2 fracciones I inciso c), III, V inciso a) y XVI Artículo 3 y Artículo 5 primer párrafo y fracción II.*

La presente Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes a que se refieren las fracciones I y V del Artículo siguiente, los cuales constituyen vías generales de comunicación; así como los servicios de autotransporte federal que en ellos operan, sus servicios auxiliares y el tránsito en dichas vías.

Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:

- “Caminos o carreteras” los que en su totalidad o en su mayor parte sean construidos por la Federación; con fondos federales o mediante concesión federal por particulares, estados o municipios”;
- “Derecho de vía” franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía general de comunicación, cuya anchura y dimensiones fija la Secretaría, la cual no podrá ser inferior a 20 metros a cada lado del eje del camino. Tratándose de carreteras de dos cuerpos, se medirá a partir del eje de cada uno de ellos”;
- “Puentes nacionales” los construidos por la Federación; con fondos federales o mediante concesión o permiso federales por particulares, estados o municipios en los caminos federales, o vías generales de comunicación; o para salvar obstáculos topográficos sin conectar con caminos de un país vecino y;
- “Vías generales de comunicación” los caminos y puentes tal como se definen en el presente artículo.

Establece que son parte de las vías generales de comunicación los terrenos necesarios para el derecho de vía, las obras, construcciones y demás bienes y accesorios que integran las mismas. Es de jurisdicción federal todo lo relacionado con los caminos, puentes, así como el tránsito y los servicios de autotransporte federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares. Corresponden a la Secretaría, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal la siguiente atribución: “construir y conservar directamente caminos y puentes”, entre otras.

ARGUMENTACIÓN. El proyecto se relaciona con estos preceptos por proponer la construcción de una vía general de comunicación, la cual, una vez realizada, deberá cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes, siendo además un proyecto que pretende llevar a cabo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), mediante recursos procedentes de la federación, previo conocimiento y autorización de las autoridades correspondientes.

### **III.4. DISPOSICIONES DE ORDEN LOCAL.**

#### **III.4.1. Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo**

*Publicada PO el 16 de febrero de 2015.*

*FUNDAMENTO LEGAL. Artículo 1 fracciones I y V; Artículo 6 fracción XXI;*

La presente Ley es Reglamentaria del párrafo vigésimo del artículo 5 la Constitución Política del Estado de Hidalgo, en materia de protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico en el Estado. Sus disposiciones son de observancia obligatoria en el territorio del Estado de Hidalgo y tiene como finalidad propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, entre otras:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;
- Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el Estado en aquellos casos que no sea competencia de la Federación;

De igual forma, señala que entre las atribuciones que le corresponden al Ejecutivo del Estado a través de la Secretaría, se establece:

- Evaluar el impacto ambiental de las obras o actividades que no se encuentren expresamente reservadas a la Federación y, en su caso, expedir las autorizaciones correspondientes en los términos establecidos en la presente Ley;

ARGUMENTACIÓN. El proyecto refiere obras y actividades para la construcción de una vía general de comunicación, para lo cual es necesario efectuar acciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. De acuerdo a lo que establece el **Artículo 28** fracciones I y VII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (**LGEEPA**) y **Artículo 5** incisos B) y O) del Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), el desarrollo de los trabajos contemplados en el contenido de la MIA-R son de competencia de la federación. De ahí que, la observancia que se presenta de esta Ley Ambiental obedece únicamente a que sus disposiciones son de observancia obligatoria en el territorio del Estado de Hidalgo.

### **III.5. Ordenamientos Ecológicos Territoriales.**

*Fundamento Jurídico Administrativo del Ordenamiento Ecológico Territorial (OET).*

En México, el Ordenamiento Ecológico del Territorio tiene fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Planeación, diversas leyes federales y locales, el Sistema Nacional de Planeación Democrática y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus respectivos Reglamentos. En general estas leyes exigen que el Ordenamiento Ecológico del Territorio se incorpore al Plan Nacional de Desarrollo, a los programas sectoriales y a los planes de desarrollo estatal buscando la congruencia, la corresponsabilidad, y la cohesión entre ellos.

#### **III.5.1 Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**

*Publicado DOF el 7 de septiembre de 2012.*

Conforme lo establece, el acuerdo del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática; por lo que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el POEGT en sus programas anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública. En consecuencia, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales tendrá a su cargo la etapa de ejecución y evaluación del POEGT, de conformidad con las disposiciones aplicables de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como de su Reglamento en materia de ordenamiento territorial.

##### **III.5.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. (POEGT)**

*Publicado DOF el 7 de septiembre de 2012.*

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) está integrado por la regionalización ecológica (áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial), los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización). La regionalización ecológica se integra por un

conjunto de unidades ambientales biofísicas (UAB) que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las unidades de gestión ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológicos Regionales y Locales.

El objeto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la administración pública federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el sistema nacional de áreas naturales protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la administración pública federal (APF).

Acorde a lo que establece, por su escala y alcance 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.

Aunado a lo anterior, por la ubicación del proyecto se identificó lo siguiente:

El proyecto que se pretende realizar se ubica dentro de la región ecológica número 18.20, que se conforma entre otras por la unidad biofísica ambiental número 52 denominada “Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo”, localizada en el sur del Estado de Hidalgo y Querétaro, misma que posee una superficie de 14,532.32 km<sup>2</sup>. Así mismo, se menciona que posee una atención prioritaria con un grado medio y, se le señala una política ambiental de restauración y aprovechamiento sustentable. En las siguientes imágenes se corrobora lo antes expuesto:



**Imagen 1. Ubicación del proyecto dentro del polígono de la UBA 52 denominada “Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo”. (Consultar anexo para mayor detalle)**

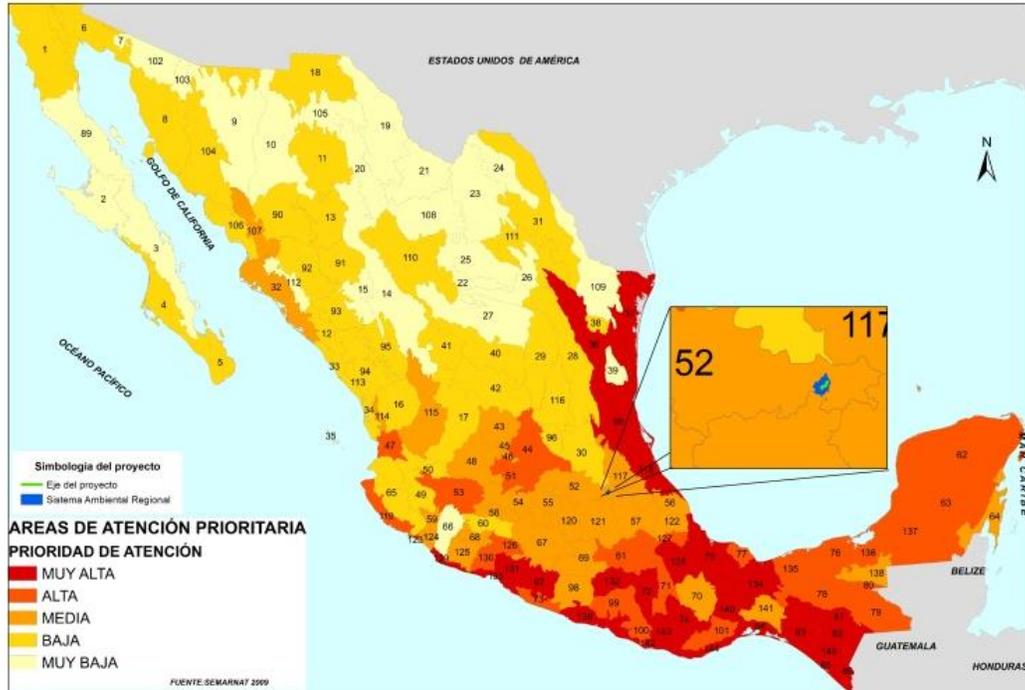


Imagen 2. Ubicación del proyecto dentro del límite territorial establecido con un nivel medio de atención prioritaria. (Consultara nexa para mayor detalle)

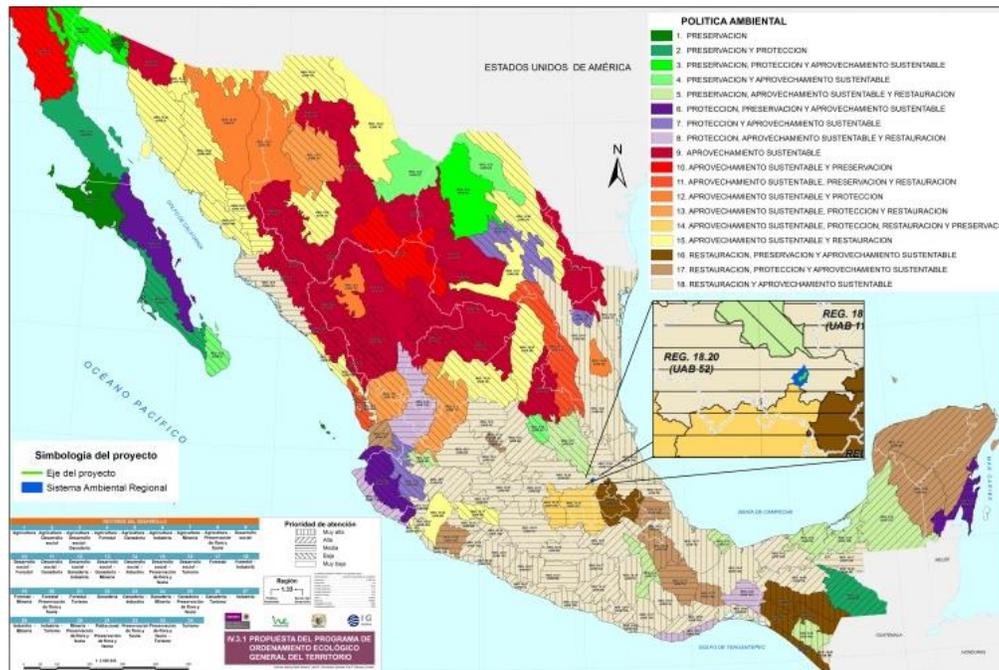


Imagen 3. Ubicación del proyecto dentro de las políticas ambientales de “restauración y aprovechamiento sustentable”.

En el siguiente cuadro se describen de modo general, las estrategias ecológicas de la unidad ambiental biofísica (UAB) que se involucra con las obras y actividades del proyecto.

**Tabla 1. UAB – 52 Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo**

Clave Región		18.20
Nombre de la UAB	UAB – 52 Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo	
Estrategias Ecológicas	<p>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio.            1, 2, 3 (preservación)            4, 5, 6, 7, 8 (aprovechamiento sustentable)            12, 13 (protección de los ecosistemas)            14 (dirigidas a la restauración)            15, 15 BIS, 18 (aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios)</p> <p>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana.            24 (suelo urbano y vivienda)            25, 26 (zonas de riesgo y prevención de contingencias)            27, 28, 29 (agua y saneamiento)            31, 32 (infraestructura y equipamiento urbano y regional)            35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 (desarrollo social)</p> <p>Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.            42 (marco jurídico)            43, 44 (planeación del ordenamiento territorial)</p>	

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO. Considerando que el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es una herramienta de carácter obligatorio y orientativo en la planeación de los programas de trabajo de las diversas instituciones gubernamentales, como es el caso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y, como resultado del análisis efectuado a las estrategias ecológicas de la UAB-52 antes descrita, se identificó que las mismas no prohíben el desarrollo de la infraestructura carretera, por lo tanto, los trabajos planteados en el proyecto no presentan contradicción legal alguna con lo que establece este instrumento de política ambiental.

### III.5.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo.

*Publicado en el PO del Estado el 2 de abril de 2001 con fecha de modificación de criterios ecológicos 16 de febrero de 2009.*

Como resultado del análisis efectuado al presente instrumento jurídico de política ambiental, se identificó que el sitio donde se propone la construcción del proyecto se encuentra regulado por lo establecido en las unidades de gestión ambiental: UGA-1 y UGA-5.

En los siguientes cuadros, se mencionan las políticas ambientales, los criterios ecológicos y los diferentes usos de suelo que son aplicables a las unidades de gestión ambiental antes descritas.

**Tabla 2. Políticas ambientales y criterios ecológicos de las UGAs I y V**

UGA	Política Ambiental	Criterios Ecológicos
I	Conservación	(Ag). 1, 3, 4, 6, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 32, 39, 43, 45, 46, 47. (P). 2, 3, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 21, 27, 28, 30, 32. (Mi). 1, 5, 6, 7. (Fo). 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19. (Ah). 1, 2, 8, 13, 17, 18, 21, 25, 26.

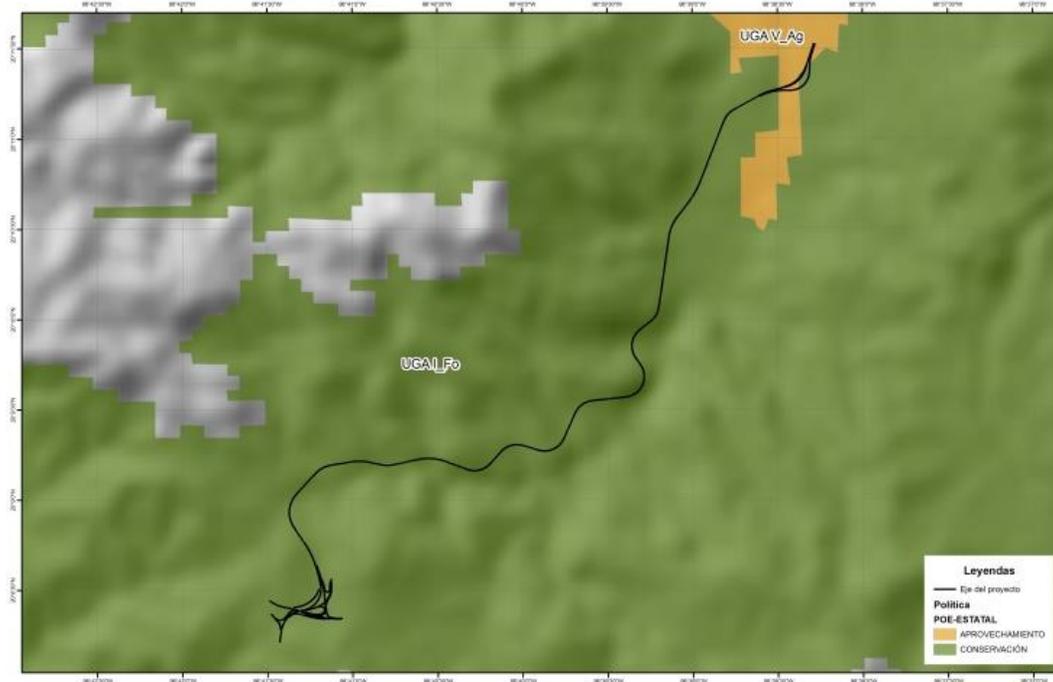
	<p>(In). 14.          (Ei). 1, 3, 5, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 39, 41, 42, 48, 49, 50, 51, 53, 58, 59, 60, 66, 68, 70, 75, 76, 79, 81.          (C). 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16.          (Tu). 1, 6, 10, 15, 17, 22, 25, 27, 28, 29, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45.          (Ac). 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38.          (Pe). 1, 4, 5.          (Ff). 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34.          (Mae). 2, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 34, 43, 45, 46, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57.</p>
V	<p>Aprovechamiento</p> <p>(Ag). 2, 3, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 17, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48.          (P). 1, 2, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33.          (Mi). 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10.          (Fo). 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 19.          (Ah). 1, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 28.          (In). 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18.          (Ei). 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 47, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 83.          (C). 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19.          (Tu). 10, 14, 17, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 42, 43.          (Ac). 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38.          (Pe). 1, 2, 4, 7, 8.          (Ff). 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34.          (Mae). 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58.</p>

**Ag:** agricultura, **P:** pecuario, **Mi:** minería, **Fo:** forestal, **Ah:** asentamientos humanos, **In:** industria, **Ei:** Equipamiento e infraestructura, **C:** construcción, **Tu:** turismo, **Ac:** acuicultura, **Pe:** pesca, **Ff:** flora y fauna, **Mae:** manejo de ecosistemas.

**Tabla 3. Usos de suelo de las UGAs I y V**

UGAs	Usos de suelo		
	Predominante	Compatible	Condicionado
I	Forestal	Turismo alternativo Flora y fauna	Agrícola, Pecuario, Ecológico, Industrial, Urbano, Infraestructura, Minero
V	Agrícola	Pecuario, Ecológico, Turismo alternativo	Urbano, Industrial, Infraestructura, Minero

En la siguiente imagen, se observa la ubicación del trazo propuesto dentro de los límites territoriales de cada unidad de gestión ambiental involucrada.



**Imagen 4. Ubicación del trazado dentro de las Unidades de Gestión Ambiental.**

En el siguiente cuadro se muestran los criterios ecológicos que por la naturaleza misma del proyecto le son directamente aplicables.

**Tabla 4. Criterios ecológicos aplicables al proyecto**

	UGA I	UGA V
Criterios ecológicos aplicables al proyecto	Equipamiento e infraestructura (Ei). 3, 5, 17, 28, 41, 42, 48, 49.	Equipamiento e infraestructura (Ei). 5, 17, 28, 40, 41, 46, 49, 72.
	Construcción (C). 1, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15, 14	Construcción (C). 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 18, 19
	Flora y Fauna (Ff). 2, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 26.	Flora y fauna (Ff). 9, 11, 12, 15, 26.
	Manejo de ecosistemas (Mae). 10, 11, 13, 16, 17, 23, 26, 28, 43, 55, 56, 57.	Manejo de ecosistemas (Mae). 1, 3, 10, 17, 26, 28, 43, 50, 55, 56, 57.

A continuación, se presenta la vinculación jurídica del proyecto con los criterios ecológicos establecidos para el sitio donde se planea la construcción del mismo.

**Tabla 5. Criterios ecológicos UGA I y V**

CRITERIOS ECOLÓGICOS APLICABLES	UGAs	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Equipamiento e infraestructura (Ei)		
3. La instalación de cualquier tipo de infraestructura, fuera y dentro de los asentamientos humanos, además de aquella necesaria para desarrollar actividades de protección, educación ambiental, investigación y rescate arqueológico, estará sujeta a la autorización en materia de impacto ambiental.		El proyecto comprende obras y actividades para el desarrollo de infraestructura carretera; por tanto, en observancia a lo que refieren estos criterios, se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) el contenido de la presente MIA-R del proyecto carretero con la finalidad de obtener, por parte de la autoridad

5. La instalación de infraestructura estará sujeta a manifestación de impacto ambiental.	I, V	competente (SEMARNAT-DGIRA), la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.
17. No se permite la quema de desechos vegetales producto del desmonte.	I, V	En observancia a lo que establece este criterio, el proyecto no considera la quema de los desechos vegetales que se originen como resultado del desmonte.
28. Toda descarga de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-ECOL-001-1996, NOM-002-ECOL-96, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.	I, V	El proyecto carretero no contempla la descarga de aguas residuales en el cuerpo de agua más cercano al sitio denominado "Río El Carmen" o "Río General". No obstante, para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores de la obra, la empresa constructora deberá considerar el adecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales que se deriven, esto, a través de la contratación de una compañía que provea los servicios portátiles sanitarios.
40. No se permite la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos en lagunas, zonas inundables o en cualquier otro cuerpo de agua natural.	V	
41. No se permite la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos en cualquier tipo de cuerpo de agua natural.	I, V	
42. Se prohíbe la apertura y/o construcción de carreteras en esta zona a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental.	I	En cumplimiento a lo que establecen estos criterios ecológicos, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA), ante la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA), con la finalidad de obtener la resolución correspondiente en materia de impacto ambiental, misma que, se requiere para el desarrollo de las obras y actividades contemplados en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) del proyecto.
46. La construcción de infraestructura vial requiere evaluación de impacto ambiental.	V	
48. Quedan prohibidas las quemas de desechos sólidos y vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes y el uso de maquinaria pesada para el desmonte de derechos de vía.	I	Para las actividades de desmonte y despalme, el proyecto carretero no contempla el uso de maquinaria pesada, por el contrario, la ejecución de estas actividades se hará de forma manual utilizando solamente motosierras. Es importante indicar que dichas actividades se desarrollarán únicamente en la superficie necesaria a intervenir, en este caso, en la línea de ceros y el área de rodamiento establecido para la carretera. Asimismo, el proyecto no comprende efectuar la quema y la aplicación de herbicidas y defoliantes de los desechos sólidos y de la vegetación durante la ejecución de los trabajos contemplados en el contenido de esta MIA-R. Considerando lo anterior, el proyecto no contraviene las indicaciones de este criterio ecológico.
49. Los taludes en caminos se deberán estabilizar con vegetación nativa.	I, V	Para la estabilización de los taludes, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R, el proyecto contempla un conjunto de acciones para la protección del suelo. De esta manera, se pretende evitar la erosión del mismo y el deslizamiento y/o derrumbes de los taludes.
72. Los proyectos sólo podrán desmontar las áreas destinadas a construcciones y caminos de acceso en forma gradual, de conformidad al avance del mismo y en apego a las condicionantes de evaluación de impacto ambiental.	V	El proyecto carretero, describe las superficies que el mismo requiere para su desarrollo, especialmente del área que será necesaria desmontar. Dichas superficies, a través de la presentación de la MIA-R del proyecto, se someten al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) ante la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA), para su análisis y autorización correspondiente en materia de impacto ambiental; mismo resolución que el promovente del proyecto deberá acatar en los términos y condicionantes establecidos en ella. De esta manera, el proyecto cumple con lo establecido en este criterio de regulación ecológica.
Construcción (C)		

<p>1. No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.</p>	<p>I, V</p>	<p>En observancia a lo que establecen estos criterios, el proyecto propone un conjunto de medidas ambientales con la finalidad de prever, atenuar y/o en su caso compensar al medio ambiente por los trabajos de construcción de la infraestructura carretera proyectada. Por lo tanto, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen de forma más específica las medidas de mitigación por componente ambiental que será afectado durante la ejecución del proyecto. Entre las acciones ambientales propuestas están las siguientes:</p>
<p>2. Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruido provenientes de la maquinaria en uso en las etapas de preparación de sitio, construcción y operación.</p>	<p>V</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de contenedores para el almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos.</li> <li>• Revisión de la maquinaria a utilizar con la finalidad de que se encuentre en las mejores condiciones para trabajar y minimizar el ruido y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.</li> </ul>
<p>5. Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas.</p>	<p>I, V</p>	<p>En cumplimiento a lo que establece el presente criterio de regulación ecológica, el proyecto propone actividades de rescate y reubicación de fauna y un programa de rescate de flora silvestre. Lo anterior, como resultado del trabajo de campo efectuado en la zona de estudio, donde se identificaron las especies de flora y fauna existentes y las características de las mismas, todo esto, con la finalidad de poder implementar las mejores medidas ambientales para el manejo y conservación de las especies. En el contenido del capítulo VI y anexos de la MIA-R se describen de forma más explícita las medidas ambientales propuestas para el cuidado y protección de las especies silvestres, así como, el contenido de los programas antes descritos.</p>
<p>6. Los campamentos de construcción deberán ubicarse en áreas perturbadas, nunca sobre ecosistemas relevantes.</p>	<p>I, V</p>	<p>Durante el desarrollo del proyecto no se contempla la instalación de campamentos, esto en razón de que el personal que será contratado provendrá de las localidades cercanas al sitio; sin embargo, para los desechos sanitarios (eliminación de excretas de los trabajadores), la empresa constructora deberá utilizar sanitarios portátiles. Con respecto a los desechos sólidos (orgánicos, botellas, papel y plásticos, etc.), el proyecto contempla el almacenamiento de éstos en contenedores totalmente identificados para ello.</p>
<p>7. Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de recolección y disposición de desechos sanitarios en áreas autorizadas por el municipio.</p>	<p>I, V</p>	
<p>8. Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de recolección y disposición de desechos sólidos en áreas autorizadas por el municipio.</p>	<p>I, V</p>	
<p>9. Al finalizar la obra deberá removerse toda la infraestructura asociada al campamento.</p>	<p>I, V</p>	<p>Lo que establece este criterio ecológico no es aplicable al proyecto, en virtud de que el mismo no contempla entre sus obras asociadas la instalación de campamentos.</p>
<p>12. El uso de explosivos durante la construcción de cualquier tipo de obra, infraestructura o desarrollo está sujeto a manifestación de impacto ambiental y a los lineamientos de la Secretaría de la Defensa.</p>	<p>I, V</p>	<p>En relación a lo que establece este criterio ecológico, se manifiesta que para la apertura de los túneles que contempla el proyecto, no se pretende el uso de explosivos, en cambio se realizaran a través de excavaciones con la maquinaria correspondiente.</p>
<p>14. Los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, aceites, aguas industriales, desechos tóxicos, etc.), deberán disponerse en confinamientos autorizados por el municipio.</p>	<p>I, V</p>	<p>En el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen de forma más específica las acciones que se proponen con la finalidad de prever, atenuar y/o compensar los impactos ambientales que se originen con la construcción del proyecto carretero.</p>
<p>18. Se deberá procurar la mínima perturbación a la fauna en la movilización de trabajadores y flujo</p>	<p>V</p>	<p>Para coadyuvar al objetivo que establece el presente criterio, el proyecto propone actividades de protección de</p>

vehicular durante la construcción de obras.		fauna silvestre. Entre las medidas de mitigación propuestas se encuentran la siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previo a las etapas de desmonte y despalme, se impartirán pláticas a los diferentes frentes de obra sobre concientización ambiental, que darán a conocer a la planta de trabajo y usuarios del proyecto la importancia de los recursos naturales; de las especies presentes, tanto las registradas como las de probable ocurrencia en la zona, así como la conservación y protección de la biodiversidad, detallándose las medidas de prevención y mitigación.</li> </ul> En el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen las medidas ambientales propuestas.
19. Los camiones transportistas de material se deberán cubrir con lonas durante la construcción de obras.	V	El proyecto propone medidas ambientales a seguir para la circulación de los camiones que transportaran el material necesario para la construcción del proyecto. Tales acciones se describen en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto carretero.
Flora y fauna (Ff)		
2. Ningún tipo de actividad diferente a las autorizadas en la Manifestación de Impacto Ambiental debe alterar el desarrollo de las comunidades de flora y fauna y su interacción con los ecosistemas naturales.	I	El proyecto comprende en el contenido del capítulo VI de la MIA-R un conjunto de medidas de mitigación con la finalidad de prevenir, atenuar y /o compensar los impactos ambientales que procedan durante la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas. Entre esas medidas ambientales se encuentra la prohibición a los trabajadores de extraer y comercializar todo tipo de especies de flora y fauna silvestre, incluidas las catalogadas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
9. Se prohíbe la extracción y captura de flora y fauna silvestre con fines comerciales.	I, V	Es necesario indicar que el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) ante la federación (SEMARNAT-DGIRA) para ser autorizada en materia de impacto ambiental. De ahí que, una vez evaluada y autorizada, el promovente deberá cumplir con los términos y condicionantes establecidos en la resolución, los cuales, conforme a la autoridad ambiental serán en beneficio del medio ambiente.
11. Se prohíbe la captura y comercialización de las especies de fauna con status de protección incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y se permite la captura y comercio de fauna silvestre sin estatus comprometido de acuerdo a los calendarios cinegéticos correspondientes.	I, V	
12. Se prohíbe la tala o desmonte de la vegetación marginal de los cuerpos de agua, a excepción de aquella que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental.	I, V	El proyecto no comprende trabajos de tala o desmonte de la vegetación existente en los cuerpos de agua; sin embargo, si pretende instalar puentes, viaductos sobre barrancas y obras de drenaje, los cuales, son necesarios como parte de esta vía general de comunicación terrestre. En el contenido del capítulo II se describen de forma más específica las características de estas obras; de igual forma, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R se especifican las medidas de mitigación propuestas para el cuidado y protección de las especies de flora.
14. Se prohíbe la modificación de las áreas de ovoposición de anfibios, reptiles y aves.	I	En el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen las medidas de mitigación propuestas para el cuidado y protección de la fauna silvestre. Entre las acciones a realizar se encuentra actividades rescate y reubicación de fauna silvestre, misma que tiene como finalidad el cuidado y protección de la vida animal.
15. Todas las actividades desarrolladas deberán garantizar la estructura, tamaño y permanencia de las poblaciones de aves canoras y de ornato.	I, V	
16. En el área de servicios, deberán dejarse en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original.	I	El proyecto no contempla instalar áreas de servicio (campamentos), por lo tanto, lo que establece este criterio de regulación ecológica no es aplicable al conjunto de

		trabajos que se proponen en el contenido del capítulo II de la MIA-R para el desarrollo del proyecto.
26. Se prohíbe el uso de explosivos y dragados a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación de autoridad competente.	I, V	El proyecto no contempla el uso de explosivos para los túneles que formarán parte de esta vía general de comunicación, en virtud de que la apertura de éstos se hará con la maquinaria adecuada para ello; asimismo, el proyecto no comprende actividades de dragado, por lo tanto, lo que establece este criterio ecológico no es aplicable a los trabajos de construcción planteados en la MIA-R.
Manejo de ecosistemas (Mae)		
1. Se prohíbe el cambio de uso del suelo que implique eliminación de cubierta arbórea, fuera de los centros de población, a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental	V	Entre las obras y actividades que el proyecto carretero refiere para su construcción se encuentran los trabajos de remoción de la cubierta vegetal forestal presente en la zona de estudio, lo que en términos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable representa efectuar un cambio de uso de suelo en terreno forestal (CUSTF). De manera que, para estar en condiciones de poder desarrollar las obras y actividades contempladas, se presenta a la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA) la MIA-R del proyecto para ser sometida al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) con la finalidad de obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental. Cumpliendo con lo anterior, los trabajos propuestos no contravienen lo establecido en este criterio de regulación ecológica.
3. Los estudios o manifestaciones de impacto ambiental que se requieran, deberán poner especial atención al recurso agua y presentar las medidas de prevención de contaminación al manto freático.	V	El proyecto propone en el contenido del capítulo VI de la MIA-R un conjunto de medidas ambientales con la finalidad de proteger el recurso agua, así como, para prevenir la contaminación del manto freático. De ahí que, las obras y actividades que comprenden la construcción de esta vía general de comunicación, no contravienen lo establecido en este criterio ecológico.
10. Se prohíbe la obstrucción y modificación de escurrimientos pluviales a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental.	I, V	Con la finalidad de no obstruir y modificar escurrimientos pluviales, el proyecto contempla en el contenido del capítulo II de la MIA-R obras de drenaje menor para permitir el paso de las corrientes hídricas que se ubican a lo largo del trazo carretero propuesto. De esta manera, en lo que se refiere a este criterio de regulación ecológica, las obras y actividades que el proyecto comprende no presentan impedimento legal alguno para su desarrollo.
11. Se prohíbe la eliminación de la vegetación arbórea o natural en los bordes de los cuerpos de agua naturales a una distancia no menor de diez metros al borde del cauce, a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental.	I	Por su ubicación, dimensión, características y alcances, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) ante la federación (SEMARNAT-DGIRA) para obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental, con la finalidad de poder desarrollar las obras y actividades que se contemplan su construcción; misma que requiere de la instalación de obras complementarias para su funcionamiento, entre las cuales 02 viaductos y 01 entronque (20+357) podrían <u>intervenir dentro de la zona federal (diez metros a partir del nivel máximo de las aguas) de algún cuerpo de agua</u> para su construcción, en dicho caso, el promovente deberá solicitar la concesión correspondiente por el uso de éstas zonas a la autoridad competente. De igual modo, una vez obtenida la anuencia de la autoridad ambiental para el desarrollo de las obras y actividades contempladas, el promovente deberá dar cumplimiento a los términos y condicionantes

		establecidos en dicha resolución.
13. Se prohíben las quemas en un área de 100 m alrededor de los cauces naturales.	I	Durante el desarrollo de los trabajos de construcción de la carretera, no se contempla la quema de sitios, por ello, el desarrollo de las obras y actividades contempladas en el proyecto no contravienen lo que especifica este criterio de regulación ecológica.
16. Se prohíbe el desprendimiento de la cubierta vegetal, a excepción de aquellas que sean autorizadas previa evaluación en materia de impacto ambiental.	I	Entre las obras y actividades planteadas en la MIA-R se considera la remoción de vegetación forestal, lo que implica un cambio de uso de suelo de áreas forestales, por ello, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) ante la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA) para su análisis y autorización en materia de impacto ambiental. De manera que, con la anuencia respectiva, los trabajos de desmonte y despalme contemplados no contravienen lo estipulado en este criterio ecológico.
17. Se promoverá la reforestación, ésta deberá hacerse con flora nativa.	I, V.	Con la finalidad de contribuir al objetivo que persigue el presente criterio de regulación ecológica, en el contenido del capítulo VI y anexos de la MIA-R el proyecto propone un programa de reforestación con especies nativas, el cual, deberá realizarse en zonas degradadas o en la superficie que condicione la autoridad para ello.
23. Los proyectos a desarrollar deberán garantizar la conectividad de la vegetación natural entre predios colindantes para la movilización de la fauna silvestre.	I	Considerando lo que establece este criterio ecológico, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R el proyecto propone un conjunto de medidas de mitigación con la finalidad de prevenir, atenuar y/ compensar los impactos ambientales que procedan con el desarrollo de los trabajos propuestos. Siendo importante manifestar que como parte integral del proyecto se considera la construcción de obras de drenaje menor en diferentes sitios del eje carretero, mismos que a la vez podrían ser utilizados por la fauna como conexión entre un sitio u otro.
26. Se prohíbe la desecación, dragado y relleno de cuerpos de agua.	I, V	El proyecto no contempla las actividades que señalan los presentes criterios ecológicos, por lo tanto, los mismos no son aplicables a las obras y actividades propuestas para la construcción de esta vía general de comunicación.
28. Se prohíbe el desarrollo de infraestructura que reduzca las áreas inundables asociadas a los cuerpos de agua natural.	I, V	
43. Los desmontes aprobados para los proyectos se realizarán de manera gradual conforme al avance de obra e iniciando por un extremo permitiendo a la fauna las posibilidades de establecerse en las áreas aledañas, previa autorización en materia de impacto ambiental.	I, V	Con respecto a este criterio ecológico, el proyecto se somete al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) con la finalidad de obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental. Entre las medidas ambientales que propone se encuentran actividades de reubicación de fauna silvestre con el propósito de proteger y conservar la vida animal de la zona de estudio. Asimismo, entre sus acciones a seguir está el desarrollar los trabajos de desmonte de forma manual y gradual. Por lo tanto, cumpliendo con lo anterior, el proyecto no presenta contradicción con lo aquí establecido.
50. Las obras deberán implementar medidas para evitar alterar las corrientes y flujos pluviales en las pendientes.	V	Es importante referir que en el capítulo II de la MIA-R se describen las obras de drenaje menor que se contemplan para evitar modificar y/o alterar las corrientes hídricas y pluviales que se presenten a lo largo del eje carretero. Así también en el contenido del capítulo VI, se contempla como medida de mitigación la revegetación de taludes y reforestación de áreas con el fin de mantener las infiltraciones naturales de lluvia al suelo y evitar la erosión hídrica.
55. Se deben conservar en pie los árboles muertos de	I, V	En caso de encontrarse dentro de la LC, árboles muertos en

<p>la vegetación nativa que presenten indicios de utilización por parte de la fauna que habite en dichos sitios.</p>	<p>pie que presenten indicios de ser utilizados por la fauna del sitio, éstos serán protegidos tal como se menciona en el capítulo VI, donde se indica que se deberá proteger cualquier individuo de vegetación que presente nidos activos. Se deberán proteger y evitar su derribo hasta que se presente el abandono natural de los polluelos, es decir, hasta que alcancen autonomía alimenticia.</p>
<p>56. La realización de obras en zonas en donde se encuentren especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, quedará condicionada a lo que establezca el dictamen de la manifestación de impacto ambiental correspondiente.</p>	<p>I, V En la zona donde se ubica el proyecto se identificó la presencia de especies de flora y fauna en alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010. En virtud de lo anterior, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R, el proyecto propone un conjunto de medidas de mitigación con la finalidad de prever, atenuar y compensar los impactos ambientales que se originen durante las diversas etapas del proyecto. Es necesario indicar que las medidas ambientales y las obras y actividades que comprenden el desarrollo del proyecto, se someten al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) ante la autoridad competente (SEMARNAT-DGIRA) con la finalidad de obtener la anuencia ambiental correspondiente, con la cual, se podrá desarrollar el proyecto sin restricción legal alguna.</p>
<p>57. No se permite la quema de material vegetal producto del desmante.</p>	<p>I, V El proyecto carretero no contempla la quema del material vegetal derivado del desmante, por lo tanto, los trabajos que comprenden el desarrollo del proyecto no contraviene lo que establece este criterio de regulación ecológica.</p>

### III.5.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Valle Pachuca-Tizayuca

*Publicado en el PO del Estado de Hidalgo el 21 de junio de 2004, con fecha de actualización 10 de febrero de 2014.*

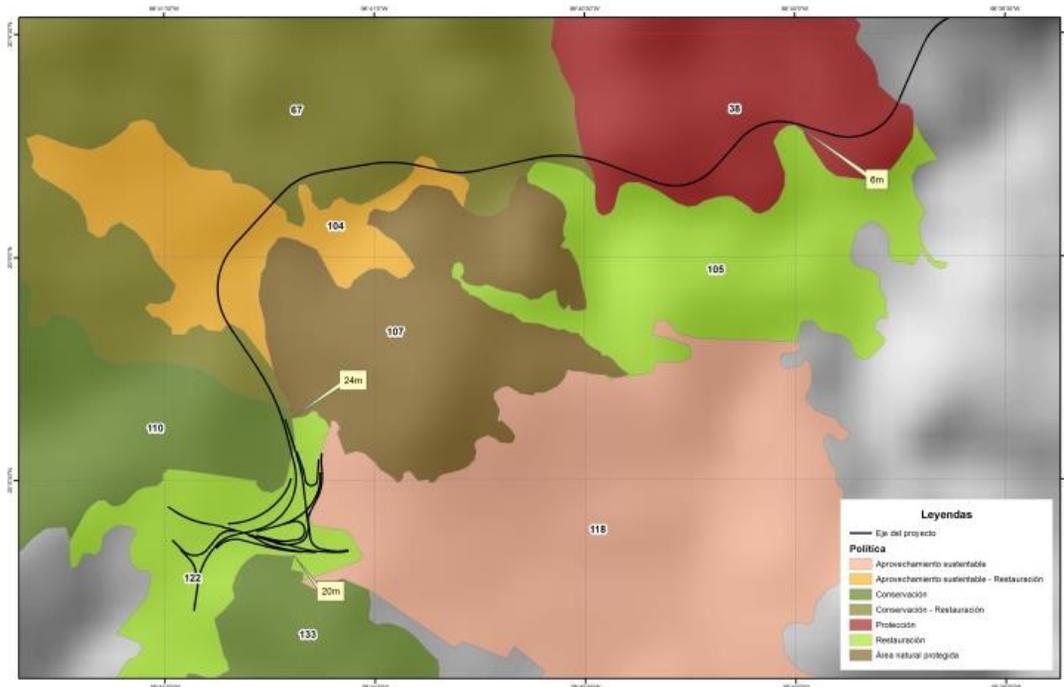
La Región Valle Pachuca-Tizayuca, se ubica al sur del Estado de Hidalgo, en el Sistema Volcánico Transversal que atraviesa a la República Mexicana de oeste a este; constituida por montañas que cumplen entre otras funciones las de regular el clima y favorecer la recarga de acuíferos. Aunado a lo anterior, la región se integra por los municipios de Epazoyucan, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, Pachuca de Soto, San Agustín Tlaxiaca, Singuilucan, Tizayuca, Tolcayuca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez y Zempoala; ocupando una superficie de 2105.99 km<sup>2</sup>.

De acuerdo al análisis realizado a esta disposición jurídica, se identificaron las unidades de gestión ambiental y las políticas ambientales aplicables al proyecto, las cuales son:

**Tabla 6. Unidades de gestión ambiental y las políticas ambientales aplicables**

Unidades de Gestión Ambiental (UGA)	Políticas ambientales
38	Protección
67	Conservación-Restauración
104	Aprovechamiento-Restauración
110	Conservación
122	Restauración

En la siguiente imagen se observa lo antes descrito.



**Imagen 5. Ubicación del trazo propuesto dentro de las unidades de gestión ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Valle Pachuca- Tizayuca**

Asimismo, a continuación se describen los lineamientos (metas deseadas) que son aplicables a las unidades de gestión ambiental antes descritas, las cuales, son aplicables al proyecto.

**Tabla 7. Lineamientos (metas deseadas)**

UGAS	Lineamientos (metas deseadas)
38	Preservar el ecosistema de bosque templado de oyamel y demás ecosistemas naturales, recuperando las zonas degradadas.
67	Conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema de bosque templado de oyamel y los demás ecosistemas, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra evitando la disminución del capital natural y recuperando los ecosistemas degradados.
104	Aprovechar de manera sustentable la agricultura de temporal mejorando su productividad en zonas de baja pendiente
110	Conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema de bosque templado de encino y los demás ecosistemas, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra evitando la disminución del capital natural.
122	Recuperar los ecosistemas degradados y las zonas erosionadas

Las estrategias para alcanzar los lineamientos (metas deseadas) establecidos en las unidades de gestión ambiental identificadas son las siguientes:

**Tabla 8. Estrategias**

<b>ESTRATEGIAS</b>	<b>UGAs</b>
E1. Investigación ecológica	38, 67, 104, 110, 122
E2. Prevención de riesgos.	38, 67, 110, 122
E3. Protección de ecosistemas.	38,
E4. Conservación y manejo sustentable de recursos naturales.	67, 110
E5. Protección y recuperación de especies de fauna en riesgo.	38, 67, 110,
E6. Restauración ecológica.	38, 67, 104, 110, 122
E7. Rescate y restauración de ecosistemas riparios.	38, 67, 104, 110
E8. Reducir o evitar la fragmentación de los ecosistemas.	38, 67, 110, 122
E9. Pago por servicios ambientales hidrológicos.	38, 67, 110,
E10. Pago por servicios ambientales para la conservación de la biodiversidad.	38, 67, 110,
E11. Pago por servicios ambientales por captura de carbono.	38, 67, 110,
E12. Mitigación al cambio climático.	104
E13. Impulso a las actividades de vigilancia forestal.	38, 67, 110, 122
E14. Promoción del ecoturismo.	110
E15. Desarrollo del senderismo interpretativo.	38, 67, 110
E16. Impulso al turismo de aventura extremo.	38, 67, 110
E17. Fomento al manejo forestal sustentable.	110
E18. Impulso al desarrollo de plantaciones forestales comerciales.	104
E19. Fomento de la fruticultura.	104
E20. Fomento de la acuicultura.	104
E21. Fomento de la apicultura.	104, 110
E22. Fomento de la asociación de actividades agropecuarias.	104
E23. Promoción de la agricultura orgánica.	104
E25. Combate a incendios forestales.	38, 67, 110, 122
E27. Impulso al manejo integral de residuos sólidos.	110
E29. Fomento de la agroforestería.	104
E30. Establecimiento de corredores biológicos.	38, 67, 110, 122
E31. Reconversión productiva de actividades pecuarias a forestales.	67, 110, 122
E32. Reconversión productiva de actividades agrícolas a forestales.	67, 104, 110, 122
E33. Fomento al establecimiento de UMA's.	38, 67, 104, 110
E34. Traslado paulatino de la ganadería.	38, 67, 104, 110
E36. Incremento de productividad agrícola.	104
E38. Desarrollo de las organizaciones productivas.	104
E40. Conservación de suelos.	38, 67, 104, 110, 122
E41. Reducción de la erosión.	38, 67, 104, 110, 122
E42. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales por poseedores de la tierra.	67, 110
E43. Creación de nuevas áreas naturales protegidas.	38

Con respecto a las estrategias antes mencionadas, es importante referir que, el proyecto para contribuir al objetivo de ellas, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R describe un conjunto de medidas de mitigación con la finalidad de prever, atenuar y/o compensar los impactos ambientales que se deriven por la ejecución del proyecto en sus diversas etapas. Entre las medidas ambientales propuestas se encuentran las siguientes:

- Actividades de rescate y reubicación de fauna silvestre.
- Programa de reforestación.
- Programa de rescate de flora silvestre.

A continuación, en el siguiente cuadro se describen de manera general, los criterios ecológicos y los usos de suelo establecidos en el Ordenamiento de la Región Valle Pachuca-Tizayuca para las unidades de gestión ambiental involucradas.

**Tabla 9. Criterios ecológicos y los usos de suelo - Ordenamiento de la Región Valle Pachuca-Tizayuca**

UGAS	Criterios ecológicos	Usos de suelo	
		Compatibles	Incompatibles
38	Ah01, At12, Co01, Fn01, Fn02, Fn03, Fo03, Fo06, Fo09, Fo10, Ga03, Ga05, In10, Tu01, Tu02, If08	Forestal no maderable, Turismo, <b>Infraestructura</b>	Agricultura de Riego, Agricultura de Temporal, Ganadería, Acuacultura, Forestal Maderable, Industria, Asentamientos Humanos.
67	Ah02, At12, Co01, Fn01, Fn02, Fn03, Fo03, Fo06, Fo07, Fo08, Fo09, Fo10, Ga03, Ga04, Ga05, In10, Tu02, Tu03, Tu04, Tu05, If07	Forestal no maderable, Turismo, <b>Infraestructura</b>	Agricultura de riego, Agricultura de Temporal, Ganadería, Acuacultura, Forestal maderable, Industria, Asentamientos Humanos
104	Ah03, Ah10, At01, At02, At03, At04, At05, At06, At07, At08, At09, At10, At11, At13, Co01, Fn01, Fn02, Fn03, Fo06, Ga03, Ga04, Ga05, Ga07, Ga08, If01, If02, If03, If04, If05, If06, If07, In09, In10, Tu02, Tu03, Tu04, Tu05	Agricultura de temporal, forestal no maderable, Turismo, <b>Infraestructura</b>	Agricultura de riego, Acuacultura, Forestal maderable, industria. Asentamientos humanos.
110	Ah02, At12, Co01, Fn01, Fn02, Fn03, Fo01, Fo02, Fo03, Fo04, Fo05, Fo06, Fo07, Fo08, Fo09, Fo10, Ga03, Ga05, In10, Tu02, Tu03, Tu04, Tu05, If07	Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo, <b>Infraestructura</b> .	Agricultura de riego, Agricultura de temporal, Ganadería, Acuacultura, Industria, Asentamientos humanos.
122	Ah01, At01, At02, At03, At04, At05, At06, At07, At08, At09, At10, At11, At13, Co01, Fo03, Fo06, Fo09, Fo10, Ga03, Ga04, Ga05, In10, Tu02, Tu03, Tu04, Tu05, If07	Agricultura de temporal, <b>Infraestructura</b> .	Agricultura de riego, Ganadería, Acuacultura, Forestal maderable, Forestal no maderable, Turismo, Industria, Asentamientos Humanos.

Como puede observarse en el cuadro anterior, el uso de suelo "infraestructura" se encuentra en las cinco (5) unidades de gestión ambiental aplicables como uso de suelo compatible; por lo tanto, la infraestructura carretera propuesta en la zona de estudio es completamente viable de desarrollarse.

En seguida, se describen por sector los criterios ecológicos que, por la naturaleza misma del proyecto son directamente aplicables al conjunto de trabajos que se pretenden. De igual modo, se presenta la vinculación de cada uno de ellos con el proyecto.

**Tabla 10. Criterios ecológicos aplicables**

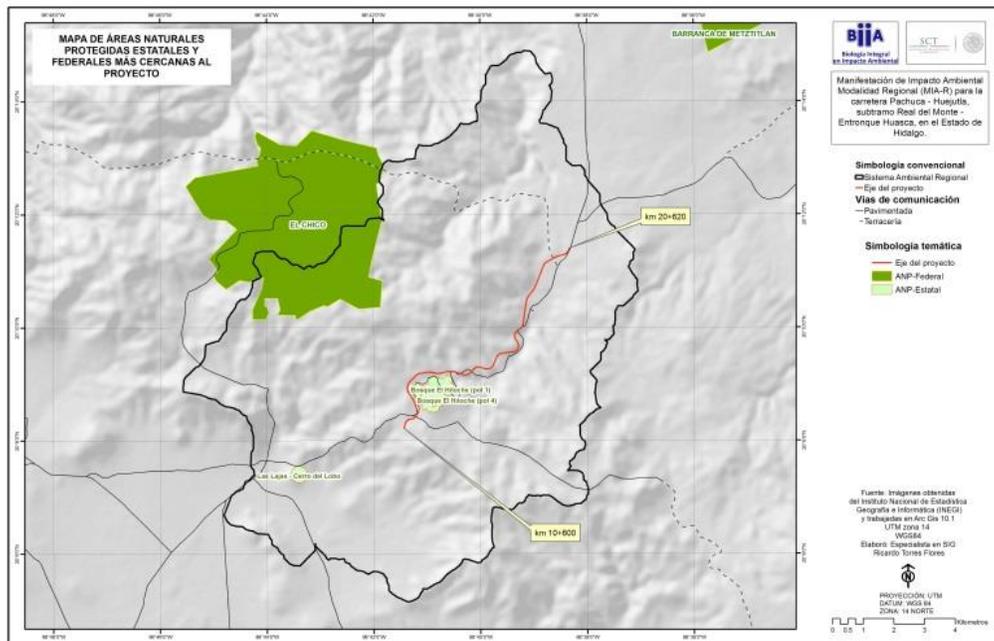
UGAS	Sector CONSERVACIÓN (Co)	VÍNCULO CON EL PROYECTO
38, 67, 104, 110, 122	Co01: Cualquier actividad productiva a realizar en la UGA deberá garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.	El proyecto propone en sus diferentes etapas de construcción, medidas de mitigación con la finalidad de contribuir al mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; de igual modo, tiene el propósito de conservar los ecosistemas y la biodiversidad de la zona a intervenir. En el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen de forma más amplia las medidas ambientales a seguir durante el desarrollo del proyecto.
UGAS	<b>Sector FORESTAL NO MADERABLE (Fn)</b>	<b>VÍNCULO CON EL PROYECTO</b>
38, 67, 104, 110	Fn02: En áreas con pendientes mayores a 30% se conservará, o en su caso, restaurará la vegetación nativa, evitando llevar a cabo aprovechamientos forestales tanto maderables como no maderables.	El proyecto no pretende llevar a cabo actividades de aprovechamiento forestal. Las actividades de remoción de vegetación forestal que contempla son únicamente para la construcción de una vía general de comunicación terrestre. Sin embargo, con la intención de contribuir al cuidado y protección del ecosistema presente en el sitio a intervenir, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R de forma más explícita propone desarrollar un programa de reforestación en la zona de estudio.
UGAS	<b>Sector FORESTAL MADERABLE (Fo)</b>	<b>VÍNCULO CON EL PROYECTO</b>
110	Fo02: La utilización del suelo forestal debe hacerse de manera que este mantenga su integridad física, biológica y su capacidad productiva, controlando en todo caso los procesos de erosión y degradación, garantizando la captación, protección y conservación de los recursos hídricos y la carga de los mantos acuíferos, la contribución a la fijación de carbono y liberación de oxígeno, la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas forestales, especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.	Con la finalidad de conservar superficies forestales, reducir los impactos ambientales y contribuir al cuidado y protección de las especies de flora y fauna existentes en la zona a intervenir, principalmente de las que se encuentren en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen las medidas de mitigación que el proyecto propone, tales como el rescate de flora, rescate de fauna y reforestación con especies nativas. Todo esto, con el objetivo de mantener la integridad funcional de la zona de estudio.
38, 67, 104, 110, 122	Fo06: En áreas con pendientes mayores a 45% se deberá conservar, o en su caso restaurar la vegetación nativa.	En el contenido del capítulo VI de la MIA-R, el proyecto propone un programa de reforestación, con lo cual, contribuye al objetivo que persigue este criterio de regulación ecológica.
UGAS	<b>Sector INFRAESTRUCTURA (If)</b>	<b>VÍNCULO CON EL PROYECTO</b>
104	If01: Se permitirá la instalación de infraestructura únicamente de disposición lineal evitando la reducción de zonas agrícolas en grandes proporciones y la promoción de nuevos centros de población.	Las obras y actividades que comprenden el proyecto no contravienen lo señalado por este criterio de regulación ecológica. Esto, en virtud que la infraestructura carretera propuesta es una obra lineal, no reduce las zonas agrícolas de la zona y por lo accidentado de su topografía no promueve el asentamiento humano.

104	<p>If02: Las carreteras existentes y las nuevas obras deberán contar con los pasos de fauna subterráneos suficientes para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar el éxito de los mismos.</p>	<p>El diseño del proyecto contempla la construcción de diversas obras de drenaje, las cuales, podrán ser utilizados por la vida silvestre como pasos de fauna. En el contenido del capítulo II se describen los sitios y las características de dichas obras complementarias. De igual modo, para el cuidado y protección de la vida animal, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R se describen las medidas de mitigación que el proyecto propone para su desarrollo.</p>
104	<p>If03: Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de caminos rurales prioritarios para el desarrollo de las comunidades locales, deberá incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) y programas de rescate de flora y fauna, garantizando medidas de compensación y mitigación.</p>	<p>Para contribuir al objetivo del criterio ecológico aquí establecido, el proyecto carretero propone un programa de recolección de germoplasma de especies nativas, un programa de reforestación, actividades de rescate y reubicación de fauna y un programa de rescate de flora. Todo esto, con la finalidad de prever, atenuar y compensar los impactos ambientales que surjan en las diversas etapas del proyecto.</p>
104	<p>If04: La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje.</p>	<p>Entre las medidas de prevención se indica que el contratista deberá realizar es desmonte únicamente dentro de la LC requerida para el proyecto de forma que se permita reducir la superficie de cobertura vegetal a intervenir, de igual forma, con las diversas obras de drenaje menor que se proyectan a lo largo del eje carretero se evitará la interrupción de los flujos hídricos. De igual modo, las medidas de mitigación que se proponen en el contenido del capítulo VI de la MIA-R tienen como fin que la integridad funcional del ecosistema no se afecte drásticamente y, que a la vez, tenga capacidad para resistir la construcción del proyecto. Entre las medidas de mitigación propuestas se encuentran las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de germoplasma de especies nativas.</li> <li>• Programa de reforestación,</li> <li>• Actividades rescate y reubicación de fauna.</li> <li>• Programa de rescate de flora.</li> </ul>
104	<p>If05: El emplazamiento de infraestructura de ser posible, se realizará sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, evitando la apertura de nuevos caminos y considerando la menor distancia entre los puntos de inicio y final de las obras, lo anterior con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de suelo de zonas agrícolas.</p>	<p>En relación a lo que señala este criterio de regulación ecológica, se manifiesta que las obras y actividades del proyecto se exhiben a través de una MIA-R ante la autoridad competente para ser sometida al Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) con la finalidad de obtener la anuencia correspondiente en materia ambiental; para ello, el proyecto propone un conjunto de medidas de mitigación con el objetivo de prever, atenuar y, en su caso, compensar los impactos ambientales que surgirán en las diversas etapas del proyecto.</p>
104	<p>If06: El derecho de vía de los caminos deberá mantenerse libre de maleza con el fin de disminuir el atropellamiento de especies animales.</p>	<p>Una vez construida la carretera, el promovente deberá dar cumplimiento a lo que establece el presente criterio.</p>
67, 104, 110, 122	<p>If07: Se permite el desarrollo de proyectos de infraestructura de acuerdo a las condiciones fisiográficas, morfológicas, topográficas, hidrogeológicas y de otro</p>	<p>El proyecto al someterse al análisis de la autoridad ambiental se ajusta a lo que dispone este criterio de regulación ecológica. En el diseño del proyecto se consideraron los aspectos que aquí se establecen, por lo tanto, su ejecución no contraviene lo aquí establecido.</p>

<p>tipo que se requieran para el adecuado funcionamiento de cada una de ellos en particular; además de cumplir con los requerimientos y necesidades de la población o poblaciones cercanas al sitio de su establecimiento. Cualquier tipo de proyecto que pretenda construirse deberá cumplir con lo establecido en el marco normativo ambiental vigente.</p>	
<p>38 -----</p>	<p>Con relación a este criterio, es necesario manifestar que se identificó que en la tabla número 43 denominada "criterios de regulación ecológica" del ordenamiento de la Región Valle Pachuca-Tizayuca, descrito de la pág. 254 a la pág. 265 no se encontró la descripción correspondiente para este criterio.</p>

### III.6. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

Con respecto a este apartado se identificó que el trazo carretero propuesto no se introduce dentro del área natural protegida más cercana a la ubicación de éste, en este caso, del Parque "Bosque El Hiloche" de competencia del Estado de Hidalgo. De igual modo, modo no interviene dentro de algún área natural protegida de competencia federal. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto no presenta impedimento legal alguno para su ejecución. Lo antes expuesto se visualiza en la siguiente imagen:



**Imagen 6. Ubicación del trazo carretero propuesto con respecto al ANP más cercana.**

### III.7. PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO.

Los planes y programas de desarrollo son instrumentos formales y legales por medio del cual la administración pública encabezada por el órgano ejecutivo fija los objetivos de su gobierno durante su gestión, por lo que es un instrumento que sirve de base en la creación y aplicación de políticas públicas en

materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, según las necesidades presentes y futuras del país, con el fin de lograr una transición positiva del país en áreas de importancia.

Por dicho motivo, a continuación se presenta la observancia de los documentos de planeación aplicables al proyecto:

- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.
- Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018.
- Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018.
- Programa de Inversiones en Infraestructura de Transportes y Comunicaciones 2013-2018.

### **III.7.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2012-2018**

*Publicado DOF el 20 de mayo de 2013.*

El Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018, es el documento de trabajo que rige la programación y el presupuesto de toda la administración pública federal; articulado por un objetivo general “Llevar a México a su Máximo Potencial”, mediante la inclusión de cinco metas nacionales: México en Paz, México Incluyente, México con Educación de Calidad, México Próspero y México con Responsabilidad Global. Además de tres estrategias transversales: Democratizar la Productividad, Gobierno cercano y Moderno y Respetiva de Género. Está conformado por 31 objetivos, 118 estrategias y 813 líneas de acción. Cada objetivo está conformado por estrategias, estas a su vez por acciones, las acciones o líneas de acción, son la expresión más concreta de cómo el gobierno de la república se propone alcanzar las metas propuestas.

Con respecto al tema de infraestructura de transporte el Plan especifica entre sus objetivos, estrategias y líneas de acción lo siguiente:

- **VI. México Próspero**

**Objetivo 4.9.** Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.

**Estrategia 4.9.1.** Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

**Líneas de acción**

- Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad.
- Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros.

**Sector carretero**

- Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes.
- Mejorar y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores.
- Conservar y mantener en buenas condiciones los caminos rurales de las zonas más marginadas del país, a través del Programa de Empleo Temporal (PET).
- Modernizar las carreteras interestatales.

- Llevar a cabo la construcción de libramientos, incluyendo entronques, distribuidores y accesos.
- Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.
- Realizar obras de conexión y accesos a nodos logísticos que favorezcan el tránsito intermodal.
- Garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, a través de mejores condiciones físicas de la red y sistemas inteligentes de transporte.

### III.7.2. Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018.

*Publicado DOF el 29 de abril de 2014.*

En apego al Sistema Nacional de Planeación Democrática y a través del Programa Nacional de Infraestructura, el Gobierno de la República busca orientar la funcionalidad integral de la infraestructura existente y nueva del país, refiriéndose al sector carretero se refiere, con base en el siguiente objetivo:

- Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social.

Lo anterior, toda vez que se busca optimizar las obras de infraestructura de los sectores estratégicos del país a fin de potenciar la competitividad de México y así, asegurar que las oportunidades de desarrollo lleguen a todas las regiones, a todos los sectores y a toda la población.

En el mismo orden de ideas, en el capítulo 2 denominado “Sector Comunicaciones y transportes”, subtema 2.3 “Objetivo, Estrategias y Líneas de Acción”, se señala que el objetivo que establece el PNI en el sector carretero, cuenta con tres estrategias y once líneas de acción:

1. México como una plataforma logística global.
2. México con una modalidad de pasajeros moderna.
3. México con acceso universal a la banda ancha.

Por consiguiente para el objetivo 1 se señala la siguiente estrategia y las líneas de acción a seguir:

**ESTRATEGIA 1.1 DESARROLLAR A MÉXICO COMO PLATAFORMA LOGÍSTICA CON INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE MULTIMODAL QUE GENERE COSTOS COMPETITIVOS Y VALOR AGREGADO, MEJORE LA SEGURIDAD E IMPULSE EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL.**

Líneas de acción	
1.1.1	Mejorar la competitividad y eficiencia de la red de transportes a través del desarrollo de infraestructura integral, multimodal y que agregue valor.
1.1.2	Consolidar corredores logísticos nacionales mediante infraestructura que estructure el territorio nacional en ejes longitudinales y transversales que fortalezcan las cadenas de suministro.
1.1.3	Facilitar el comercio exterior desarrollando proyectos que agilicen los flujos internacionales de carga y descongestionen los accesos a puertos fronterizos marítimos y terrestres.
1.1.4	Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.

**Imagen 7. Estrategia y líneas de acción en el sector carretero (PNI)**

Por tanto, en materia de infraestructura carretera, se busca consolidar una red troncal en buen estado que conecte las regiones estratégicas, permitiendo generar costos y tiempos de traslado competitivos.

### III.7.3. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes (PSCT) 2013-2018.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013.

El programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes está diseñado para formular y conducir las acciones que necesita México para el desarrollo del transporte y las comunicaciones, con la visión de poder contar con una infraestructura y una plataforma logística global de comunicaciones y transportes modernos que permitan distribuir los bienes nacionales con oportunidad y al menor costo posible, fomentando mayor productividad, competitividad, desarrollo económico, generación de empleos y mejor calidad de vida de la población mexicana.

Por consiguiente, el PSCT en su capítulo II denominado “Alineación a las Metas Nacionales”, señala los objetivos sectoriales planteados por el Plan Nacional de Desarrollo (PND) y que dan paso a establecer seis objetivos sectoriales de visión general, a saber:

1. Desarrollar una infraestructura de transporte y logística
2. Mejorar los servicios de transporte y logística
3. Generar condiciones para una movilidad moderna y eficiente de personas.
4. Ampliar la cobertura y el acceso a mejores servicios de comunicaciones.

Por lo que se precisa en el capítulo III denominado “Objetivos, Estrategias y Líneas de Acción” que el objetivo 1, en alineación al PND, tiene como propósito “desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”, con base en la estrategia y líneas de acción que se establecen en el cuadro siguiente:

<b>Estrategia 1.1 Modernizar, construir y conservar la red carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos, de eficiencia, seguridad y equidad regional.</b>	
<b>Líneas de acción</b>	
1.1.1	Consolidar los ejes troncales.
1.1.2	Construir, modernizar, reconstruir y conservar caminos rurales y alimentadores, llegando a las zonas más marginadas del país.
1.1.3	Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario.
1.1.4	Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios.
1.1.5	Fomentar los esquemas de APP para captar mayor participación del sector privado.
1.1.6	Coordinar esfuerzos con las cámaras y colegios, para acelerar los procesos de implementación de los proyectos.
<b>Líneas de acción transversales</b>	
a) Adoptar nuevas modalidades de operación y conservación de autopistas, de acuerdo a estándares internacionales, para reducir costos operativos del transporte.	<b>Descripción:</b> Identificar mejores prácticas nacionales e internacionales y el establecimiento de estándares que apliquen en las licitaciones para los procesos de construcción, mantenimiento y ampliación, y con base en ellas, fomentar la participación de empresas tanto nacionales como internacionales que cumplan con estos requisitos, con lo cual se facilitará contar con mejor servicio, mayor seguridad y costos competitivos para los usuarios.
b) Modernizar y ampliar la red de caminos rurales y alimentadores, carreteras interestatales.	<b>Descripción:</b> La modernización de las carreteras interestatales permite integrar los ejes interregionales y mejorar la comunicación entre regiones y la red carretera. Los programas de desarrollo carretero contemplarán acciones específicas para ampliar la red de caminos rurales, alimentadores y carreteras interestatales con criterios de inclusión social y conectividad interregional que propicien el desarrollo equitativo de regiones, ciudades y localidades. Además se atenderá a una mejora en las especificaciones técnicas de la red de caminos rurales y alimentadores.
c) Conservar y mantener en buenas condiciones los caminos rurales de las zonas más marginadas del país.	<b>Descripción:</b> Fomentar en las zonas más marginadas del país el Programa de Empleo Temporal para la conservación y limpieza de dichos caminos. De esta manera, los caminos rurales contribuirán no sólo a conectar dichas zonas marginadas, sino también a potenciar la economía local y lograr mejoras en la productividad facilitando un acceso oportuno a los mercados de las comunidades marginadas.

Imagen 8. Estrategia y líneas de acción en el sector carretero (PSCT)

Por ende, el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes en el ramo carretero plantea mejorar la conectividad de los centros de población con los polos regionales de desarrollo, los centros de consumo y

de producción con el objeto de reducir costos de transporte, mejorar la seguridad y detonar actividades de valor agregado, apoyando el acceso de la población en general a mayores oportunidades de empleo.

### **III.7.2. Programa de Inversiones en Infraestructura de Transportes y Comunicaciones (PIITC) 2013-2018**

*Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 2013.*

El Programa presenta tres objetivos fundamentales en concordancia con los objetivos planteados por el Plan Nacional de Desarrollo.

1. Desarrollar una conectividad logística, que disminuya los costos de transporte, mejore la seguridad vial y detone actividades que den mayor valor a los productos elaborados en nuestro país.
2. Promover un desarrollo regional equilibrado, que abra oportunidades de crecimiento para los mexicanos en todo el territorio nacional.
3. Mejorar la calidad de vida de la población, con infraestructura de transporte, logística y de comunicaciones rápidas, seguras y, sobre todo, más baratas y económicas.

Así mismo, contempla cinco líneas de acción enfocadas a modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de comunicaciones, así como de los diferentes modos de transporte: infraestructura carretera, ferrocarriles, puertos, aeropuertos y telecomunicaciones.

De ahí que, los objetivos que se establecen en materia de infraestructura carretera son:

- Contar con una red troncal carretera segura, completa y en buen estado que conecte las regiones estratégicas y que permita disminuir los costos de transporte y tiempo de traslado.
- Completar en altas especificaciones los tres corredores troncales más importantes.
- Acercar a las comunidades más alejadas mediante la construcción y modernización de caminos rurales.

Vinculación con el proyecto: El proyecto se relaciona directamente con los planes y programas de carácter federal a los que se ha hecho mención en párrafos anteriores, debido a que la construcción que se pretende hacer del eje carretero ubicado en los municipios de Mineral del Monte y Omitlán de Juárez en el Estado de Hidalgo, se constituye como un proyecto que tiene la finalidad de brindar un mejor servicio en materia de infraestructura carretera a los pobladores, proporcionando mayor seguridad y un desplazamiento en un menor tiempo, así como generar un mayor desarrollo económico.

## **III.8. PLANES ESTATALES DE DESARROLLO.**

### **III.8.1. Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 (actualización)**

El Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 del Estado de Hidalgo es un instrumento de política pública basado en 5 ejes rectores los cuales son: 1.-Desarrollo social para el bienestar de nuestra gente, 2.- Competitividad para el desarrollo de una economía sostenible, 3.- Desarrollo ordenado y sustentable, 4.- Paz y tranquilidad social, convivencia con armonía y 5.- Gobierno moderno, eficiente y municipalista.

Derivado de lo anterior, en el eje rector 3 encaminado al desarrollo ordenado y sustentable, en el capítulo 3.4 denominado infraestructura de comunicaciones, apartado I "estructura por objetivos", se contemplan

los siguientes objetivos, tanto estratégicos como generales y la correspondiente estrategia transversal y línea de acción aplicables al proyecto :

**Eje 3. DESARROLLO ORDENADO Y SUSTENTABLE.**

*3.4. Infraestructura de comunicaciones.*

*I. Estructura por objetivos.*

**a) Objetivo estratégico**

*Generar, modernizar y conservar la infraestructura de comunicaciones en el estado para ofrecer mayor seguridad, movilidad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de sus distintas regiones, gestionando la participación pública y privada; a fin de contar con un sistema carretero seguro, rápido y eficaz que garantice el transporte de pasajeros y bienes entre los diferentes municipios y regiones y coadyuve a disminuir la pobreza y marginación en el estado.*

**b) Objetivos Generales**

*3.4.2 Integrar con infraestructura carretera a localidades del estado.*

*Construir, ampliar y modernizar la infraestructura carretera del estado a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población para contar con mayores oportunidades de progreso y desarrollo, mediante la integración de sus distintas regiones.*

**Estrategia transversal 7.**

*Beneficios para que tú avances.*

*Asegurar el acceso de la población a los satisfactores básicos, a saber: alimentación, salud, educación, vivienda, medio ambiente, información, recreación y cultura, vestido, calzado y cuidado personal, transporte público, comunicaciones, acceso a los servicios públicos y empleo; que mejoren la calidad de vida de la población en forma corresponsable con la sociedad y los participantes de estos beneficios. Propósitos y evaluación de impacto.*

**Línea de acción 5**

*Coadyuvar en la generación de infraestructura de comunicaciones en las regiones productivas del estado.*

**III.8.2. Programa Sectorial de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial (PSOPOT) 2011-2016 (actualización)**

El Programa Sectorial de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo es un instrumento de política pública que establece las estrategias, líneas de acción y objetivos por cumplir durante la gestión del actual gobierno, con la finalidad de convertir al Estado de Hidalgo en un centro logístico de alto valor agregado a nivel nacional, que interconecte a la red carretera en esta zona del país, coadyuvando en el desarrollo de la misma, y brindando a la sociedad una infraestructura de comunicaciones y transportes sólida, consolidada y desplegada estratégicamente por toda la geografía estatal a través de una agenda de la que se desprenda una logística eficiente, que permita el desplazamiento adecuado de satisfactores y personas a costos menores y en menor tiempo y con una mayor seguridad, fortaleciendo la interconexión entre las regiones.

Aunado a lo anterior el programa define a las carreteras federales como la red que interconecta al Estado y que se encuentran bajo supervisión y responsabilidad de las normativas federales en el sector; lo que genera impacto en la conexión del Estado con otras regiones de la entidad, propiciando una mejor comunicación y un incremento en el nivel de vida de los habitantes, quienes se benefician al poder acceder a una gama de servicios más amplia. En consecuencia, las acciones coordinadas ente el gobierno

federal y estatal tienen el firme propósito de fortalecer el sector carretero federal en la entidad y por ende, propiciar un mayor desarrollo integral en las regiones en las cuales se asientan.

Por consiguiente, el Programa en su capítulo 2 denominado "Introducción y Fundamentación", inciso c) establece 5 objetivos generales a seguir, de los cuales en materia de infraestructura carretera, destaca el siguiente:

"Objetivo General 1: Fortalecer la infraestructura de comunicaciones y transportes, consolidándola de manera competitiva de tal forma que permita mejorar el desarrollo de las regiones a través del fortalecimiento de la infraestructura existente y la construcción de nueva infraestructura requerida."

A su vez, en el inciso d) se señalan diversas estrategias transversales, que en relación al objetivo 1, tienen correlación las siguientes:

✓ E.T. 5 Productividad y Competitividad con Beneficio Social

La visión del gobierno del Estado es brindar a todos los hidalguenses sin distinción de ninguna clase los beneficios que les permitan acceder a un mejor nivel de vida; para ello es necesario contar con las herramientas de infraestructura y servicios básicos que hagan incrementar y elevar su productividad.

Para esta estrategia se establecen diversas líneas de acción, de entre las cuales destaca la línea de acción 2, que hace referencia a impulsar proyectos estratégicos en materia de infraestructura, que coadyuven en el aprovechamiento de las ventajas competitivas que existen entre una región y otra.

✓ E.T. 7 Beneficios para que tú avances

La Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial (SOPOT) asegura que la población hidalguense de todas las regiones tenga acceso a infraestructura de comunicaciones, carretera, urbana, servicios de agua potable, drenaje sanitario y saneamiento, así como a la vivienda, coadyuvando con ello a que aquella reciba beneficios concretos.

De igual forma, para esta estrategia se han identificado líneas de acción dirigidas al sector carretero, como son, la línea de acción 3 y 5, que tienen el propósito de coadyuvar en la generación de infraestructura de comunicaciones en las regiones productivas del estado y ampliar la cobertura, servicios e infraestructura básica, social y de comunicaciones para que su impacto alcance a la mayor cantidad de usuarios en el estado, respectivamente.

Por lo que al mismo tiempo, en el programa se señalan los retos que el sector carretero en relación con el sector de servicios de autotransporte persiguen, los cuales están enfocados en considerar desarrollar más ejes transversales que permitan intercomunicar a las diversas regiones del Estado, mejorar la comunicación con los ejes troncales existentes en el país, modernizar los corredores interestatales y priorizar aquellos proyectos que aumenten la competitividad y contribuyan a eliminar los desequilibrios económicos regionales.

Finalmente, en el capítulo 4 denominado "Alineación a las Políticas Públicas Estatales", inciso b) se establece la descripción de los objetivos generales, estrategias y líneas de acción correspondientes para cada objetivo planteado por el PSOPOT, por lo que para el objetivo 1 corresponde lo siguiente:

**Tabla 11. Objetivos generales. Estrategias y líneas de acción del Programa Sectorial de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial**

Objetivos generales.	Descripción funcional e impacto
<p>Objetivo 1. Fortalecer la infraestructura de comunicaciones y transportes, consolidándola de manera competitiva de tal forma que permita mejorar el desarrollo de las regiones a través del fortalecimiento de la infraestructura existente y la construcción de nueva infraestructura requerida.</p>	<p>Consolidar la infraestructura carretera federal, estatal y rural de la entidad, construyendo la necesaria en los lugares en que esta no exista, modernizando la existente y estableciendo mecanismos de mantenimiento preventivo en toda la red carretera, atendiendo de manera inmediata las afectaciones generadas por fenómenos meteorológicos, a manera de impactar en las regiones del estado brindándoles posibilidades de acceso a servicios de salud, educación, comercialización y comunicación en general</p>
Estrategias	
Estrategia 1. Construir, conservar y modernizar las carreteras estatales del estado.	
Estrategia 2. Construir, conservar y modernizar los caminos rurales del estado.	
Estrategia 3. Construir, ampliar y modernizar puentes y distribuidores viales en todas las regiones del Estado.	
Estrategia 4. Realizar los estudios y proyectos necesarios para la ejecución de las obras de infraestructura.	
Líneas de acción aplicables	
Línea de acción 9. Coadyuvar en la liberación de derechos de vía.	
Línea de acción 12. Propiciar la aprobación de los dictámenes de impacto ambiental.	

Por lo anterior, es que el Programa busca concretar tales objetivos en beneficios tangibles que permitan lograr un mejor desarrollo social y económico, en armonía con el medio ambiente, para que de manera coordinada y conjunta entre la sociedad y el gobierno, se logre un crecimiento óptimo para el Estado.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO: El proyecto en cuestión encuentra estrecha relación con los objetivos, estrategias y líneas de acción que se establecen en el Plan Estatal de Desarrollo y el Programa Sectorial de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, debido a que la construcción de la carretera pretende generar e incrementar la movilidad de personas y mercancías en la zona donde se pretende ubicar, propiciando un mayor desarrollo económico y social, y a su vez que pueda favorecer la comunicación entre las diversas regiones del Estado, así como de estas para con las regiones aledañas al mismo, con la finalidad de hacer del Estado de Hidalgo un centro logístico de importancia en materia de comunicaciones y transporte que provea servicios a la población con características sustentables.

### **III.9. PLANES MUNICIPALES DE DESARROLLO.**

#### **III.9.1. Plan Municipal de Desarrollo de Mineral del Monte 2012-2016**

El Plan Municipal de Mineral del Monte establece como aspectos rectores de su política pública los 5 ejes siguientes: 1.- Desarrollo social para el bienestar de nuestra gente, 2.- Competitividad para el desarrollo económico sustentable, 3.- Desarrollo municipal ordenado y sustentable, 4.- Paz y tranquilidad social, convivencia con armonía y 5.- Gobierno moderno y eficiente. Por lo que para el presente estudio, se considera el eje siguiente:

#### ***Eje 3.Desarrollo Municipal, Ordenado y Sustentable.***

##### ***3.5. Obra Pública Municipal***

**Objetivo estratégico.**

*Fortalecer la estrategia de construcción y modernización de la infraestructura en el municipio a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población a los servicios básicos y así contribuir a la integración de sus distintas comunidades; mantener en buen estado la infraestructura de comunicaciones existente para contar con un sistema carretero seguro, rápido y eficaz que garantice el transporte de pasajeros y bienes entre los diferentes municipios en las actividades referentes al mantenimiento, conservación, reconstrucción, pavimentación y modernización de las vías de comunicación.*

**Acciones estratégicas.**

- *Construir y modernizar la infraestructura carretera que conecta a las comunidades del medio rural.*
- *Dotar de accesos pavimentados a la cabecera municipal, permitiendo integrarla de manera adecuada al desarrollo económico y sustentable.*
- *Mejorar la coordinación interinstitucional a efecto de llevar a cabo proyectos de infraestructura que tengan un beneficio regional y sustentable.*

### **III.9.2. Plan Municipal de Desarrollo de Omitlán De Juárez 2012-2016**

El Plan Municipal de Omitlán de Juárez es un instrumento de política pública que señala de 5 ejes: 1.- La mayor prioridad, el desarrollo social y humano de nuestra gente, 2.- Prosperidad económica para el crecimiento sustentable, 3.- El Omitlán ordenado y sustentable que queremos, 4.- La paz y tranquilidad social, garantes de la convivencia con armonía y 5.- Ayuntamiento de Omitlán, un gobierno moderno y eficiente.

De lo anterior, es aplicable al proyecto:

#### **3.5. Obra Pública Municipal**

##### **3.5.2. Objetivos**

- *Proyectar las obras públicas que requiera el municipio de Omitlán en apego a las necesidades actuales, con una visión de beneficio público, así como de sustentabilidad en el mediano y largo plazo.*
- *Construir la obra pública en apego a la normatividad y a los más altos estándares de calidad considerando los aspectos, sociales, ambientales y económicos.*

##### **3.5.4. Líneas de acción**

- *Mejorar las vías de acceso al municipio.*

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO: El proyecto en comento, tiene una estrecha relación con los objetivos, estrategias y líneas de acción de los programas municipales a los que se ha hecho mención, ya que se podrá dar paso a impulsar una mayor actividad comercial, al contar con una cobertura de carreteras que cumplan con estándares de calidad que permitan proporcionar un servicio que satisfaga las necesidades de los usuarios y por ende, genere beneficios económicos a los municipios y al propio Estado de Hidalgo.

### **III.10. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.**

De acuerdo con lo que establece la Ley Federal de Metrología y Normalización en su artículo 3 fracción XI, las normas oficiales mexicanas son la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las

dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

De manera que, el proyecto debe hacer la observancia de estas disposiciones, con la finalidad de garantizar que las actividades que se tienen contempladas realizar, se desarrollen de manera sustentable, procurando evitar, mitigar o compensar posibles impactos ambientales en la zona de estudio.

Por lo tanto, a continuación se presenta la vinculación realizada a las Normas Oficiales Mexicanas que son aplicables al proyecto en materia ambiental y de infraestructura:

### **III.10.1. Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**

EN MATERIA DE FLORA Y FAUNA	VINCULACIÓN
<p>NOM-059-SEMARNAT-2010 Publicada DOF 30/12/2010</p> <p>Esta norma tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la república mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta norma.</p>	<p>Para dar cumplimiento a esta norma, se realizaron diversos estudios en campo con la finalidad de tener identificadas las diversas especies que se encuentran en el área de estudio, y por ende, poder hacer un cotejo con las enlistadas por esta norma. Por consiguiente, para poder contribuir en la protección de las especies de flora y fauna identificadas, principalmente las catalogadas en esta norma, se han diseñado medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para mantener su integridad funcional y capacidad de carga.</p>

EN MATERIA DE SUELOS	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p>NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 Publicada en el DOF 30/mar/05</p> <p>Esta norma establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación y es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos.</p>	<p>De igual forma para dar cumplimiento a las especificaciones señaladas por la norma, se han contemplado las acciones a realizar en caso de que por alguna circunstancia se generen contaminantes que puedan incidir en la composición natural del suelo, por lo que dichas actividades quedarán a cargo de la empresa responsable de la ejecución del proyecto que se designe para tales fines.</p>

EN MATERIA DE RESIDUOS	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p>NOM-052-SEMARNAT-2005 Publicada en el DOF 23/jun/06</p> <p>Esta norma oficial mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características</p>	<p>Con el fin de realizar la observancia de esta norma, durante la ejecución de las obras y/o actividades contempladas por el proyecto, se realizará la clasificación de los residuos que se generen de acuerdo a los</p>

que hacen que se consideren como tales y es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo lineamientos de esta norma, ya sea por sí o por tercera persona debidamente acreditada ante la SEMARNAT.

EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p>NOM-041-SEMARNAT-2006 Publicado en el DOF 10/11/2006</p> <p>Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel permitido y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono; y el factor lambda como criterio de evaluación de las condiciones de operación de los vehículos. Esta es de observancia obligatoria para el propietario o legal poseedor, de los vehículos automotores que circulan el país, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kilogramos, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minería.</p>	<p>Esta norma solo será aplicable si durante la ejecución del proyecto se generan productos que puedan afectar o vulnerar las condiciones normales de la atmósfera.</p>
<p>NOM-045-SEMARNAT-2006 Publicada en el DOF 07/08/2007</p> <p>Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de coeficiente de absorción de luz y el porcentaje de opacidad, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.</p> <p>Su cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, unidades de verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores a diesel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.</p>	<p>La observancia de esta norma al presente proyecto, solo se ajustará en caso de que se encuentre en el supuesto que la norma señala.</p>

EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN POR RUIDO	VÍNCULO CON EL PROYECTO
<p>NOM-080-SEMARNAT-1994 Publicada en el DOF 15/12/1994</p> <p>Esta norma oficial mexicana 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. Se aplica a vehículos automotores de acuerdo a su peso bruto vehicular, y motocicletas y triciclos motorizados que circulan por las vías de comunicación terrestre, exceptuando los tractores para uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que transitan por riel.</p>	<p>Las obras y/o actividades que el proyecto contempla, se ajustaran a esta norma, solo cuando las condiciones o características del mismo se encuentren en el supuesto que señala la norma.</p>

### III.10.2. Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La normativa para la infraestructura del transporte (Normativa SCT) es el conjunto de criterios, métodos y procedimientos para la correcta ejecución de los trabajos que realiza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la infraestructura del transporte y tiene como uno de sus objetivos:

Orientar la selección y aplicación de los criterios, métodos y procedimientos más convenientes para la realización de los estudios y proyectos; para la ejecución, supervisión, aseguramiento de calidad, operación y mitigación del impacto ambiental de la infraestructura durante su construcción, conservación, reconstrucción y modernización.

Por tanto, para las actividades referentes a la remoción de la vegetación forestal presente en la superficie necesaria para la ejecución del proyecto, se deberán de observar las siguientes normas de construcción:

<b>NORMAS SOBRE TERRACERÍAS</b>	
N-CTR.CAR.1.01.001/11 Desmante	La norma menciona los aspectos a considerar en la ejecución del desmante, para carreteras de nueva construcción. El desmante es la remoción de la vegetación existente en el derecho de vía, en las zonas de bancos, de canales y en las áreas que se destinen a instalaciones o edificaciones, entre otras con objeto de eliminar la presencia de material vegetal, evitar daños a la obra y mejorar la visibilidad.
N-CTR.CAR.1.01.002/11 Despalme	La norma contiene los aspectos a considerar en la ejecución del despalme, para carreteras de nueva construcción. El despalme es la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con objeto de evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable.
N-CTR.CAR.1.01.003/11 Cortes	La norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de cortes para carreteras de nueva construcción. Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o lo ordenado por la Secretaría.
N-CTR.CAR.1.01.007/11 Excavación para estructuras	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la excavación para estructuras de carreteras de nueva construcción. Las excavaciones para estructuras son las que se ejecutan a cielo abierto en el terreno natural o en rellenos existentes, para alojar estructuras y obras de drenaje.
N-CTR.CAR.1.01.013/00 Acarreos	La norma contiene los aspectos a considerar en el transporte de materiales aprovechables o de desperdicio, para carreteras de nueva construcción. Los acarreos son el transporte del material producto de bancos, cortes, excavaciones, desmontes, despalmes y derrumbes, desde el lugar de extracción hasta el sitio de su utilización, depósito o banco de desperdicios, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría. De acuerdo con la distancia de transporte, los acarreos pueden ser: acarreo libre, acarreo hasta (100) cien metros, acarreo hasta (1) kilometro y acarreo mayor a (1) kilometro.

<b>NORMAS SOBRE DRENAJE Y SUBDRENAJE</b>	
N-CTR.CAR.1.03.003/00 Cunetas	La norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de cunetas, como obras de drenaje para carretera de nueva construcción. Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cotes, o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.

<p>N.CTR.CAR.1.03.004/00 Contracunetas</p>	<p>La norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de contracunetas como obras de drenaje para carreteras de nueva construcción. Las contracunetas son zanjas o bordos que se construyen en las laderas localizadas aguas arriba de los taludes de los cortes, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie del terreno natural, conduciéndola a una cañada inmediata o a una parte baja del terreno, para evitar el saturamiento hidráulico de la cuneta y deslave o erosión del corte. Según lo indique el proyecto o la Secretaría, las zanjas pueden estar recubiertas o no y los bordos pueden ser de tierra, concreto o suelo-cemento.</p>
--	---

**NORMAS SOBRE PAVIMENTOS**

<p>N.C.TR.CAR.1.04.001/03 Revestimientos estabilizados y no estabilizados</p>	<p>La norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de revestimientos como superficies de rodadura para caminos, ya sean estabilizados con cloruro de calcio o sin estabilización. El revestimiento es una capa de materiales pétreos seleccionados, con una composición granulométrica determinada, que se coloca sobre las terracerías con el objeto de servir como superficie de rodadura. Si lo indica el proyecto o lo ordena la Secretaría, se estabiliza con cloruro de calcio, para mejorar su nivel de servicio y disminuir la generación de polvo durante el paso de los vehículos.</p>
<p>N.CTR.CAR.1.04.002/00 Sub-bases y bases</p>	<p>La norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de sub-bases y bases de pavimentos para carreteras. Sub-base: capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de una carpeta asfáltica o a una losa de concreto hidráulico, soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores. Base: capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-base, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que ésta le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.</p>
<p>N.CTR.CAR.1.04.005/00 Riegos de liga</p>	<p>La norma contiene los aspectos a considerar en la aplicación de riegos asfálticos de liga en la construcción de carreteras y autopistas. Consiste en la aplicación de un material asfáltico sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr una buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se construya encima. Normalmente se utiliza una emulsión asfáltica de rompimiento rápido. La aplicación del riego de liga puede omitirse si la carpeta asfáltica que se construirá encima tiene un espesor mayor o igual que diez (10) centímetros.</p>
<p>N.CTR.CAR.1.04.006/04 Carpetas asfálticas con mezcla en caliente</p>	<p>La norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de carpetas asfálticas con mezcla en caliente, para pavimentos de carreteras de nueva construcción. Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se constituyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación. Según la granulometría del material pétreo que se utilice, pueden ser de granulometría densa, semiabierta o abierta.</p>

**NORMA SOBRE SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

<p>N.CTR.CAR.1.07.009/00 Defensas</p>	<p>La norma contiene los aspectos a considerar en la instalación de defensas para carreteras de nueva construcción. Las defensas son dispositivos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de una carretera, en los lugares donde exista peligro, ya sea por el alineamiento del</p>
---	---

camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos, entre otros, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios, evitando en lo posible que los vehículos salgan del camino y encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Normalmente son metálicas.

**NORMAS SOBRE TÚNELES**

<p>N-CTR-CAR-1-05-002/00 Excavación de túneles con máquinas perforadoras de frente pleno en roca</p>	<p>Esta norma contiene los aspectos a considerar en la excavación de túneles en roca mediante máquinas perforadoras de frente pleno, conocidas también como Topos o Tunneling Machines (TBM). Los túneles excavados mediante máquinas perforadoras mecánicas de frente pleno, son aquellas obras que se construyen para permitir la continuidad del tránsito a través de obstáculos, ejecutadas mediante máquinas capaces de excavar en toda la superficie del frente de avance. La excavación se realiza mediante la trituration de la roca por acción mecánica de un cabezal giratorio equipado con cortadores de alta resistencia al desgaste y el impulso de sistemas hidráulicos que se apoyan directamente sobre las paredes de la cavidad, o bien, en el sistema de soporte que es colocado por el propio equipo.</p>
<p>N-CTR-CAR-1-05-003/00 Excavación de túneles con escudo en suelos.</p>	<p>Esta norma contiene los aspectos a considerar en la excavación de túneles y obras subterráneas mediante escudos, en suelos. Los túneles excavados mediante escudos, son aquellas obras que se construyen para permitir la continuidad del tránsito a través de obstáculos, ejecutados mediante máquinas provistas de una camisa cilíndrica metálica cuyo propósito fundamental es proporcionar el subsuelo un confinamiento temporal en el intervalo entre las operaciones de corte y de colocación del sistema de soporte primario; se utiliza generalmente en terrenos inestables o con tiempo de autosoporte muy bajo.</p>
<p>N-CTR-CAR-1-05-004/00 Anclas para soporte de túneles</p>	<p>Esta norma contiene los aspectos a considerar en la colocación de anclas o pernos de anclaje, en túneles. Las anclas o pernos de anclaje son barras metálicas que se alojan en un barreno perforado en la pared o bóveda de una cavidad subterránea y se inyectan parcial o totalmente en su longitud, para estabilizar y proporcionar soporte al terreno natural desde antes, durante o después de la excavación en zonas inestables. Pueden colocarse en arreglos especiales, en función de los requerimientos de soporte o como elementos aislados para soportar algún bloque o cuña de suelo o roca potencialmente inestable.</p>
<p>N-CTR-CAR-1-05-005/00 Malla electrosoldada en túneles</p>	<p>Esta norma contiene los aspectos a considerar en la colocación de malla electrosoldada para refuerzo del concreto lanzado en la construcción de túneles. La malla electrosoldada es una red metálica formada por una trama cuadrada de alambres soldados en sus intersecciones, que se utiliza generalmente para el refuerzo del concreto lanzado o como soporte temporal de túneles.</p>
<p>N-CTR-CAR-1-05-006/00 Concreto lanzado en túneles</p>	<p>La presente norma contiene los aspectos a considerar en la elaboración y colocación de concreto lanzado, como soporte y revestimiento de excavaciones para túneles. El concreto lanzado es una mezcla de cemento Portland, agregados pétreos, agua, aditivos y fibras en algunas ocasiones, que mediante la fuerza controlada de aire a presión a través de una boquilla, se proyecta sobre una superficie a fin de obtener una capa de recubrimiento compacta, homogénea y resistente, para proteger superficies de roca o suelo contra el intemperismo, proveer soporte temporal o definitivo de una excavación, proteger zonas con alto fracturamiento o alteración y preparar superficies de roca sobre las que se apoyarán otros elementos de soporte en la construcción de túneles</p>
<p>N-CTR-CAR-1-05-007/00 Marcos metálicos en túneles</p>	<p>Esta norma contiene los aspectos a considerar para la colocación de marcos de acero estructural, que se utilicen para sostener las paredes y bóvedas de una excavación en túneles. Los marcos metálicos son elementos compuestos por segmentos de viga de acero estructural tipo I o H, con placas metálicas soldadas en sus extremos y unidos entre</p>

sí con tornillos, para adaptarse a la sección del túnel y soportar las presiones ejercidas por el terreno circundante, transmitiendo las cargas al perfil metálico por medio del tupido formando con bloques y cuñas de madera rectadas entre las paredes y bóvedas de la excavación y el marco metálico.

Vinculación de las normas de construcción con el proyecto: Los trabajos que el proyecto contempla realizar se vinculan directamente con estas normas por tratarse de la construcción de una vía general de comunicación, ya que constituyen los criterios, métodos y procedimientos adecuados para la correcta ejecución de las obras y/o actividades que el proyecto contempla realizar, lo anterior en función de poder implementar infraestructura carretera que pueda mitigar en la medida de lo posible los impactos ambientales que se generen con su ejecución.

### **III.11. CONCLUSIONES**

De lo anteriormente expuesto, podemos concluir que la ejecución que se pretende realizar de las actividades que integran el proyecto, no presentan incompatibilidad alguna con las diversas disposiciones legales aplicables; sino que por el contrario se puede apreciar una armoniosa relación que da certeza jurídica de la viabilidad que existe para la realización de las obras y/o actividades que se contemplan. Aunado a lo anterior, y como se ha mencionado en párrafos anteriores, el proyecto, con el fin de procurar la conservación de la biodiversidad que habita en esa zona, contempla diversas acciones tendientes a compensar, mitigar y restaurar los impactos ambientales que se puedan generar con los trabajos que se pretenden realizar, contribuyendo así, a proveer un servicio con características sustentables y que por otra, permita un óptimo desarrollo socioeconómico en esta zona del Estado de Hidalgo sobre la cual tendrá influencia el proyecto carretero.

IV. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTOS DE LAS TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	2
IV.1 DELIMITACIÓN DEL SAR	2
IV.1.1 Metodología para determinar el SAR del proyecto y resultado	2
IV.1.2 Delimitación del Área de Influencia	5
IV.1.2.1 Metodología	5
IV.1.2.2 Resultados	9
IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SAR	10
IV.2.1 Medio Abiótico	10
IV.2.1.1 Clima y precipitación	10
IV.2.1.2 Geomorfología	11
IV.2.1.3 Geología	12
IV.2.1.4 Edafología	12
IV.2.1.5 Uso de suelo y vegetación	13
IV.2.1.6 Hidrología superficial y subterránea	34
IV.2.2 Medio Biótico	35
IV.2.2.1 Vegetación	35
IV.2.2.3 Fauna	55
IV.2.3 Medio Socioeconómico	73
IV.2.3.1 Indicadores	73
IV.2.3.2 Metodología	74
IV.2.3.3 Resultados	76
IV.2.4 Diagnostico del Paisaje	80
IV.2.4.1 Evaluación del paisaje visual	80
IV.2.4.2 Análisis espacial del paisaje a nivel de Sistema ambiental regional	87
IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	93
IV.4.1 Ponderación de factores ambientales en campo	94
IV.4.2 Condición actual de la erosión hídrica	100
IV.4.3 Estimación del estado de conservación ecológica en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en corrientes que cruzan el eje del proyecto	104
IV.4.4 Diagnóstico ambiental en base al análisis cartográfico del SAR	115
IV.4.2.1 Resultados primarios del Diagnóstico Ambiental en base al análisis cartográfico.	117
IV.4.2.2 Diagnostico ambiental en base a la proporción de cambio	120

## **IV. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTOS DE LAS TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN**

### **IV.1 DELIMITACIÓN DEL SAR**

Se puede definir al Sistema Ambiental Regional como una unidad de investigación, de carácter regional (como lo indica su nombre), que comprende ampliamente la superficie hipotética donde se podrían apreciar los impactos generados por la realización del presente proyecto, que implicaría evidentemente, un cambio en el uso del suelo. Algunos elementos que comúnmente son considerados para su delimitación son: 1) Presencia de ANP's (municipales, estatales y/o federales); 2) Presencia de RTP's (regiones terrestres prioritarias); 3) Regiones hidrológicas prioritarias; y 4) Sitios AICA (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves) o Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) por mencionar algunos.

Sin embargo, el uso de uno o varios de los elementos o criterios antes mencionados pueden llegar a carecer de lógica espacial, obteniendo muchas veces unidades demasiado grandes como para ser relevantes, o demasiado pequeñas que suelen subestimar los posibles impactos.

En el presente apartado se implementó una metodología basada en los límites naturales que ofrece el relieve del suelo proyectado en unidades hidrológicas como son las cuencas, microcuencas, unidades de escurrimiento u otras según la dimensión de los proyectos.

Originalmente el concepto del manejo de cuencas se refiere a la regulación de la descarga de agua que se capta en la misma, aunque hoy en día el concepto se ha ido modificando hacia un enfoque más integrador convirtiéndose la cuenca en una unidad ideal de manejo y análisis ambiental, ya que a través de este enfoque se puede entender de una manera más clara los eventos de interrelación del relieve-suelo-clima-vegetación, así como permite explicar las externalidades que se presentan por los diferentes usos del suelo que le da el hombre (Dourojeanni y col., 2002; Cotler y Priego, 2004).

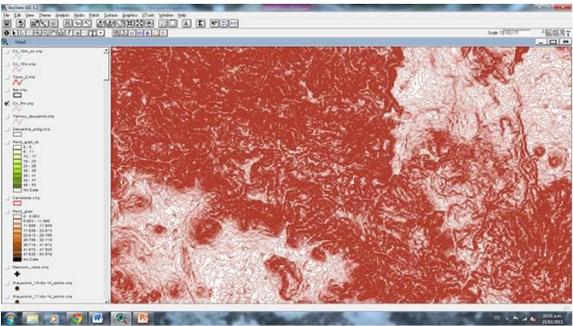
#### **IV.1.1 Metodología para determinar el SAR del proyecto y resultado**

##### ***Obtención del mosaico de microcuencas o unidades de escurrimiento***

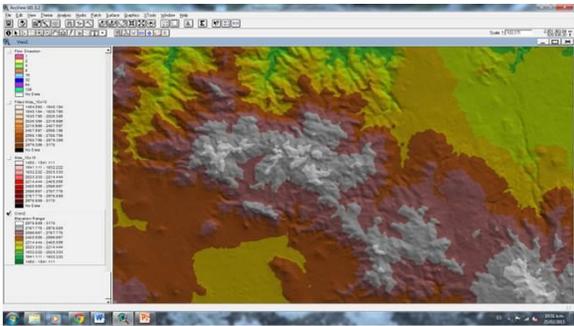
El presente procedimiento se realizó en el programa ArcView 3.2 mediante el uso de las extensiones "*Hydrologic modeling*" y "*Bas 1*". La información básica para la generación de las unidades hidrológicas y la delimitación del Sistema Ambiental Regional corresponde a la siguiente:

- Curvas de nivel (5 metros)
- Eje del proyecto
- Red hidrológica INEGI 1:50,000
- Subcuencas INEGI 1:50,000

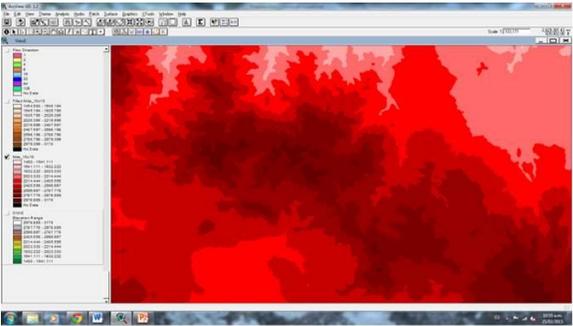
Primeramente se activaron las extensiones "*Hydrologic modeling*" y "*Bas 1*" y se cargó la información antes mencionada para tenerla disponible. Con las curvas de nivel (que se obtuvieron en el programa Global Mapper 14.0) se generó un TIN (Triangulated Irregular Network) para poder obtener el modelo digital de elevación (MDE). Posteriormente se hizo la corrección del MDE mediante la aplicación FILL del menú Hydro.



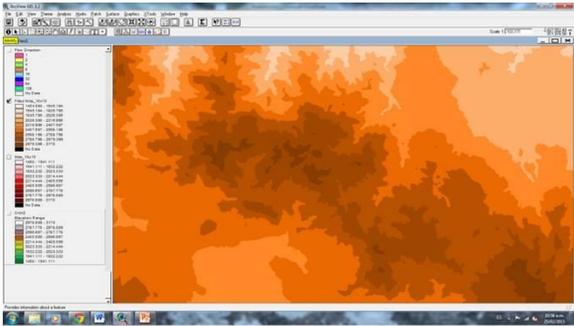
Curvas de nivel (5 m)



TIN (Triangulated Irregular Network)

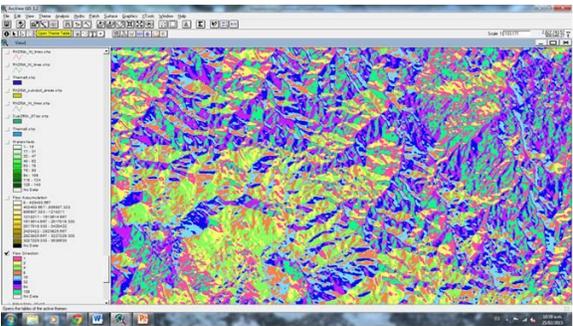


MDE (Modelo Digital de Elevación)

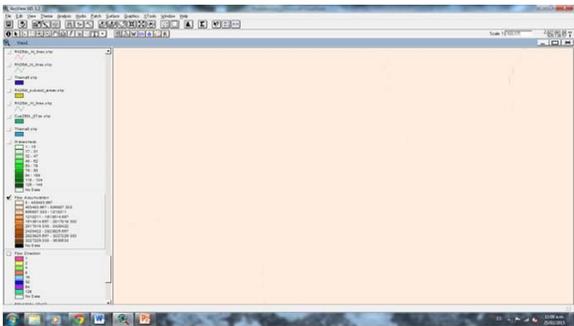


FILL (Corrección de errores del MDE)

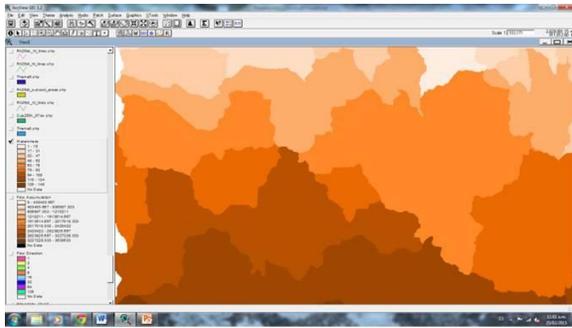
El siguiente paso fue obtener la dirección de flujo y el flujo acumulado en el mismo menú, pero en las opciones Flow Direction y Flow Accumulation para poder activar la opción Watershed que servirá para la generación de las unidades hidrológicas. Es importante en este paso, repetirlo el número de veces necesarias variando la cantidad de píxeles mínimo que presentarían las unidades hidrológicas hasta obtener aquellas que permitan una delimitación más adecuada según las características del proyecto y la red hidrológica. Una vez obtenidas las unidades hidrológicas (que en este caso son unidades de escurrimiento), se transforman a formato vectorial para poder preseleccionar las de interés.



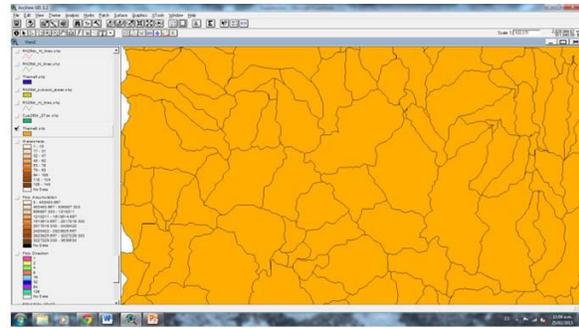
Dirección de Flujo



Acumulación de Flujo

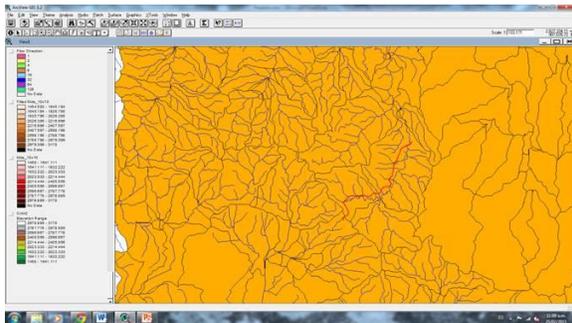


Unidades de escurrimiento en formato Raster

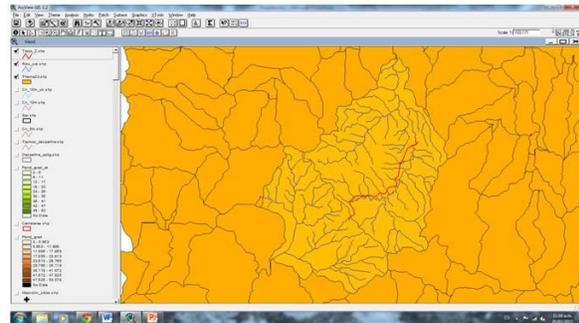


Unidades de escurrimiento en formato Vectorial

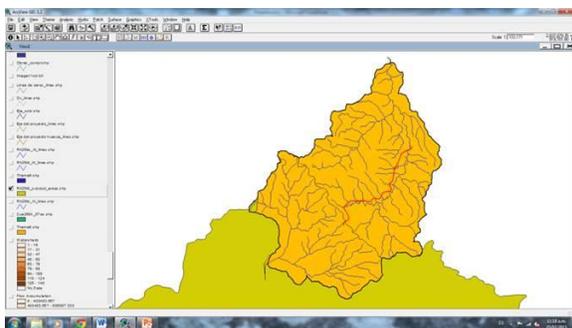
Una vez que se tiene el mosaico de unidades hidrológicas en sencillo elegir aquellas de mayor interés con la red hidrológica y el eje del proyecto sobre-puestos a estas. Debido a que ocasionalmente se llegan a presentar algunos pequeños errores en la delimitación de las unidades hidrológicas, se procedió a modificar de manera manual, algunos puntos del contorno de las unidades seleccionadas. Primero se definieron dos microcuencas del total de unidades de escurrimiento seleccionadas, es decir, habría dos puntos de salida de las aguas captadas en esta superficie. Después se unieron todos los polígonos y se modificó el contorno del mismo; hacia la parte sur usando la subcuenca R. Tezontepec y el resto me forma manual, aunque el procedimiento fue mínimo. El resultado final fue la unión de dos microcuencas que en suma presentan una superficie de 14,630.225 hectáreas.



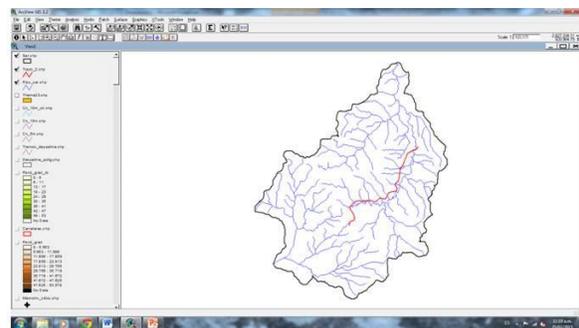
Unidades de escurrimiento, red de drenaje INEGI (1:50,000) y eje del proyecto



Preselección de dos microcuencas



Corrección manual y en base a la subcuenca R. Tezontepec



Sistema Ambiental Regional final (14, 630.225 Has)

## **IV.1.2 Delimitación del Área de Influencia**

### ***Rango de afectación de la infraestructura carretera.***

El rango de afectación de un camino depende de variables tanto ambientales como del diseño de la infraestructura, así como de aspectos socioeconómicos del entorno.

Típicamente los efectos de una carretera sobre la ecología de un sistema ambiental se extienden varias veces la amplitud del proyecto y abarca un asimétrico polígono que refleja una serie de variables ecológicas con distancias diferentes desde cada punto de la carretera debido a la pendiente, dirección del viento, tipo de suelo, presencia humana y calidad ambiental, entre otras variables.

Por otro lado todo fenómeno geográfico tiene un impacto sobre el territorio; en numerosas ocasiones el investigador debe mostrar esta influencia espacial generando en torno al objeto una serie de *coronas*, *corredores* o *áreas próximas*, por ejemplo para mostrar el impacto sobre el territorio de una infraestructura de transporte.

### ***Generación de áreas de influencia geográfica.***

La representación de áreas de influencia en torno a un evento también recibe el nombre de operaciones de generación de *buffers*.

Cuando se generan *buffers* en torno a un objeto debe considerarse una métrica que sirva de base para trazar la amplitud de la zona o zonas de influencia del mismo, siendo uno de los criterios más comunes la distancia geométrica simple desde o hasta la localización analizada.

Este tipo de aplicaciones son especialmente adecuadas para mostrar el comportamiento espacial de un fenómeno geográfico tomando en cuenta criterios de proximidad, ya que denota el impacto o la influencia del mismo sobre el territorio en función de la distancia.

#### ***IV.1.2.1 Metodología***

La metodología utilizada se encuentra basada de los trabajos de de Forman and Alexander (1998) publicada en el artículo *ROADS AND THEIR MAJOR ECOLOGICAL EFFECTS (LOS CAMINOS Y SUS PRINCIPALES EFECTOS ECOLÓGICOS)*:

El área de influencia se comenzó a delimitar en base a las características de nuestro proyecto en cuanto a longitud (10,020 metros), tipo de carretera ("A4 y A4S" con un ancho de corona de variable) y los posibles impactos a generar por las actividades del tipo de proyecto a realizar siendo este la apertura de una nueva carretera.

1. El Polígono preliminar del área de influencia fue procesado en el programa Arc View 3.2, por medio de la generación de polígonos búfer<sup>1</sup>, de 1000m y 500 (siendo estas las distancias máxima y la media arbitraria definidas por los estudios de Forman *et al*).

---

<sup>1</sup> *Búfer entendido como una zona de proximidad al eje del proyecto y funcionando como un área de amortiguamiento en la cual se alojaría la totalidad de los impactos probables.*

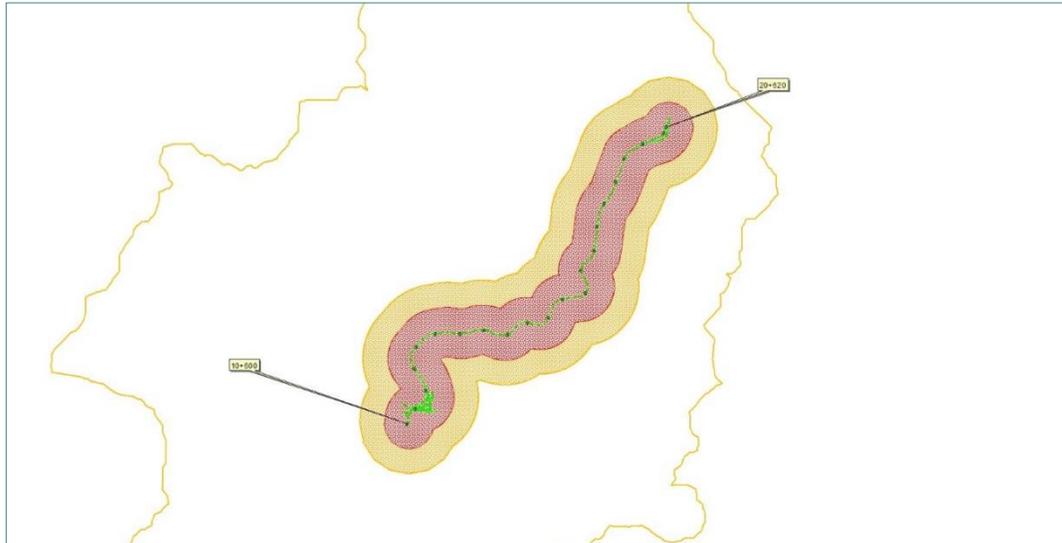


Imagen 1. Polígonos buffer de 1000m en color naranja y 500m en color rojo así como el trazo del proyecto en color verde y el polígono del SAR en color naranja.

2. Posteriormente para definir el área de afectación tomando en consideración los antecedentes de la investigación de la ecología de caminos (*Road Ecology*) principalmente, es necesario primero definir las zonas con vegetación conservada, semiconservada o relictual donde se considere la posibilidad de fauna por la afinidad al hábitat que vayan a ser fragmentados o ecosistemas frágiles (Bosque mesófilo, manglar, matorral crasicaule, bosque de niebla, etc.) que vayan a ser perturbados por el proyecto. Dentro de estas áreas se deben identificar los posibles corredores y zonas de tránsito de la fauna. De igual forma se toma en cuenta los factores relevantes identificados en campo y gabinete, para el caso del proyecto las corrientes de agua se consideran como elementos sensibles al proyecto, al ser parte esencial de la dinámica del sistema ambiental.

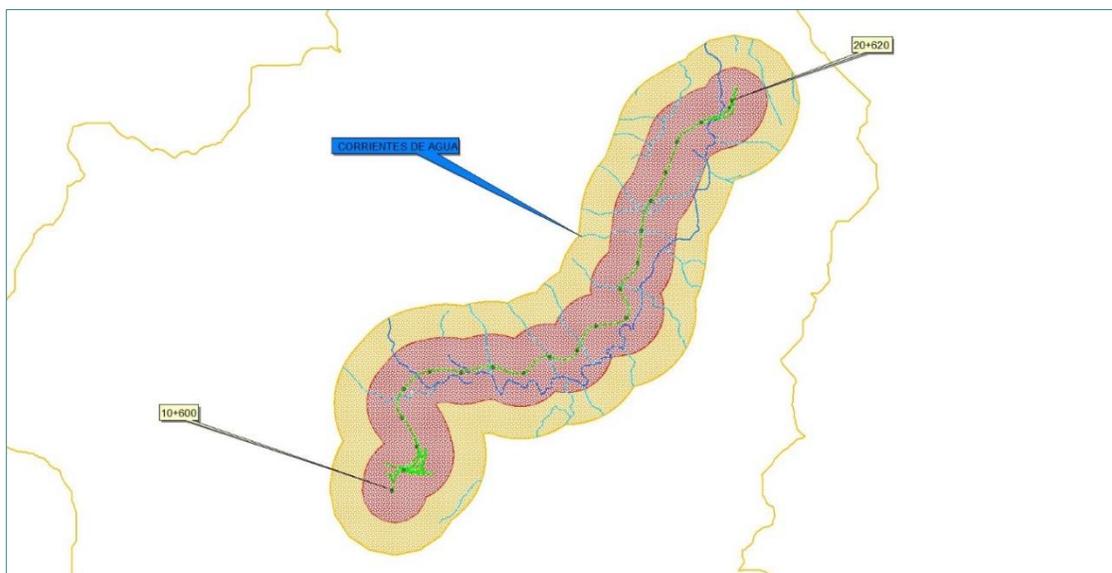
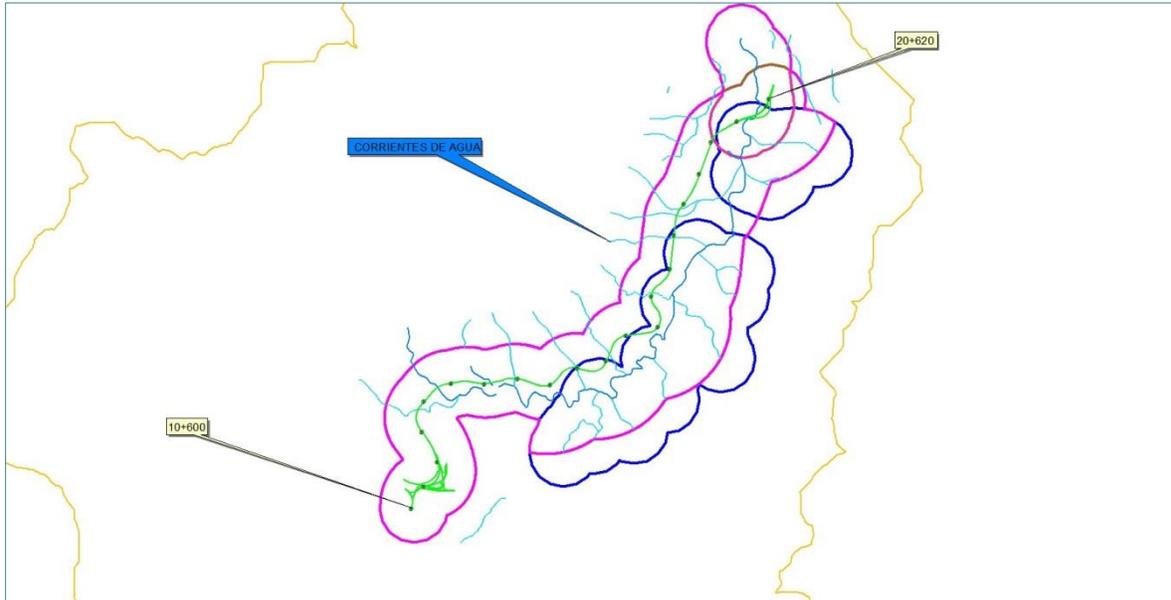


Imagen 2. Clip de las corrientes de agua en el área de los buffers.



**Imagen 3. Generación de buffers complementarios para delimitar el polígono definitivo.**

En las zonas donde se tiene un impacto humano previo de consideración como son amplias áreas agrícolas o ganaderas se considera la extensión de afectación posible de acuerdo a la siguiente figura.

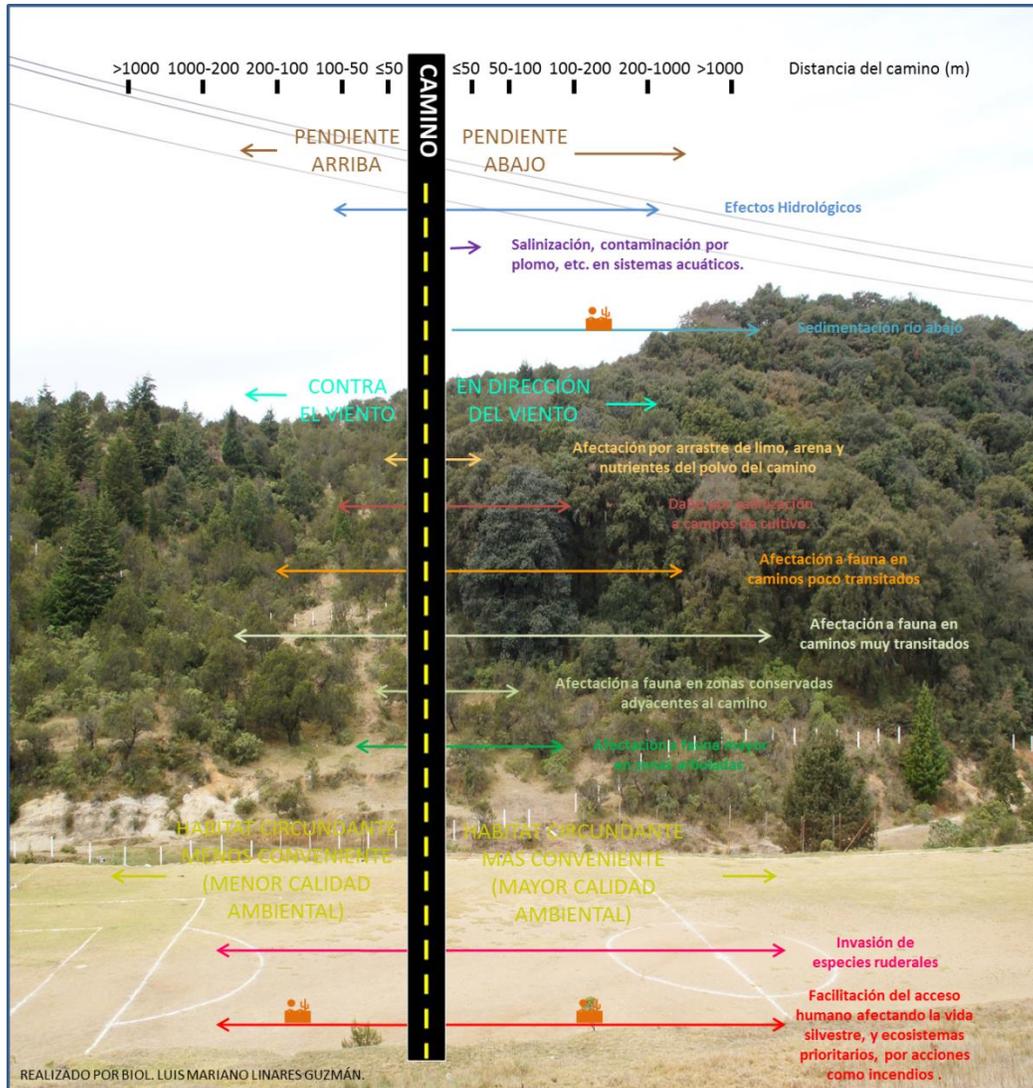
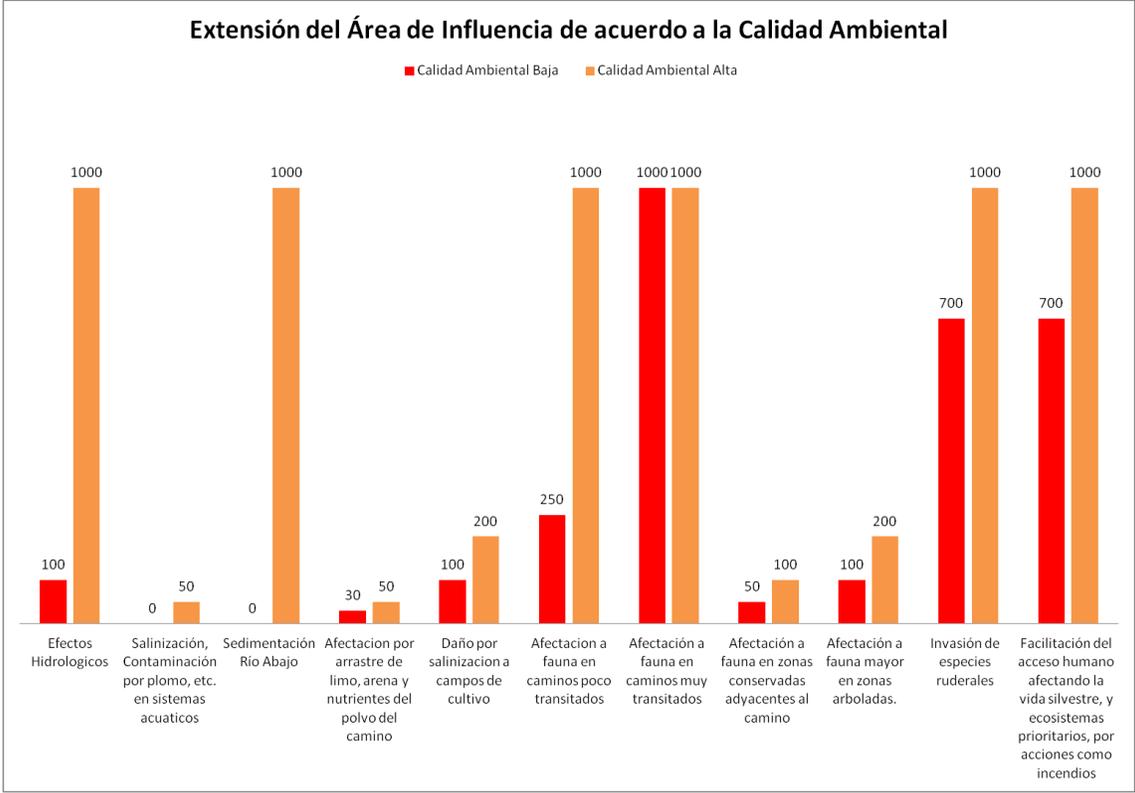


Imagen 4. Se muestra el área de influencia definida por los efectos ecológicos que se extienden a diferentes distancias desde el camino.

La mayoría de las distancias están basadas en estudios específicos. La distancia de la izquierda es arbitrariamente la mitad de la derecha. El símbolo 🏠 indica que el impacto es primordialmente en zonas específicas. (Adaptado y modificado de Forman et al 1998).

- El polígono es ajustado finalmente con las distancias definidas en el gráfico siguiente de acuerdo a la calidad ambiental principalmente, y de los criterios anteriormente mencionados, teniendo una mayor amplitud en las zonas de mayor rango de actividad de fauna y con mayor calidad ambiental.



Gráfica 1. Extensión del polígono en metros de acuerdo a la calidad ambiental del sitio, el alcance se representa a cada lado del proyecto lineal (carretera).

**IV.1.2.2 Resultados**

Finalmente se ajustó el polígono del AI con los criterios anteriores, con lo que se obtuvo un polígono de **1476.283** hectáreas de superficie como se muestra a continuación.

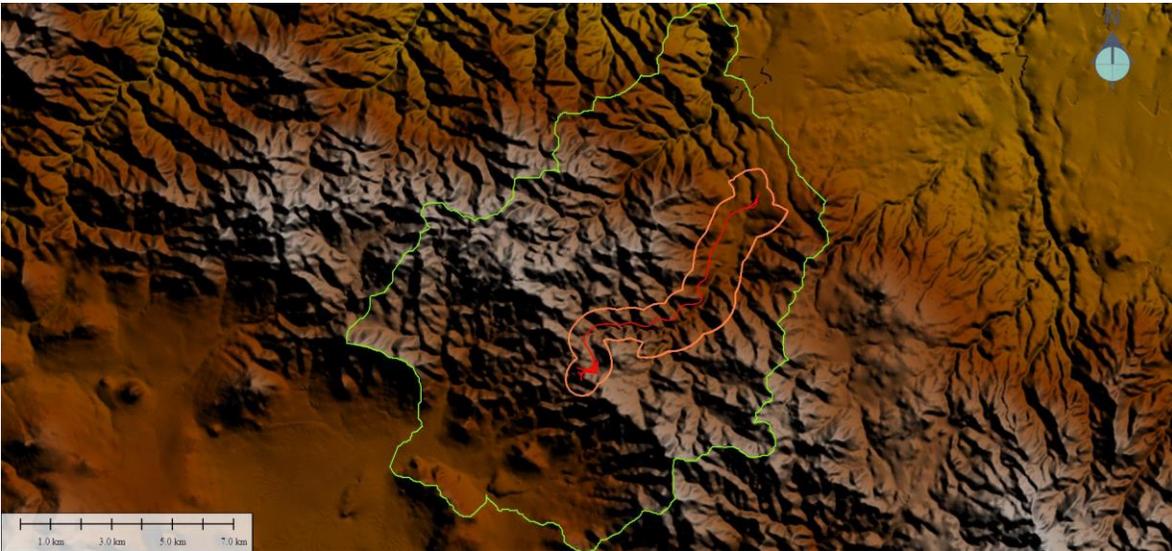


Imagen 5. Área de influencia definitiva delimitada por el polígono en color naranja, y el proyecto por la línea color rojo, el polígono del SAR en color verde, con fondo del modelo de elevación de INEGI, los datos se visualizan en global mapper 15.0.

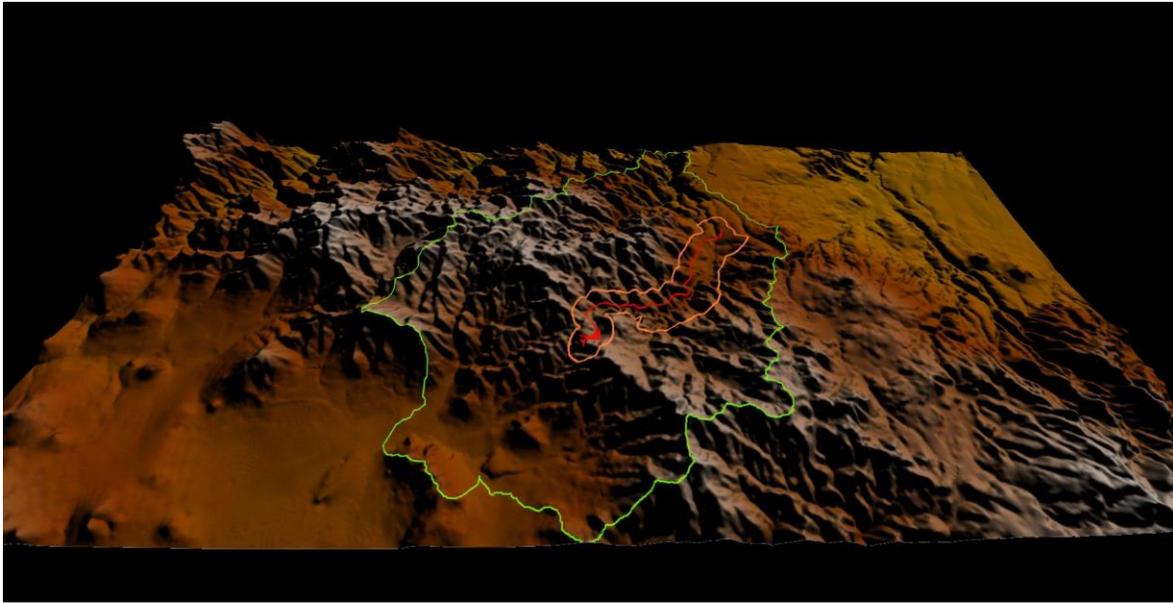


Imagen 6. Polígono del SAR en color verde, con fondo del modelo de elevación de INEGI, los datos se visualizan en global mapper 15.0.

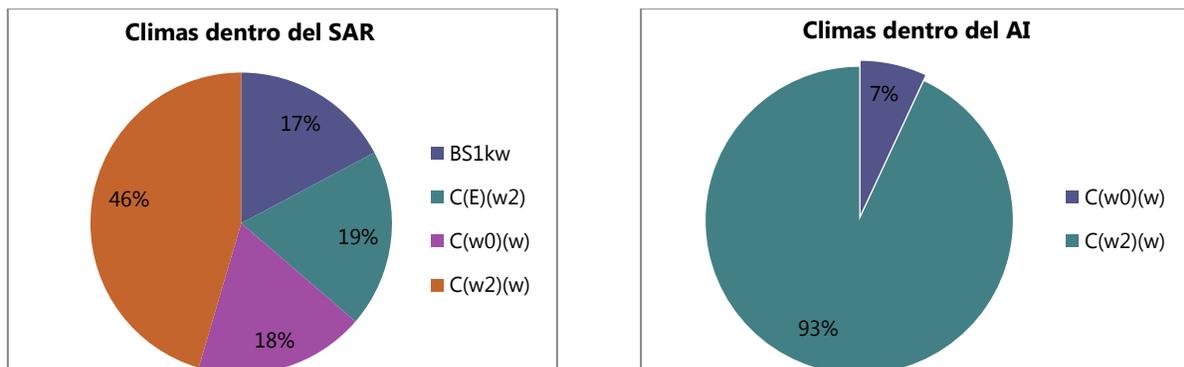
## IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SAR

### IV.2.1 Medio Abiótico

#### IV.2.1.1 Clima y precipitación

Dentro del SAR delirado para el proyecto se detectan por medio del análisis cartográfico cuatro tipos de climas del tipo semiseco templado, semifrío subhúmedo, y templado con régimen de lluvia de verano. Dentro del Área de influencia se identifican en cambio, solo dos de estos climas: C(w0)(w) en un 93% de la superficie del AI y C(w2)(w) sólo en un 7% de la superficie del AI.

- C(w0)(w): corresponde al clima templado, con temperatura media anual entre 12° y 18° C, subhúmedo con cociente de temperatura y precipitación menor a 43.2, con régimen de lluvia de verano.
- C(w2)(w). también corresponde al clima templado, con temperatura media anual entre 12° y 18° C, subhúmedo pero con cociente de precipitación y temperatura mayor de 55, con régimen de lluvia de verano.



Gráfica 2. Climas presentes en el SAR y AI del proyecto

#### **IV.2.1.2 Geomorfología**

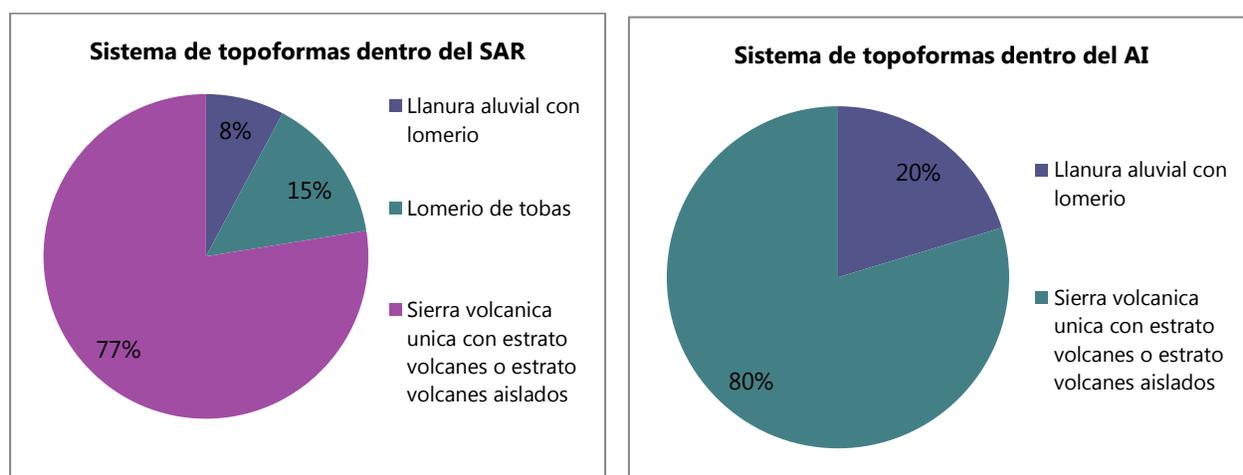
El SAR delimitado para el proyecto así como su Área de influencia se ubica dentro de la Provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

Esta provincia ha sido descrita recientemente como una faja volcánica en la que se encuentran diversos aparatos y rocas volcánicas asociados a grandes fallas y fracturas, más que como un "eje" continuo de dichos materiales. Esta faja volcánica tiene unos 900 Km. de longitud, y entre 10 y 300 km de ancho aproximadamente; se extiende burdamente en dirección este-oeste casi de costa a costa del país, a la altura de los paralelos 19° y 20° de latitud norte. Esta región se caracteriza por una serie de sierras, lomeríos y cuencas formadas por la acumulación de lavas, brechas y cenizas volcánicas, a lo largo de innumerables y sucesivos episodios volcánicos, iniciados desde el Terciario Superior y continuados hasta el presente. Este volcanismo ha sido asociado a la subducción de la placa de Cocos en la placa de Norteamérica. Dicho fenómeno debió iniciarse durante el período Plioceno.

La provincia está constituida por grandes sierras volcánicas, coladas lávicas, conos cineríticos dispersos o en enjambre, amplios escudovolcanes de basalto, depósitos de arenas y cenizas, etc. La actividad volcánica ha dado origen a un gran número de cuencas endorreicas con el consecuente desarrollo de lagos y planicies rodeadas de sierras, lo que le da al paisaje una apariencia muy característica. Algunos lagos importantes son: Chapala, Pátzcuaro, Texcoco y Totolcingo. Planicies como las de Zumpango, Chalco, el Valle de México y diversos llanos del Bajío Guanajuatense, fueron formadas por lechos de lagos antiguos. Algunos de los principales aparatos volcánicos que se localizan en esta provincia son: San Juan, Sangangüey, Volcán de Tequila, Ceboruco, Volcán de Colima, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlalcueye (Malinche), Atlítzin (cerro La Negra), Cofre de Perote y Citlaltépetl (Pico de Orizaba).

En cuanto a la Subprovincia fisiográfica, el 85% del SAR se ubica dentro de la llamada Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo y así también la totalidad del Área de influencia se ubica dentro de esta Subprovincia.

Por otro lado, dentro del SAR se encuentran las topoformas de llanura aluvial con lomerío, lomerío de tobas, y sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, esta última ocupa el 77% de la superficie del polígono y ocupa también la mayor parte del Área de influencia.



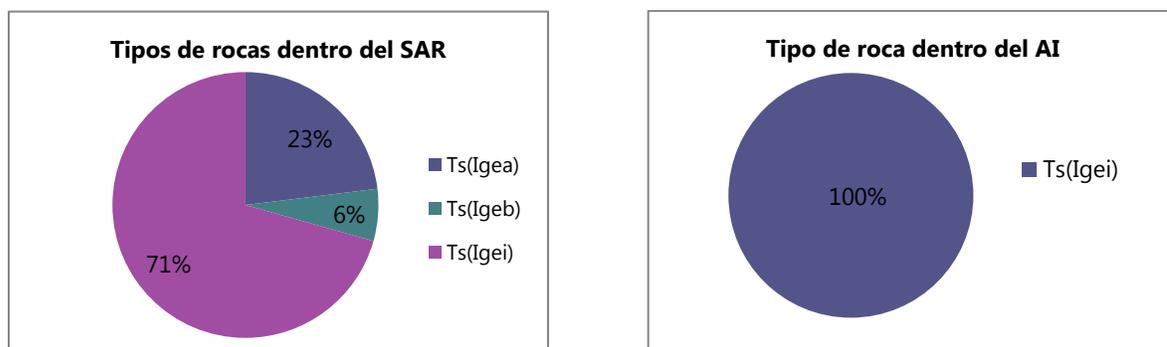
**Gráfica 3. Sistema de topoformas dentro del SAR y AI**

### IV.2.1.3 Geología

La región está ubicada en una zona serrana constituida por rocas ígneas extrusivas del Neógeno Superior y rocas sedimentarias cuyas edades varían del Jurásico hasta el Reciente, fuertemente fracturadas, afalladas y disectadas por una gran cantidad de escorrentías que las han erosionado a lo largo de decenas de miles de años. Las rocas ígneas presentan una composición variada, desde las andesitas y dacitas hasta los basaltos; las sedimentarias en su caso, corresponden a intercalaciones de lutitas con areniscas, calizas, conglomerados, brechas sedimentarias y aluviones.

Las zonas en donde predominan las calizas, los cerros en general se presentan redondeados, en ocasiones cortados por fallamientos; la densidad de drenaje es alta, con vaguadas semiprofundas y taludes inclinados. En donde predominan las rocas sedimentarias calcáreo-terrágenas (lutitas- areniscas- calizas), los cerros tienden a ser irregulares, mayormente disectados y con vaguadas profundas y taludes verticales.

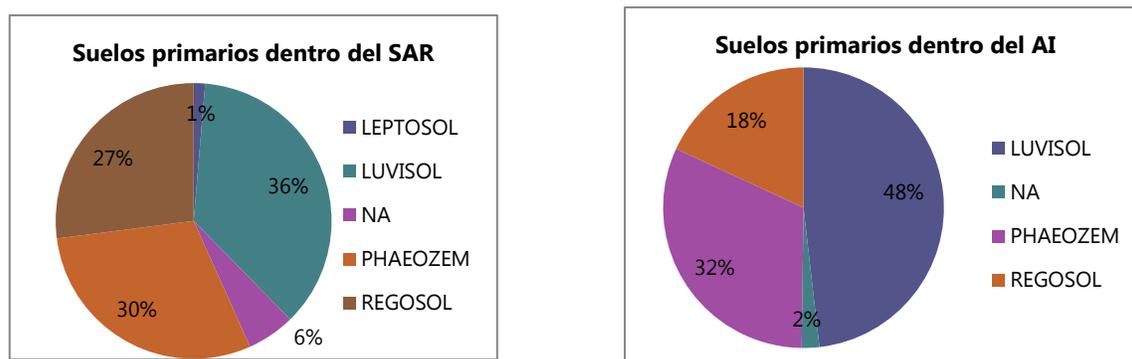
Dentro del SAR se encuentran tres tipos de rocas, ocupando una mayor superficie las tipo Ts(Igei), mismas que se encuentran dentro de la totalidad del Área de influencia. Las unidades de rocas ígneas extrusivas intermedias del terciario superior Ts (Igei), que constituyen la base del paquete de rocas volcánicas de la región de la faja volcánica o eje neovolcánico. Incluye a varias unidades de composición andesítica de diversa textura, como brechas volcánicas, tobas y derrames.



Gráfica 4. Tipos de roca dentro del SAR y AI

### IV.2.1.4 Edafología

En este caso se identifican cinco suelos primarios dentro de SAR: Leptosol, Luvisol, Regosol y Phaeozem, con algunas superficies con información no disponible correspondiente a zonas urbanas y cuerpos de agua; por su parte dentro del Área de influencia se localizan suelos primarios de Luvisol, Phaeozem y Regosol, dominando la superficie con Luvisol.



Gráfica 5. Tipos de suelo presentes en el SAR y AI

**Luvisol:** El término Luvisol deriva del vocablo latino "luere" que significa lavar, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Los Luvisoles se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda, como el clima mediterráneo. El perfil es de tipo ABtC. Sobre el horizonte árgico puede aparecer un álbico, en este caso son integrados hacia los albeluvisoles. El amplio rango de materiales originales y condiciones ambientales, otorgan una gran diversidad a este Grupo. Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración y su, generalmente, alto grado de saturación.

**Phaeozem:** El término Feozem deriva del vocablo griego "phaios" que significa oscuro y del ruso "zemlja" que significa tierra, haciendo alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica. El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados; destacan los depósitos glaciares y el loess con predominio de los de carácter básico. Se asocian a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado pero con una estación seca; el clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación de matorral tipo estepa o de bosque. El perfil es de tipo AhBC el horizonte superficial suele ser menos oscuro y más delgado que en los Chernozem. El horizonte B puede ser de tipo Cámbico o Árgico. Los Feozems vírgenes soportan una vegetación de matorral o bosque, si bien son muy pocos. Son suelos fértiles y soportan una gran variedad de cultivos de secano y regadío así como pastizales. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión

**Regosol:** El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas. El perfil es de tipo AC. No existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad. Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.

#### ***IV.2.1.5 Uso de suelo y vegetación***

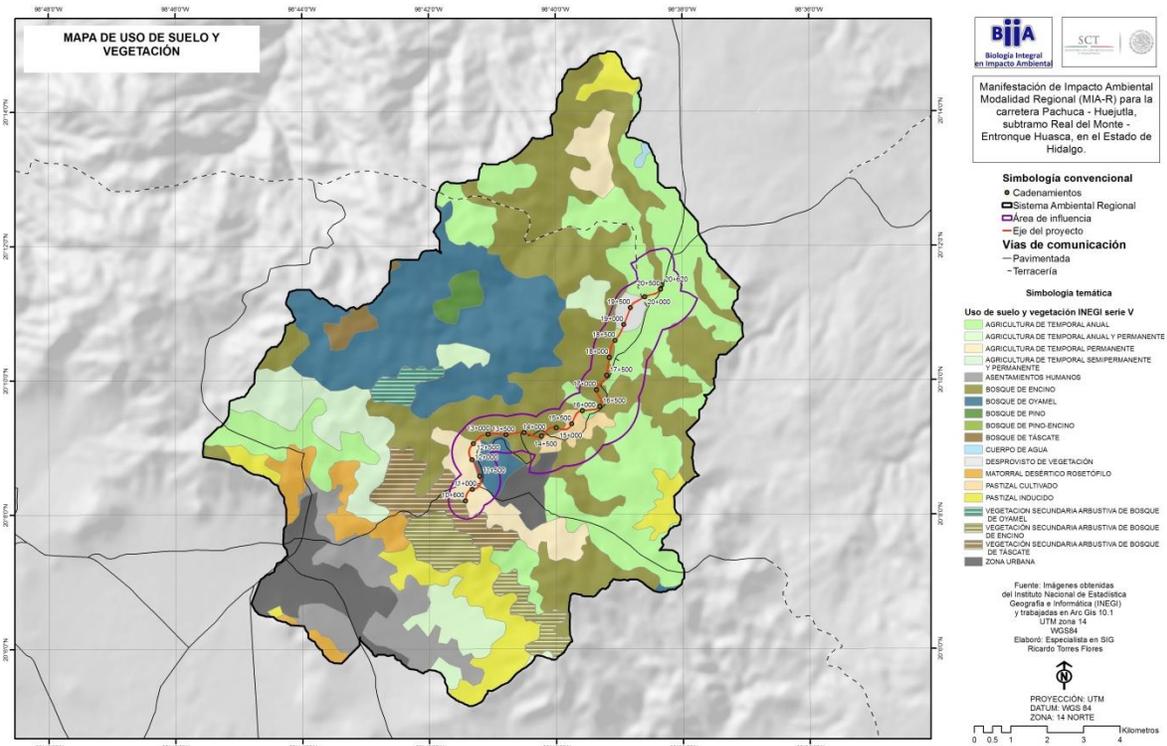
Con la finalidad de conocer la distribución y superficie de ocupación de los diferentes usos de suelo y tipos de vegetación que se encuentran dentro de los límites del Sistema Ambiental Regional, se llevó a cabo una revisión de las cartas temáticas generadas por INEGI (Serie V), las cuales describen los tipos de cubierta vegetal y usos de suelo del sitio de interés, de la misma manera que se llevó a cabo una exploración en campo cuya finalidad fue la de corroborar y valorar el grado de conservación de cada una de las comunidades vegetales que prevalecen en la zona. Con base en lo anterior, el Sistema Ambiental Regional se encuentra conformado por una contrastada variedad de bosques de encino, donde por lo general resalta una especie con mayor dominancia, así como sitios mixtos de coníferas, donde se registra la presencia de géneros como *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus* y *Pinus*, todas sometidas bajo diferentes condiciones de perturbación, por lo que se presentan sitios prístinos y de vegetación secundaria, a su vez que se encuentran usos de suelo relacionados principalmente con la agricultura de temporal, tanto anual como permanente y semipermanente, además de zonas donde la vegetación nativa ha sido reemplazada en su totalidad por áreas de pastizales.

**Tabla 1. Superficies correspondientes de los tipos de vegetación del Sistema Ambiental Regional**

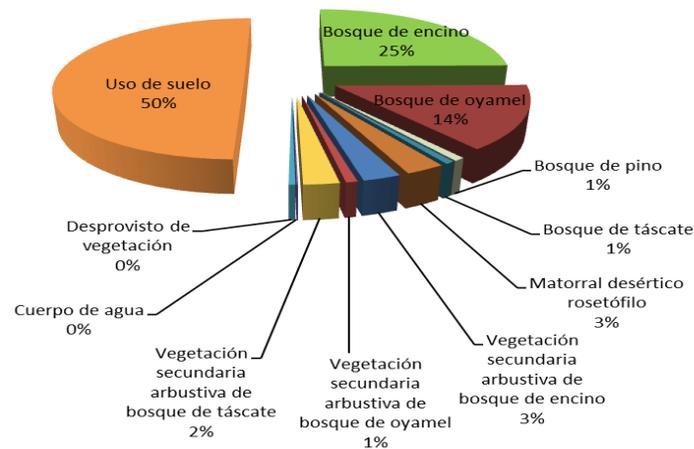
Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de temporal anual	3050.20	20.85
Agricultura de temporal anual y permanente	504.58	3.45
Agricultura de temporal permanente	600.97	4.11
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	638.21	4.36
Asentamientos humanos	735.20	5.03
Bosque de encino	3631.13	24.82
Bosque de oyamel	2122.43	14.51
Bosque de pino	113.85	0.78
Bosque de pino-encino	2.19	0.01
Bosque de táscate	97.83	0.67
Cuerpo de agua	16.09	0.11
Desprovisto de vegetación	69.63	0.48
Matorral desértico rosetófilo	411.04	2.81
Pastizal cultivado	109.73	0.75
Pastizal inducido	845.28	5.78
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	391.15	2.67
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	119.89	0.82
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	372.39	2.55
Zona urbana	798.43	5.46

▪ ***Tipos de vegetación dentro del SAR***

La variedad de sistemas florísticos que se presentan en el sitio de estudio son resultado de la unión de una serie de elementos abióticos fundamentales y críticos para su establecimiento, entre los que resaltan la topografía, exposición solar, altitud, hidrología y edafología, entre otros, por lo tanto, el Sistema Ambiental Regional se encuentra representado de manera general por nueve tipos de vegetación, de los cuales, seis corresponden a ecosistemas completamente desarrollados, constituidos por comunidades con diferentes etapas serales, entre los que resaltan bosques de encino, pino, pino-encino, oyamel, táscate y matorral desértico rosetófilo, cuyas áreas de mayor cobertura vegetal se ubican en la parte centro, noroeste y suroeste del sitio, sobre sistemas montañosos de sierras y llanuras de pendientes variables, pertenecientes al Eje Volcánico Transversal; en este mismo sentido, dentro de la delimitación del SAR se incurren tres sistemas con cambios importantes en su composición como resultado del fuerte impacto al que han sido sometidos por causas alógenas, como son algunas unidades de vegetación secundaria arbustiva de encino, táscate y oyamel, aledaños a la carretera actual, conformando con ello el 50% de la superficie total respecto a los usos de suelo que existen en el sitio (Figura 4 y Figura 5).



**Imagen 7. Usos de suelo y tipos de vegetación del Sistema Ambiental Regional (INEGI, Serie V)**



**Gráfica 6. Superficies correspondientes a los tipos de vegetación respecto al uso de suelo en el sitio de estudio**

**Tabla 2. Tipos de vegetación del Sistema Ambiental Regional**

Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque de encino	3631.13	50.00
Bosque de oyamel	2122.43	29.23
Bosque de pino	113.85	1.57
Bosque de pino-encino	2.19	0.03
Bosque de táscate	97.83	1.35

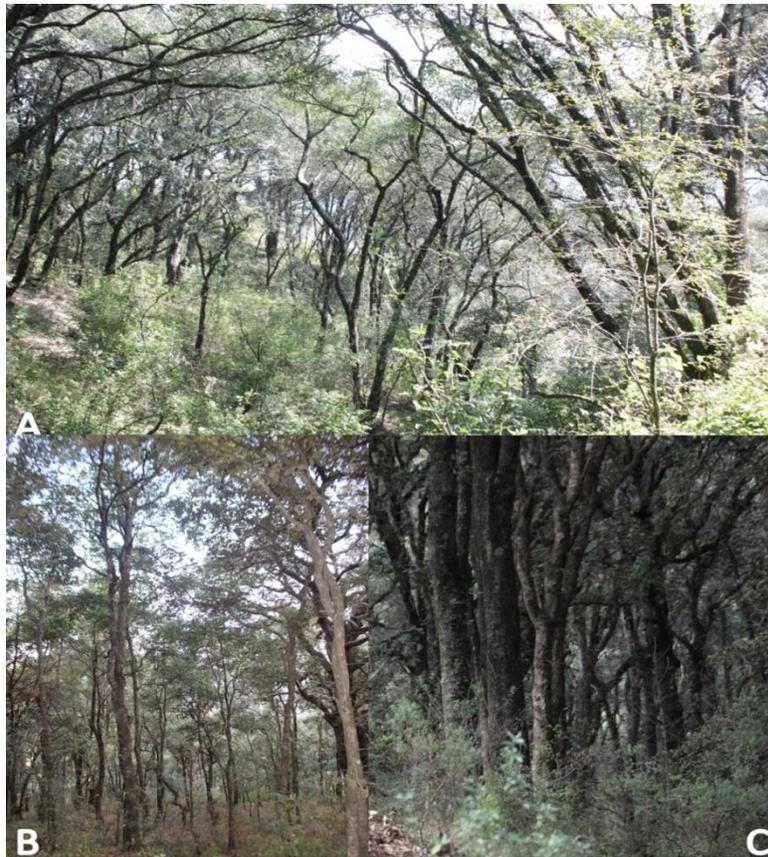
Matorral desértico rosetófilo	411.04	5.66
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	391.15	5.39
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	119.89	1.65
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	372.39	5.13

- *Bosque de encino*

Los bosques de encino son comunidades que se caracterizan principalmente por la dominancia arbórea de especies del género *Quercus* en un área determinada, los cuales difieren ampliamente en composición, estructura y afinidades biogeográficas dependiendo del lugar en que se desarrollen, dado a que cada especie se adapta a las condiciones específicas del clima y del suelo en un rango altitudinal determinado, por lo que estas agrupaciones pueden comprender unidades bajas, medianas y altas (INEGI, 2012; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2010).

Los encinares cubre el 5.5% de la superficie total del país, registrándose en ellos 161 de las 220 especies de *Quercus* contenidos en el continente americano, de las cuales 109 son endémicas de México, con una amplia diversidad de organismos distribuidos en un intervalo altitudinal que oscila entre los 1200 y 2000 msnm (Kappelle, 2008; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2010). Para el estado de Hidalgo, los estudios realizados con la diversidad de éste tipo de vegetación son escasos, entre ellos se puede mencionar el publicado por Valencia en el 2004, donde exhibe que en la entidad se distribuyen alrededor de 34 especies de encinos; en tanto que de manera más específica al sitio de estudio, el inventario florístico realizado por Zavala en 1995, describe 20 especies para la región de Mineral del Chico y la Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas describe para los Parque Nacionales El Chico y Los Mármoles una diversidad de 20 y 16 especies de *Quercus* respectivamente (CONANP, 2007 y CONANP, 2006); así mismo, la información aportada por las bases de datos provenientes de diversos herbarios (GBIF, MEXU, SeiNET) indican que de las 75 especies de *Quercus* reportadas para el Eje Volcánico Transversal, catorce se ubican dentro de los límites del SAR, donde ocho son endémicas de México como es el caso de *Quercus frutex*, *Quercus laurina*, *Quercus crassipes*, *Quercus pachucana* y *Quercus glabrescens* con un asentamiento restringido en los estados del centro del país, mientras que *Quercus affinis*, *Quercus diversifolia* y *Quercus sideroxyla* presentan una distribución más amplia en algunos estados del norte, centro y sur de la República Mexicana.

En comparación con otros tipos de vegetación, los bosques de *Quercus* comprenden el 50% de la superficie forestal correspondiente al SAR, se localizan de manera general sobre sierras y lomeríos de pendientes pronunciadas y orografía accidentada al noroeste y suroeste, en gradientes altitudinales por encima de los 2000 msnm, donde se pueden apreciar comunidades fisionómicamente variables dadas las condiciones bióticas y abióticas que ofrece el sitio, así como también mosaicos con distintas fases de conservación debido a que se encuentran sometidas ante distintos procesos de disturbio, tanto crónicos como esporádicos.



**Imagen 8.** Galería de imágenes de las comunidades de encinos del Sistema Ambiental Regional: A) encinar bajo, B) encinar alto y C) encinar mediano

**Tabla 3.** Probable ocurrencia de encinos dentro del Sistema Ambiental Regional

Nombre científico	Nombre común	Base de datos	Endémica de México
<i>Quercus frutex</i>	Encino comalillo	GBIF	*
<i>Quercus elliptica</i>		GBIF	
<i>Quercus laurina</i>	Encino laurelillo	GBIF, SeiNET	*
<i>Quercus crassipes</i>	Encino capulincillo	GBIF	*
<i>Quercus affinis</i>	Encino negro	GBIF	*
<i>Quercus pachucana</i>		GBIF	*
<i>Quercus mexicana</i>	Escobillo	GBIF, MEXU	
<i>Quercus pubescens</i>		GBIF	
<i>Quercus diversifolia</i>		GBIF	*
<i>Quercus glabrescens</i>	Encino	GBIF, MEXU, SeiNET	*
<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	GBIF, SeiNET	
<i>Quercus sideroxylla</i>	Encino colorado	GBIF	*
<i>Quercus repanda</i>	Roble blanco	GBIF	
<i>Quercus crassifolia</i>	Encino colorado	GBIF	

- *Bosques de coníferas*

Como bien se sabe, la mayor parte de los bosques que se distribuyen México presentan una ubicación de manera general aunque no exclusiva en los sistemas montañosos y de serranías del país; uno de ellos es el Eje Volcánico Transversal, el cual otorga una amplia variedad de climas templados en el que predominan grandes extensiones de coníferas, latifoliadas y bosques mixtos de pino-encino, en los que se registra un importante índice de diversificación y especiación, manifestado en el grado de endemismo que se concentra a nivel nacional. Estos tipos de vegetación se encuentran conformados de manera general por individuos arbóreos perennifolios de tallas medianas y altas, donde las condiciones prístinas de los sitios evitan la formación de otros estratos vegetales, sin embargo, son varias las comunidades que se encuentran en estado secundario debido al disturbio de origen antrópico al que se encuentran sometidas. A continuación se describen los diversos ecosistemas de coníferas que se encuentran representados en el SAR.

- Bosque de oyamel

También conocido como bosque de *Abies*, son de los tipos de vegetación que más sobresalen respecto al de otras coníferas que se distribuyen en el país; su distribución geográfica es en extremo dispersa, situada en la mayor parte de los casos en manchones aislados y restringidos a un cerro, una ladera o una cañada. Las áreas continuas de mayor extensión forestal que se presentan en el Eje Volcánico Transversal corresponden a sierras pertenecientes al Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Nevado de Toluca, cerro de Tancítaro, Nevado de Colima, entre otros; éste hecho se debe principalmente a las particulares condiciones ecológicas en que se desarrollan estas comunidades y de cuya existencia son indicadora, debido a sus exigencias climáticas, por lo que se suelen encontrar en sitios protegidos de la acción de los fuertes vientos y de la insolación intensa, así como también en suelos ligeramente ácidos, profundos en materia orgánica y elevadamente húmedos durante todo el año.

Fisionómicamente, éste tipo de vegetación destaca por su porte arbóreo el cual puede ostentar alturas entre 20 y 40 m, aunque puede llegar a alcanzar los 50 m; las copas de los arboles presentan un ordinario contorno triangular, ramificándose desde niveles relativamente bajos donde las trepadoras y epífitas por lo general son escasas, limitándose a líquenes y musgos. De las ocho especies de *Abies* reconocidas para México, *A. religiosa* es la más frecuente en el centro del país, sus comunidades suelen encontrarse en condiciones puras, por lo que debido a su alta densidad, las condiciones de penumbra pueden ser mayores en niveles inferiores y el desarrollo de los estratos arbustivo y herbáceo pueden ser bastante limitados, sin embargo, debido al disturbio o bien a lo abrupto del terreno, la cantidad de luz en el interior puede incrementarse y el sotobosque puede presentar un mejor desarrollo y diversidad de dicotiledóneas, como son algunas especies de los géneros *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Salix*, *Prunus*, *Garrya*, *Buddleja*, entre otros (Rzedowski, 2006).

Dentro del Sistema Ambiental Regional, esta suele ser una comunidad bien definida desde los puntos de vista fisionómico, ecológico y florístico, los bosques de *Abies* conforman el segundo tipo de vegetación con mayor extensión forestal después de los bosques de encino, con una extensión de 2122.43 hectáreas equivalentes al 29% de la superficie total. Su distribución se encuentra restringida al sureste, sobre zonas templadas y sitios con topofomas montañosas de rangos altitudinales que oscilan entre los 2400 y 3000 msnm, en espacios caracterizados generalmente por barrancas o laderas, en coexistencia con algunas especies de géneros como *Pinus* y *Cupressus*.



Imagen 9. Bosque de oyamel del Sistema Ambiental Regional

- *Bosque de pino*

Los pinares son comunidades perennifolias muy características de México dada la morfología y la disposición de sus hojas, por lo que su fisionomía presenta un aspecto que difícilmente puede confundirse con otros tipos de vegetación. Estos ecosistemas usualmente se encuentran dominados por árboles del género *Pinus*, sin embargo, también pueden constituir elementos codominantes de la vegetación actual. Su distribución geográfica es restringida, coincide a grandes rasgos con los elevados macizos montañosos, por lo que su presencia se deduce de manera general en una gran variedad de condiciones climáticas, generalmente de áreas afectadas por heladas todos los años, con precipitaciones que se concentran aproximadamente entre 6 y 7 meses, sobre suelos rocosos, de origen volcánico, someros y muchas veces pobres en nutrientes minerales, por lo que las micorrizas juegan un papel significativo en la supervivencia y el potencial competitivo de estos bosques (Rzedowski, 2006; INEGI, 2012).

De manera particular, el Eje Volcánico Transversal es la cordillera más alta del país, constituye un área importante de gran concentración de pinares debido a las diferencias morfológicas que existe entre las diferentes especies dominantes y la diversidad de elementos acompañantes con las que se les puede encontrar, es por eso que se puede apreciar una amplia gama de variantes de éste tipo de vegetación. Dentro del Sistema Ambiental Regional, las comunidades de *Pinus* se encuentran dominadas generalmente por especies como *P. montezumae* y *P. leiophylla*, con alturas que varían dependiendo de las condiciones del hábitat en que se encuentren, además de que en las bases de datos originadas por distintos herbarios, se registra la probable ocurrencia de otras tres especies más como son *P. teocote*, *P. hartwegii* y *P. devoniana*, todas ellas nativas de México e incluidas en Lista Roja de la IUCN. Por otro lado, la densidad de estos sitios es variable ya que en algunas ocasiones se pueden presentar comunidades puras, dominadas por una especie sin la mayor intervención de otros elementos leñosos, sin embargo, es más común encontrar otro tipo de árboles que con frecuencia vislumbren uno o dos estratos más en la estructura de la comunidad, por lo que el espectro biológico de estos polígonos vegetales indica una fuerte preponderancia de elementos herbáceos sobre los leñosos, apreciándose con ello la presencia de

tres estratos, un arbóreo superior con la presencia relativa de algunos géneros como *Quercus*, *Juniperus*, *Abies*, *Cupressus*, entre otros, un estrato herbáceo donde las familias Asteraceae y Poaceae suelen ser las mejor representadas y un restante caracterizado por hongos, musgos y líquenes.

Tabla 4. Especies de pinos de probable ocurrencia del Sistema Ambiental Regional

Nombre científico	Nombre común	Base de datos	Endémica de México
<i>Pinus teocote</i>	Pino ocote	GBIF, SeiNET	
<i>Pinus hartwegii</i>	Ocote blanco	GBIF, SeiNET	
<i>Pinus devoniana</i>	Pino lacio	GBIF	
<i>Pinus montezumae</i>	Chalmaite blanco	GBIF	
<i>Pinus leiophylla</i>	Tlacocote	GBIF, SeiNET	

- *Bosque de pino-encino*

Debido a la similitud de las exigencias ecológicas que existen entre varias especies de pinos y encinos, es particularmente frecuente encontrar bosques que ocupan sitios equivalentes, desarrollados con frecuencia uno a lado del otro, formando con ello complejas comunidades consideradas en muchas ocasiones como fases de transición en el desarrollo de pinares y encinares puros. Este tipo de vegetación ocupa importantes superficies forestales en las porciones superiores de los sistemas montañosos del país, generalmente conformado por varias especies de *Pinus* y *Quercus* con proporción diversa, dependiendo en gran parte del gradiente altitudinal en el que se encuentran establecidas las comunidades; generalmente los bosques mixtos exhiben una coexistencia con otros géneros como *Cupressus*, *Juniperus* y *Abies*, además de otros estratos subarbóreos leñosos, donde resalta la presencia de familias como Asteraceae y Lamiaceae.

Dentro del Sistema Ambiental Regional, la altitud que abarcan las 2.19 Ha de este bosque va de un rango que oscila entre los 2300 y 2600 msnm, sobre un sustrato que se caracteriza generalmente por rocas volcánicas, con suelos delgados y de poca consistencia, en sitios de humedad considerable, por lo que estas comunidades conforman intrincados mosaicos vegetales y complejas interrelaciones sucesionales reflejados en los distintos estratos florísticos, lo cual dificulta su interpretación y cartografía precisa.

En la siguiente imagen se puede apreciar una comunidad vegetal dentro de los límites del SAR conformada por varias especies de pinos, encinos y algunas otras coníferas que destacan por su altura como es el caso de *Abies religiosa*.



Imagen 10. Comunidad de pino-encino dentro del Sistema Ambiental Regional

- Bosque de táscate

Las áreas dominadas por *Juniperus* constituyen una ínfima parte de la superficie forestal del país, además de que en muchas ocasiones no conforman una comunidad clímax, sino que más bien son parte de la vegetación secundaria resultado de algún evento de disturbio originado por causas alógenas. Suele encontrarse como una franja estrecha transicional entre bosque de *Quercus* y *Pinus*, así como del pastizal y el matorral xerófilo. Prosperan sobre una gran variedad de rocas madre y suelos, incluyendo los alcalinos, así como los de contenido moderadamente elevado en sales solubles y de yeso, de drenaje deficiente, sin embargo, muchas veces se le observa en suelos poco profundos y mayormente pedregosos. Fisionómicamente, este tipo de vegetación es siempre verde y puede variar desde matorrales hasta bosques considerablemente altos, aunque las alturas más frecuentes oscilan entre 2 y 6 m. Por lo general se trata de comunidades bastante abiertas, en que los árboles o arbustos dejan amplios espacios entre sí, por lo que es frecuentemente observar un estrato arbustivo inferior, así como uno herbáceo, ambos bastante desarrollados; en cuanto a la composición florística, las comunidades de *Juniperus* presentan especies propias de vegetaciones colindantes, donde las trepadores y epífitas suelen ser escasas.

En algunas áreas del SAR suele encontrarse asociada a comunidades secundarias de bosques de pinos, encinos y oyameles, conformando por lo general unidades abiertas y bajas que no sobrepasan los tres metros de altura; dada su baja densidad apenas amerita el término de bosque ya que ocupa una extensión de 97.83 hectáreas, equivalentes al 1.93% de la superficie total, estableciéndose en laderas de cerros y lugares relativamente planos.



Imagen 11. Bosque de táscate del Sistema Ambiental Regional

- *Vegetación secundaria arbustiva*

Se desarrolla después de transcurrido un tiempo corto después de la eliminación o perturbación de la vegetación original, en general se encuentra conformado por comunidades donde domina una sola especie como es *Baccharis conferta*, la cual es un indicador de una etapa seral secundaria, sin embargo se registra la presencia de otras especies como *Dodonaea viscosa* y algunos individuos de *Buddleja cordata*.



Imagen 12. Unidades de vegetación secundaria arbustiva del Sistema Ambiental Regional

Como se observa en la figura anterior, gran parte de la superficie que ocupa éste polígono vegetal dentro del SAR corresponde a sitios colindantes a unidades urbanas o vías de comunicación, puede establecerse sobre sustratos poco profundos y pobres en materia orgánica, con alta radiación solar, baja humedad y de pendiente variable; conforma un estado sucesional secundario de bosques de *Quercus*, *Pinus* y *Abies*.

- *Matorral desértico rosetófilo*

Los matorrales son comunidades generalmente arbustivas, con elementos tanto caducifolios como subcaducifolios, inermes, subinermes o espinosos, cuya predominancia relativa varía de una comunidad a otra. Estos ecosistemas son de baja altura, aunque pueden presentar algunos individuos de especies cuya altura rebasa a la comunidad, tal es el caso de los géneros *Yucca*, *Prosopis*, *Fouquieria* entre otros; dominan especies con forma de roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Dentro del Sistema Ambiental Regional suele encontrarse en pequeñas fracciones ubicadas al sur, sobre suelos calizos, en laderas de cerros de origen sedimentario; sobresalen especies de porte arbóreo como *Yucca filifera*, arbustos de los géneros *Acacia* y *Jatropha* y algunas suculentas, entre las que destacan bromeliáceas, cactáceas y agaváceas de los géneros *Hechtia*, *Yucca*, *Agave*, *Mammillaria*, *Ferocactus*, *Echinocereus*, *Coryphantha* y *Opuntia* (Imagen 13).



**Imagen 13. Matorral desértico rosetófilo del Sistema Ambiental Regional**

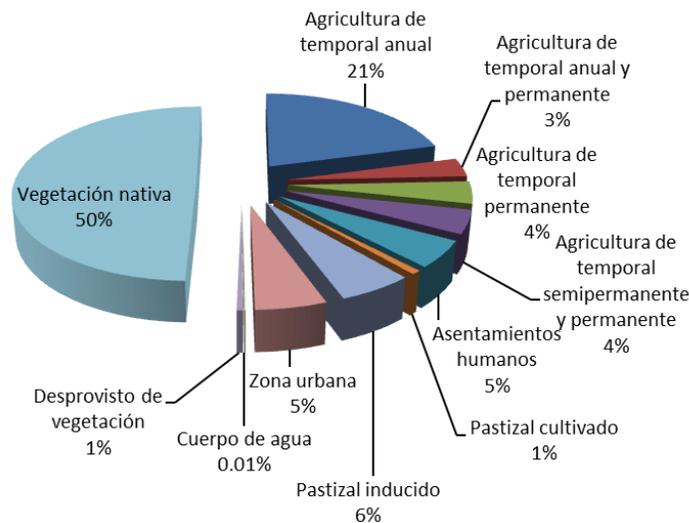
- *Usos de suelo*

El Sistema Ambiental Regional presenta ocho usos de suelo, los cuales cubren una superficie aproximada de 7282.59 hectáreas, equivalentes al 49.78% del área total; estos se encuentran relacionados en su mayoría al sector primario, donde la agricultura de temporal anual es la que representa la mayor extensión de la superficie con 3050.20 hectáreas, seguido de zonas inducidas por pastizal, producto del cambio de uso de suelo de sitios forestales a espacios de pastoreo con 845.28 Ha. Por otro lado, el crecimiento demográfico en la región ha propiciado el establecimiento de algunas comunidades, entre las que se pueden distinguir zonas urbanas y viviendas dispersas, conformando con un porcentaje superficial en el SAR del 21.06%.

**Tabla 5. Usos del suelo del Sistema Ambiental Regional**

Uso de suelo	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de temporal anual	3050.20	41.88
Agricultura de temporal anual y permanente	504.58	6.93

Agricultura de temporal permanente	600.97	8.25
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	638.21	8.76
Asentamientos humanos	735.20	10.10
Pastizal cultivado	109.73	1.51
Pastizal inducido	845.28	11.61
Zona urbana	798.43	10.96



**Gráfica 7. Superficies correspondientes de los usos de suelo en el Sistema Ambiental Regional**

- *Pastizal cultivado*

Son comunidades introducidas intencionalmente en una región, por lo que para su establecimiento y conservación se realizan algunas labores de cultivo. En estos sitios predomina el estrato herbáceo, donde resalta la presencia de la familia Poaceae con géneros como *Andropogon*, *Aristida*, *Bouteloa*, *Bromus*, *Deschampsia*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, *Stipa*, *Trachypogon* y *Trisetum*, entre otros, sin embargo no es rara la presencia ocasional de algunos árboles y arbustos. Generalmente las plantaciones que se encuentran dentro del Sistema Ambiental Regional son realizadas con propósitos de apacentamiento de ganado, preparación de forraje o recreación, por lo que cubre una escasa superficie de 845.28 hectáreas, equivalentes al 11.6% en comparación con los demás usos de suelo.

- *Pastizal inducido*

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original, puede aparecer como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Son sitios donde predominan los pastos y zacates, pueden ser de varios tipos, aunque cabe mencionar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, debido a que el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar, en otros casos este tipo de cubierta vegetal corresponde a una fase de sucesión normal de algunas comunidades vegetales, cuyo clímax puede ser un bosque o un matorral; sin embargo, a consecuencia del disturbio crónico, se mantiene a menudo el

proceso de sucesión y el pastizal inducido permanece como tal, mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Las áreas que sustentan pastizal inducido dentro del Sistema Ambiental presentan diferentes grados de deterioro debido a los diversos manejos de la sustitución de la vegetación original, además de las prácticas del pastoreo sin control que muchas veces propicia la pérdida del suelo. Entre las gramíneas observadas tenemos a las siguientes: *Aristida adscensionis*, *Chloris radiata*, *Melinis repens*, *Panicum decolorans* y *Paspalum pubiflorum*, por mencionar algunos (Imagen 14).



**Imagen 14. Sitios de pastizal inducido del Sistema Ambiental Regional**

- *Agricultura de temporal*

Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, independientemente del tiempo que dura el cultivo en el suelo.

Dentro del Sistema Ambiental Regional se presentan diferentes clasificaciones entre los que destacan los cultivos anuales y los permanentes; el primero se refiere a la siembra de especies vegetales condicionado a la presencia de precipitación pluvial, empleándose en la región técnicas de labranza mecanizada y tracción animal, en terrenos de baja pendiente, algunas pedregosas o bien con alguna otra condición que impida o dificulta el riego; en general consiste de un ciclo al año, además de requerir de poca tecnificación y uso de diversos productos químicos. Los principales cultivos en la zona son el maíz y el frijol fundamentalmente (imagen 15).



**Imagen 15. Cultivos anuales del Sistema Ambiental Regional**

Por otro lado, los cultivos permanentes son aquellos que se establecen a largo plazo, por lo que este tipo de cubierta vegetal se encuentra principalmente estructurada por diferentes tipos de árboles frutales de amplia tolerancia a los climas templados y fríos como el tejocote (*Crataegus pubescens*), durazno (*Prunus persica*), pera (*Pyrus communis*), entre otros. En la Figura 15 se muestran algunas de las especies correspondientes a éste tipo de cultivos en el Sistema Ambiental Regional.



Imagen 16. Especies usadas en los cultivos permanentes del Sistema Ambiental Regional: A) *Prunus persica* (durazno); B) *Crataegus pubescens* (tejojote) y C) *Pyrus communis* (Pera).

- *Zona urbana y asentamientos humanos*

La ciudad de Pachuca conforma la zona urbana más significativa y de mayor dimensión dentro del Sistema Ambiental Regional; cuenta con una superficie total de 193.50 Km<sup>2</sup> por lo que representa el 0.93% de la participación relativa respecto al total del estado; debido a sus características fisiográficas, este lugar ha sido considerado uno de los sitios de mayor interés para el desarrollo de actividades económicas, por lo que la utilidad extensiva e intensiva de la tierra ha incrementado la demanda de viviendas, concentrando con ello el 10.05% de la población hidalguense. Es importante mencionar que el crecimiento acelerado de la urbe ha causado un fuerte impacto en la cubierta forestal del sitio, por lo que el agresivo cambio de uso de suelo al que se ha visto sometido esta región ha generado fuertes impactos en la flora, localizándose en la periferia pequeños remanentes de matorral con una débil composición. Por otro lado, resaltan pequeñas poblaciones mineras colonizadas por ingleses, localizadas en lo que actualmente se conoce como el Corredor Turístico de la Montaña, en el que destaca el poblado de Mineral del monte al centro del SAR, donde el turismo ha generado una fuerte demanda de espacios para el desarrollo de actividades de diversa índole en la región, por lo que las tasas de migración de pueblos circunvecinos al sitio han derivado en pequeños asentamientos dispersos, que gradualmente han modificado la vegetación forestal en zonas de pastizales y superficies de cultivo, además de fuertes impactos reflejados en la contaminación del agua y suelo en la región (imagen 17 y 18).



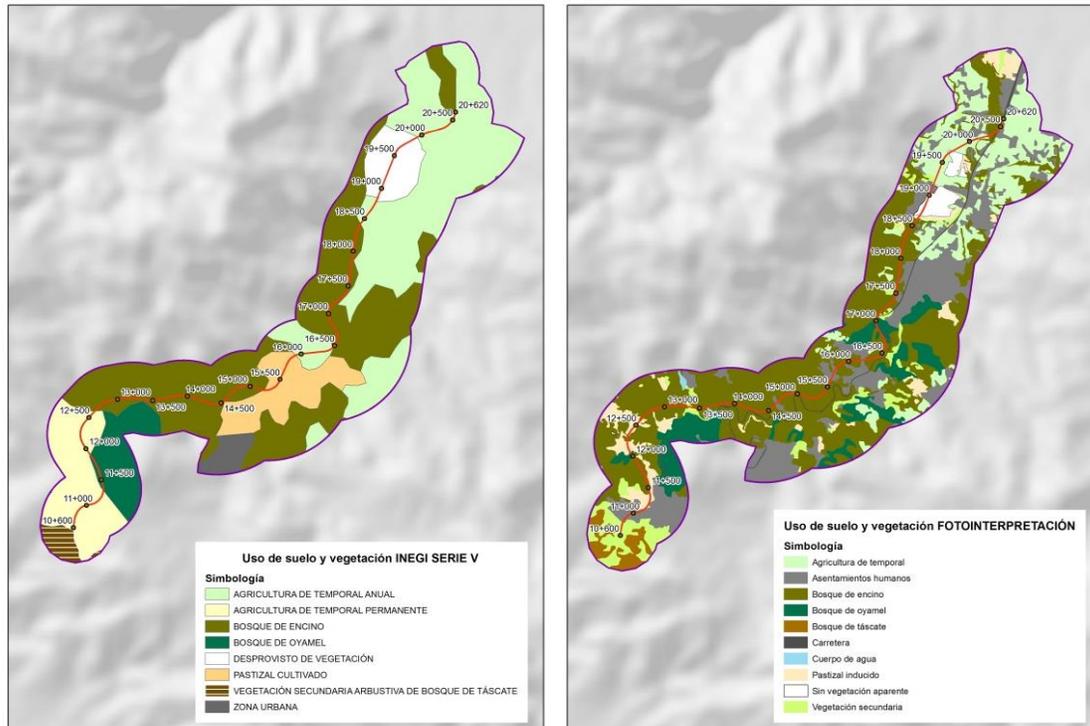
Imagen 17. Asentamientos humanos del Sistema Ambiental Regional



Imagen 18. Impactos al agua y suelo generados por asentamientos humanos dispersos en la región

▪ ***Tipos de vegetación y usos de suelo del Área de Influencia***

De acuerdo con la información cartográfica proporcionada por el mapa de uso de suelo y tipos de vegetación de la Serie V de INEGI, se precisa que dentro del Área de Influencia se establecen por lo menos tres tipos de vegetación, entre los que se encuentran los bosques de encino, oyamel y vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate; en cuanto al uso de suelo, se representan principalmente aquellos destinados a la agricultura de temporal y zonas de pastizales, seguidos de sitios desprovistos de vegetación y zonas urbanas. Por otro lado, la delimitación de polígonos, resultado de la fotointerpretación elaborada con datos provenientes de la salida de campo, aportan de manera más detallada y precisa las condiciones sobre las que se encuentra establecida el AI, entre las que destacan comunidades vegetales de bosque de encino, oyamel, táscate, bosque mixto de encino-oyamel y vegetación secundaria arbustiva, mientras que para los usos de suelo se encuentra la agricultura de temporal, el pastizal inducido, asentamientos humanos, zonas sin vegetación, cuerpos de agua y carreteras.



**Imagen 19. Usos de suelo y tipos de vegetación del Área de Influencia, INEGI Serie V (izquierda) y Fotointerpretación (derecha)**

**Tabla 6. Comparación de las superficies y porcentajes de los usos de suelo y tipos de vegetación del Área de Influencia de acuerdo con INEGI, 2011 y BiiA, 2015**

INEGI, SERIE V			Fotointerpretación, BiiA 2015		
Usos de suelo y tipos de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)	Usos de suelo y tipos de vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque de encino	545.73	36.97	Bosque de encino	616.649	48.32
Bosque de oyamel	86.30	5.85	Bosque de oyamel	105.210	8.24
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate	22.27	1.51	Vegetación secundaria arbustiva	81.642	6.40
Agricultura de temporal anual	465.01	31.50	Agricultura de temporal	22.226	1.74
Agricultura de temporal permanente	148.01	10.03	Bosque de táscate	27.724	2.17
Pastizal cultivado	109.73	7.43	Pastizal inducido	74.240	5.82
Desprovisto de vegetación	69.63	4.72	Sin vegetación aparente	25.257	1.98
Zona urbana	29.60	2.01	Asentamientos humanos	286.893	22.48
			Bosque mixto de encino y oyamel	17.904	1.40
			Carretera	16.003	1.25
			Cuerpo de agua	2.536	0.20

Como se observa en la tabla comparativa anterior, ambas fuentes refieren al bosque de encino como la vegetación con mayor implicación dentro del Área de Influencia con más de la cuarta parte de la superficie total; mientras que de manera contrastante, INEGI refiere a la agricultura de temporal anual y permanente

como las de segunda mayor proporción después de los encinares con el 41.53%, en tanto que la fotointerpretación aporta un bajo porcentaje del 1.74% correspondiente a las áreas de uso agrícola. Lo antepuesto pudiera deberse en principio a la escala del mapa en donde quizás se ha impedido que se representen ciertos fragmentos de vegetación con mayor precisión, o bien, a las complejas demarcaciones entre comunidades vegetales que han derivado en generalizaciones; por lo tanto, la caracterización de los polígonos florísticos implicados dentro del AI que a continuación se muestran, serán tomados en relación con la fotointerpretación elaborada para el presente estudio.

- *Bosque de encino*

Los encinares constituyen el tipo de vegetación nativa más dominante del Área de Influencia, se localizan principalmente sobre topofomas de sierras y lomeríos aluviales con los que cubren una superficie de 616.649 hectáreas, equivalentes a casi la mitad del AI (48%). Con base en sus características físicas y riqueza específica, las comunidades de *Quercus* pueden agruparse en tres tipos fisionómicos: bosques bajos, medianos y altos.

El primer complejo arbóreo se define principalmente por la dominancia de *Quercus mexicana*, la cual forma bosques puros característicamente caducifolios, o subcaducifolios cuando coexiste con otras especies como *Quercus rugosa* y *Q. crassipes*, las comunidades que constituye se caracterizan por la presencia de árboles bajos, con un dosel superior no mayor a 5 metros, distribuidos de manera general en laderas de cerros con pendiente pronunciada, sobre suelos someros y de baja humedad, a una altitud variable entre 2300 y 2900 msnm. Su establecimiento probablemente se encuentre restringido por las condiciones lumínicas y de exposición solar al que se encuentra sometido el sitio, ya que se ha reportado para ésta especie una elevada resistencia a la desecación bajo condiciones de piso, además de que la latencia de sus semillas le da una viabilidad hasta de doce meses, lo que le permite tolerar la época seca del año (Zavala, 2007).

La estructura florística de estos mosaicos vegetales puede variar dependiendo del tipo de disturbio al que se encuentre sometido el sitio, así como la periodicidad de éste, por lo que en condiciones de bajo disturbio, la vegetación suele estar determinada generalmente por dos estratos, un arbóreo y un herbáceo, éste último menor al metro de altura, donde resaltan algunas especies de compuestas y gramíneas, por lo que su existencia se limita a la estacionalidad del lugar, pero en lugares con un impacto antrópico crónico, la estructura del lugar cambia por la dominancia de individuos arbustivos y herbáceos que impiden el libre acceso al lugar.

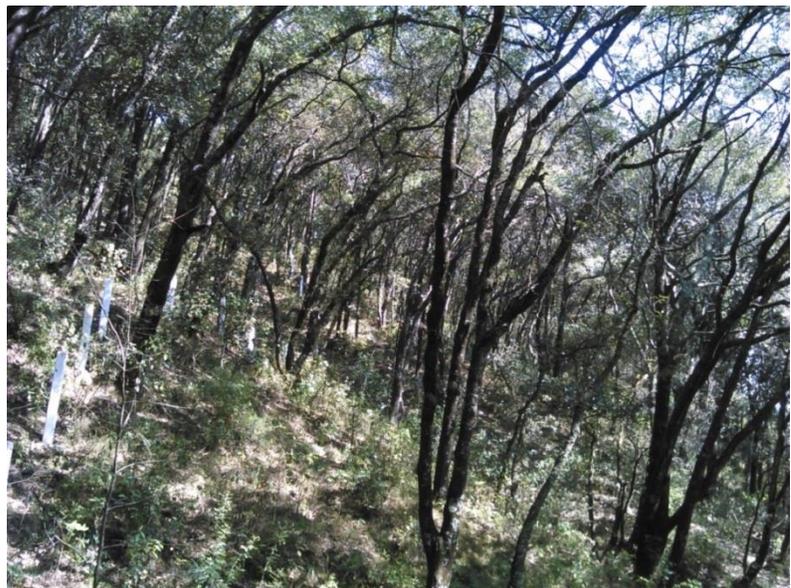


Imagen 20. Figura 19. Encinares bajos dominados por *Q. mexicana* en el Área de Influencia

El segundo tipo fisionómico que se presenta en el AI puede ser identificado por la presencia de varios tipos de encinos perennifolios, entre los que resaltan especies como *Quercus crassifolia*, *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*, ésta última considerada aparentemente como la más dominante de los sitios donde se presenta esta vegetación, sin embargo, pueden registrarse aglomeraciones donde sobresalen otras de las especies anteriormente mencionadas, además que de manera ocasional pueden coexistir con algunos individuos entremezclados de *Quercus mexicana*, lo que suele generar un aspecto más subcaducifolio en ciertas temporadas del año.

En comparación con las comunidades de encinos bajos, éste bosque se distingue por habitar en condiciones de mayor altitud, sobre sitios semihumedos y de temperaturas relativamente bajas, en suelos más profundos y ricos en materia orgánica; se registran en ellos una mayor diversidad florística, agrupada en tres estratos: un nivel arbóreo no superior a los 10 m, con troncos bien definidos, de mayor diámetro y copas más extensas y alargadas, conformado por encinos y algunas otras coníferas de los géneros *Juniperus* y *Pinus*, un nivel arbustivo donde sobresale una gran variedad de compuestas y labiadas y un estrato herbáceo conformado por especies de las familias Asteraceae y Poaceae; además de resaltar la presencia de plantas epífitas como pteridofitas y bromeliáceas.

De acuerdo con las observaciones realizadas durante la salida de campo y los sitios donde se establecieron los puntos de muestreo, éstos polígonos conforman aparentemente la comunidad con mayor extensión en comparación con los otros tipos de encinares, los cuales requieren de condiciones más específicas para su establecimiento.



**Imagen 21. Comunidades de encinos medianos del Área de Influencia**

El último tipo de encinar que se presenta dentro del AI se encuentra restringido a pequeños manchones de vegetación, ubicados de manera general en barrancas o sitios de baja altitud en comparación con los demás bosques de encino, sobre laderas de menor exposición solar. Presenta tres estratos vegetales, un arbóreo superior conformado por individuos de *Quercus* y *Cupressus* que superan los 16 m de alto, un estrato arbustivo densamente bajo, mayor a los dos metros de altura y un nivel herbáceo conformado en su totalidad por *Hedera helix*, una especie de habito rastrero y trepador, como se muestra en la Figura 21.



**Imagen 22. Comunidad de encinos altos del Área de Influencia**

- *Bosque mixto de encino y oyamel*

Entre las asociaciones que se presentan con mayor representatividad dentro del Área de Influencia, la de *Quercus-Abies* es de las más habituales en encontrar debido a que forman densas masas forestales de considerable superficie que les permite ser interpretadas como unidades florísticas singulares, cubriendo con ello 17.904 hectáreas equivalentes al 1.70% del total del AI. Generalmente se encuentran como zona de confluencia entre bosques de encino y oyamel puros, en elevaciones por encima de los 2500 msnm, en sustratos profundos y con un delgado horizonte superficial de materia orgánica, debido a la dominancia de especies perennes en tres de los cuatro tipos de sustrato que conforman la estructura de la vegetación, resaltando en el nivel arbóreo superior *Abies religiosa*.

Seguido por un nivel sub-arbóreo conformado por *Quercus rugosa*, *Quercus laurina*, *Quercus glabrescens*, *Cupressus benthamii* y *Cupressus lusitanica*, ésta última incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie sujeta a Protección Especial, mientras que en el estrato arbustivo destacan algunas asteráceas del género *Baccharis* y *Eupatorium*, así como algunas berberidáceas asociadas a éste tipo de vegetación, por último, un estrato herbáceo donde predominan algunas especies nectaríferas importantes en la dinámica del ecosistema (imagen 23).



**Imagen 23. Bosque mixto de encino-oyamel del Área de Influencia**

- *Bosques de coníferas*
- Bosque de oyamel

Estas unidades florísticas abarcan el 8.26% del Área de Influencia; los sitios donde normalmente vegetan los bosques de *Abies* son de fisiografía accidentada debido al sistema de topofomas del cual forman parte en la Faja Volcánica Transversal, por lo que las comunidades muestran una distribución restringida y disyunta, confinando su existencia a lugares con una altitud oscilante entre los 2400 y 2900 msnm, en climas que varían desde templado subhúmedo a semifrío, dependiendo del régimen de lluvias y estación en que se encuentre el sitio; respecto a su edafología, ésta vegetación se presentan generalmente sobre suelos de origen volcánico, con una baja superficie de materia orgánica y elevada profundidad, sin embargo muy susceptibles a la erosión. La estructura de estos bosques generalmente se encuentra conformada por cuatro estratos, un herbáceo, un arbustivo, un arbóreo inferior y un arbóreo superior, éste último dominado por *Abies religiosa*, en ocasiones en coexistencia con algunas otras coníferas de géneros como *Pinus*, *Juniperus* y *Cupressus* (imagen 24).

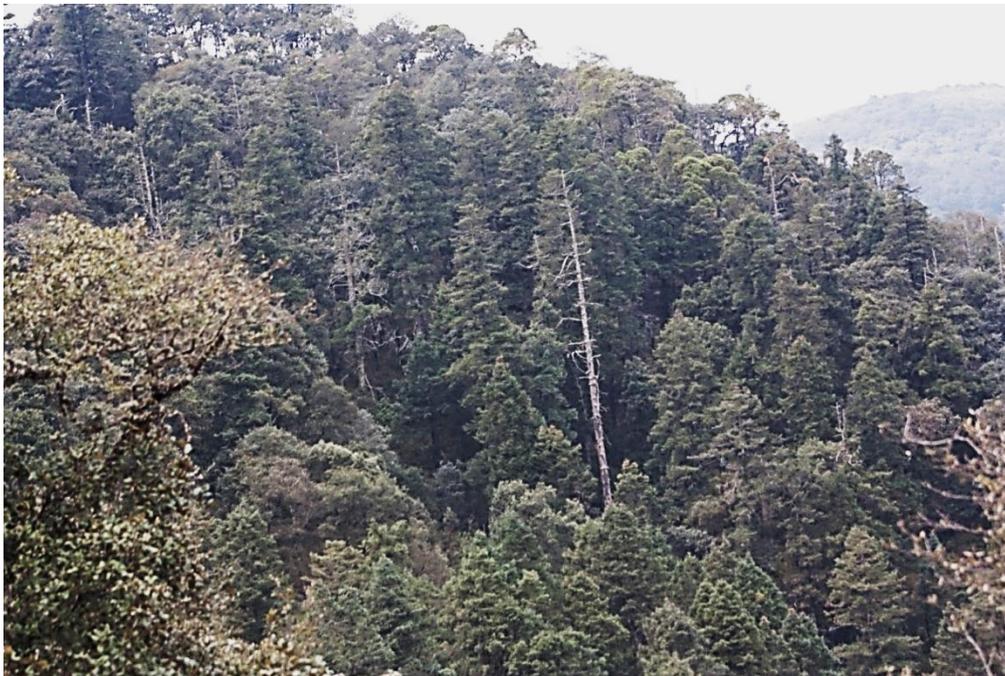


Imagen 24. Bosque de oyamel dentro del Área de Influencia

- Bosque de táscate

Ésta comunidad vegetal conforma el 2.17% de la superficie total del Área de Influencia, se encuentra asentada en pequeños parches aglomerados y disyuntos adyacentes a la carretera actual, en zonas planas o de ligera pendiente rodeadas de pastizales y asentamientos urbanos, por lo que su condición ambiental es baja dadas las circunstancias en que se encuentran sometidos estos sitios ante el impacto antropogénico crónico. Sus poblaciones presentan una disposición espaciada dentro de la unidad vegetal, por lo que las condiciones de radiación solar son más altas en comparación con otro tipo de bosques de coníferas, lo que da lugar a que puedan coexistir con otras especies de hábitos de vida diferentes. La estructura de la comunidad se encuentra determinada principalmente por tres niveles florísticos, un herbáceo dónde se registra la presencia de numerosas compuestas y gramíneas, además de resaltar la

presencia de *Gentiana spathacea* especie sujeta a Protección Especial en la Norma Oficial Mexicana; un estrato arbustivo caracterizado por algunas especies ruderales como *Baccharis conferta* y *Dodonaea viscosa*, y por último un nivel arbóreo no mayor a los 3 metros de altura conformado por *Juniperus deppeana* e individuos ocasionales de *Cupressus benthamii*, estos últimos probablemente introducidos de manera artificial como producto de una reforestación.

- *Vegetación secundaria arbustiva*

Ésta comunidad es el resultado de la remoción parcial o total de la vegetación primaria, reflejada en el cambio drástico de su estructura y composición por otras especies. Se les localiza en zonas cercanas a carreteras y asentamientos humanos del AI, por lo que el disturbio al que se encuentran sometidas es de tipo crónico, conformando con ello mosaicos vegetales de baja calidad ambiental, que en agrupación constituyen una superficie de 81.642 hectáreas. Se caracterizan de manera general por la existencia de dos estratos florísticos: un nivel arbustivo dominado por especies del género *Baccharis* y uno herbáceo donde resalta la presencia de *Sedum moranense* como una suculenta de fácil establecimiento y algunos pastos, sin embargo, es importante destacar la presencia esporádica en algunos sitios, de elementos arbóreos característicos de éste tipo de vegetación, generalmente correspondientes a la especie *Buddleja cordata* (imagen 25).



**Imagen 25. Vegetación secundaria arbustiva del Área de Influencia**

- *Usos de suelo*

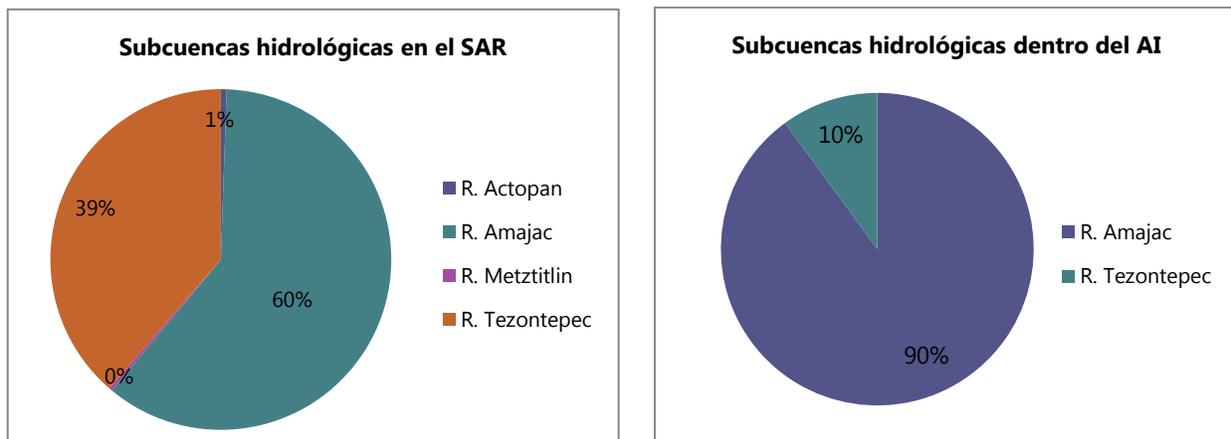
Los usos de suelo que se presentan dentro del AI conforman casi el 30% de la superficie total, donde los asentamientos humanos conforman el rubro con mayor extensión en comparación con los demás, al abarcar un área aproximada de 286.893 hectáreas, en menor proporción se encuentran otros usos resultado del sector primario como es el pastizal inducido y la agricultura de temporal, en éste último es importante remarcar que se presentan cultivos permanentes como es el caso de plantaciones de árboles

frutales y algunos cultivos anuales como el maíz, el cual se encuentra en los traspatios de las casas probablemente para autoconsumo.

#### **IV.2.1.6 Hidrología superficial y subterránea**

El polígono de SAR y AI del proyecto se ubican dentro del Región Hidrológica Río Pánuco y en la cuenca del Río Moctezuma.

El SAR se ubica sobre cinco subcuencas del río Moctezuma, sin embargo las de mayor superficie dentro del polígono son las del río Amajac con el 60 % y del río Tezontepec con el 38%; de esta forma al Área de influencia presenta sólo las subcuencas de estos mismos ríos.



**Gráfica 8. Subcuencas identificadas en el SAR y AI**

Por otro lado, los polígonos de SAR y AI, se ubican mayormente dentro del acuífero Amajac. Este es un acuífero tipo libre heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido vertical como horizontal, constituido en su porción superior, por sedimentos aluviales de granulometría variada, de espesor reducido que no sobrepasa los 10 m, debido a que están subyacidos por lutitas. Este es el acuífero que actualmente puede explotarse en los valles intermontanos, principalmente mediante norias perforadas en los subálveos del río y arroyos que sólo satisfacen las necesidades del uso doméstico. Las calizas y areniscas representan una fuente potencial de agua subterránea que aún no ha sido explorada.

El volumen de extracción calculado es de 9.8 hm<sup>3</sup> anuales, destinados en su totalidad al uso público urbano para abastecimiento de agua potable a la parte alta de la ciudad de Pachuca y a las comunidades rurales de la región comprendida dentro del acuífero. Adicionalmente, a través de manantiales se descarga un volumen anual de 64.0 hm<sup>3</sup>, destinados casi en su totalidad al abastecimiento de agua potable y en menor proporción para usos de servicios y recreativo.

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. La cifra indica que existe un volumen adicional de 3'464,885 m<sup>3</sup> anuales para otorgar nuevas concesiones.

## **IV.2.2 Medio Biótico**

Los factores bióticos son todas aquellas relaciones establecidas entre los seres vivos de un entorno ecológico en común, por lo que su estrecha interacción con otros elementos tanto bióticos como abióticos condicionan su existencia dentro del ecosistema. La flora y fauna de un sitio determinado son algunos de los principales elementos en los que se hace referencia a la diversidad, su arreglo se traduce en comunidades vegetales y animales con características fisiológicas necesarias y comportamientos específicos que les permitan reproducirse y sobrevivir en un ambiente determinado.

A continuación se describe de manera detallada los ecosistemas existentes dentro del Sistema Ambiental Regional, así como los componentes que lo integran, desarrollan y proveen parte de la diversidad biológica que coexiste en el sitio.

### ***IV.2.2.1 Vegetación***

#### ***a) Metodología de estudio***

Para evaluar la estructura, composición y calidad ecológica de la vegetación que se presenta en el sitio de estudio, así como la identificación de especies endémicas o incluidas bajo algún criterio de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se recurrió a distintos métodos de investigación biológica, para llevar a cabo la obtención de la información a partir de tres fases fundamentales: levantamiento de información en campo, identificación de ejemplares, además del procesamiento y análisis de datos, los cuales serán descritos de manera más detallada en los sucesivos puntos a tratar.

##### ***1. Levantamiento de información en campo***

Un monitoreo biológico es la forma de realizar un inventario repetible en el tiempo, diseñado para identificar tendencias o patrones en respuesta a algunas variables de interés ante un estudio determinado; dicho análisis permite reconocer las características de la vegetación a nivel de comunidad, además de demostrar el estado de conservación de la flora al utilizar la presencia de especies indicadoras de algún estado de calidad ambiental en términos de preservación o deterioro, y con ello poder determinar así las áreas que han sufrido un mayor impacto; por lo tanto, éste análisis representa el punto de partida de las condiciones iniciales de los recursos vegetales contra el cual se evaluará el efecto posterior de cualquier actividad, sea provocado por algún factor antropológico o natural, además de que el conocimiento de la vegetación en el sitio permitirá conocer en el contexto florístico en el que se desarrolla cualquier otro grupo biológico de interés.

Por lo tanto, la finalidad del presente apartado es demostrar y determinar las condiciones actuales de la vegetación que caracteriza al sitio de estudio con base en la obtención de datos en campo, así como su posterior corroboración e investigación en gabinete, con el objetivo de reconocer los diferentes elementos o entidades que permitan conocer los diferentes niveles jerárquicos que forman parte de la composición de la biodiversidad en la comunidad (Villarreal *et al.*, 2004); con base a este contexto, de manera previa se estableció el uso de suelo y tipo de vegetación que se presenta en el lugar a través de la información obtenida por INEGI (Serie V), la cual durante la visita de campo fue identificada y verificada mediante el establecimiento de doce estaciones de muestreo, donde se recaudaron los datos necesarios para el análisis de la estructura forestal de las principales formaciones vegetales.

##### ***2. Análisis de la estructura forestal del sitio de estudio***

Para establecer un correcto diagnóstico de la estructura forestal en la zona de estudio, se instauraron diversos sitios para la obtención de datos propios a la riqueza y diversidad vegetal tanto del Sistema Ambiental Regional, como del Área de Influencia y de los sitios propuestos a cambio de uso de suelo, por lo que en éste último caso, se establecieron unidades de muestreo al igual que puntos de observación, cuyos criterios de selección fueron basados en la riqueza y cobertura vegetal, así como en su aparente estado de conservación. Es importante precisar que en cada muestreo se aplicó el método de intercepción de la línea de Canfield (1941) modificado, el cual consistió en la realización de transectos con una dimensión de 50 metros de largo por 4 metros de ancho, determinando para cada planta interceptada dentro de los límites muestrales, la altura y la cobertura vegetal, obteniendo con ello una superficie en cada unidad de 200m<sup>2</sup>. Cada sitio muestreado fue georeferenciado, por lo que su ubicación se indica la Tabla 7.

**Tabla 7. Sitios de muestreo en las comunidades vegetales nativas y uso de suelo del sitio de estudio**

Transecto	Comunidad vegetal	Condición ambiental	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud (msnm)
1	Vegetación arbustiva de bosque de táscate	Vegetación en estado secundario.	532247.82 m E	2226620.35 m N	2771
2	Bosque de encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	532602.56 m E	2227650.45 m N	2807
3	Bosque de encino	Vegetación primaria	532487.00 m E	2227645.00 m N	2840
4	Bosque de encino	En estado primario y secundario.	532191.00 m E	2228024.00 m N	2784
5	Bosque mixto de Oyamel-encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	533050.00 m E	2227812.00 m N	2851
6	Bosque de encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	533587.00 m E	2228546.00 m N	2708
7	Bosque de encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	533757.00 m E	2228148.00 m N	2752
8	Bosque de encino	Vegetación en estado secundario.	535430.47 m E	2229074.49 m N	2600
9	Bosque mixto de Oyamel-encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	535824.00 m E	2229579.00 m N	2565
10	Bosque de encino	Vegetación en estado secundario.	536354.05 m E	2230653.39 m N	2472
11	Bosque de encino	Vegetación primaria con presencia de algunos individuos indicadores de perturbación.	536025.00 m E	2230762.00 m N	2554
12	Bosque de encino	Vegetación primaria	537659.00 m E	2232519.00 m N	2414

Con relación en lo expuesto por la tabla anterior, los sitios de muestreo comprenden una amplia variedad de mosaicos vegetales en diferentes etapas de conservación, correspondientes principalmente a bosques de *Quercus* tanto en condiciones prístinas como en estado secundario, del mismo modo que se incluyen muestreos en áreas mixtas de coníferas con encinos y algunos polígonos donde la vegetación arbustiva es la dominante. Es importante considerar que gran parte de los puntos de muestreo dentro del área de estudio corresponden a encinares, sin embargo, las comunidades muestreadas son fisionómicamente diferentes, ya que van desde sitios de mayor humedad con individuos que sobrepasan los doce metros de altura, hasta zonas de mayor exposición solar con individuos de baja talla. Para conocer la composición florística además de la estructura vertical y horizontal de los sitios, se establecieron transectos de 50 metros de largo por 4 metros de ancho, contabilizando con ello todos los individuos vegetales que se encontrasen dentro de los límites del muestreo, así como también el registro de medidas dasométricas de todos los organismos leñosos, con la finalidad de obtener la cobertura en el sitio (imagen 26 y 27).

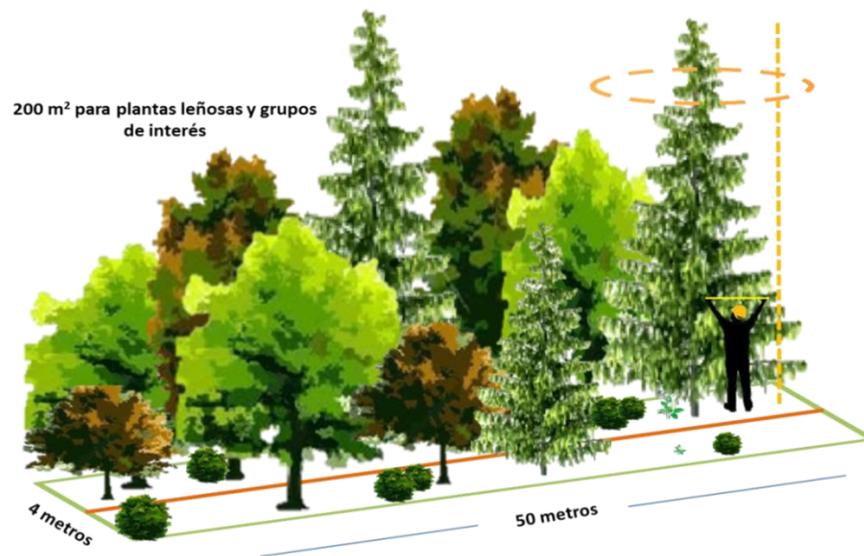


Imagen 26. Método de muestreo aplicado a zonas de vegetación nativa y uso de suelo en el sitio de estudio



Imagen 27. Metodología para el levantamiento de información en campo: A) establecimiento de la Línea de Canfield; B) registro fotográfico; C y D) medición de variables; E) caracterización del sitio de muestreo; F y G) registro y colecta de ejemplares en campo

En relación con la vegetación acuática del sitio de estudio, se realizaron observaciones y anotaciones en campo para definir las especies que conforman dichas comunidades, e identificar especies clave, endémicas o indicadoras de la calidad ambiental en el sitio.

Es importante mencionar que toda la información levantada en campo fue registrada en formatos elaborados ex profeso, para luego ser capturada y almacenada en archivos electrónicos, los cuales permitieron su procesamiento y análisis posterior en computadora.

### 3. Identificación de ejemplares

La caracterización de la vegetación es fundamental ya que la distribución de las especies no es homogénea, además de que pueden presentar un estatus como raro o abundante y tener restricciones bióticas y abióticas que limiten su presencia en determinadas zonas, por lo que la información generada constituye una herramienta importante para lograr ubicar aquellos sitios que albergan determinadas especies con alto valor ecológico, además de permitir realizar propuestas de rescate, protección y conservación para organismos con atributos biológicos que restrinjan o dificulten su establecimiento; para ello se realizaron registros y colectas botánicas tanto en los transectos evaluados como en los sitios donde la vegetación se verá directamente afectada por la ejecución del proyecto, en los cuales se obtuvieron fotografías de todos los individuos censados, así como la toma de datos que facilitasen su identificación, entre los que se encuentran las condiciones fisiográficas del hábitat y las particularidades biológicas de las especies (forma de vida, tipo y color de flor, fruto, semillas, corteza, exudados, aromas etc.) (Figura 3).

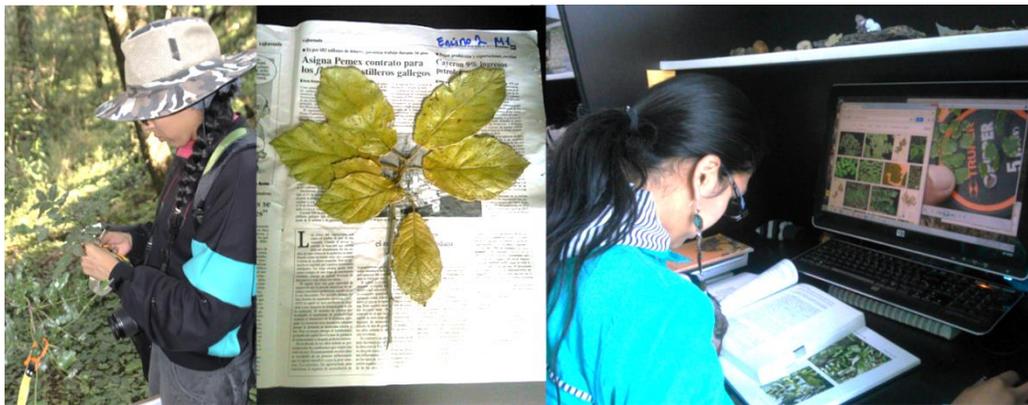


Imagen 28. Proceso de colecta e identificación de ejemplares en gabinete

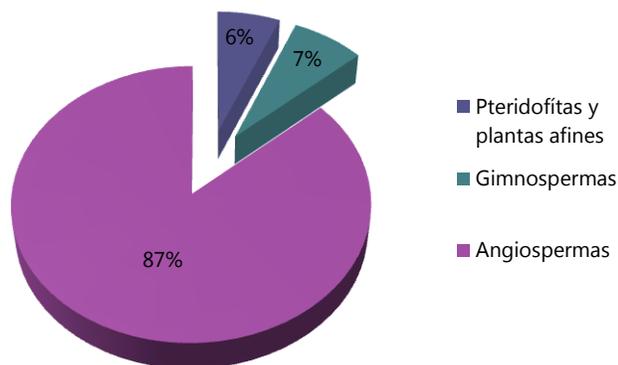
### 4. Procesamiento y análisis de datos

Se analizó de manera detallada todo el material fotográfico, colectado y la información obtenida en campo con la literatura correspondiente, con la finalidad de determinar las especies y la familia a la que pertenecen dichos ejemplares. La información obtenida fue comparada con la de otros especímenes depositados en distintos herbarios, los cuales fueron consultados a través de diversos portales en línea. Una vez concluida y homogeneizada la identificación, el análisis derivado en campo permitió caracterizar la vegetación a través de distintas variables interpretativas, además de brindar una idea general del estado y función de algunas de las plantas que ahí se localizan, así como la generación de un listado y un catálogo florístico con las especies registradas, evidenciando su nombre científico, nombre común, familia, forma de crecimiento y estatus migratorio, además de la ocurrencia de especies endémicas y/o catalogadas bajo algún criterio de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**b) Composición florística**

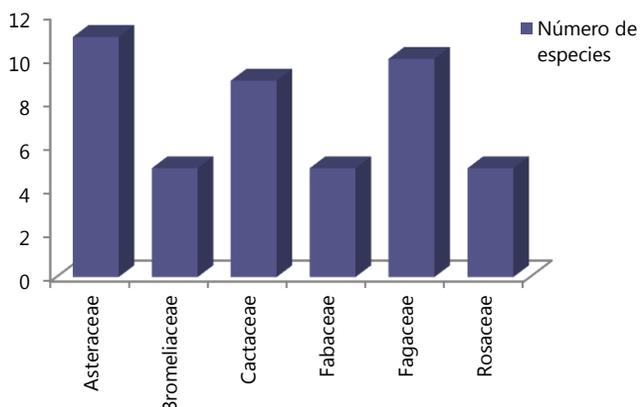
La composición florística de un sitio simboliza la diversidad de especies vegetales representadas en una unidad de área determinada. Para su evaluación en términos de densidad, basta reconocer el número de especies registradas dentro de cada muestreo, por lo que dicho de otra manera, se hace referencia a las distintas especies vegetales que constituyen un lugar.

Para el Área de Influencia, la riqueza taxonómica se determinó en 38 familias, 72 géneros y 97 especies, de las cuales, el 6.18% corresponden al grupo de las pteridofitas y plantas afines, el 7.21% a las gimnospermas, en el que resaltan géneros como *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus* y *Pinus*, mientras que la mayor diversidad se concentra en las angiospermas con el 86.60% de los registros.



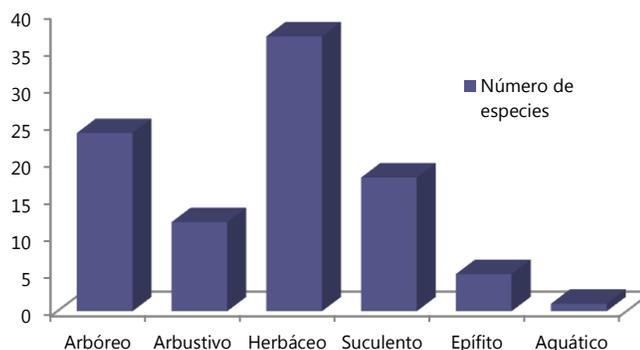
**Gráfica 9. Clases de plantas registradas en el sitio de estudio**

Es importante resaltar que dentro de éste último grupo, las monocotiledóneas abarcan el 14.46% siendo las familias Asparagaceae y Bromeliaceae las mejor representadas en el sitio de estudio, en tanto que las dicotiledóneas conforman el 85.54% de las especies, donde las familias mejor representadas por su riqueza específica son Asteraceae, Fagaceae y Cactaceae.



**Gráfica 10. Familias botánicas más representativas del sitio de estudio**

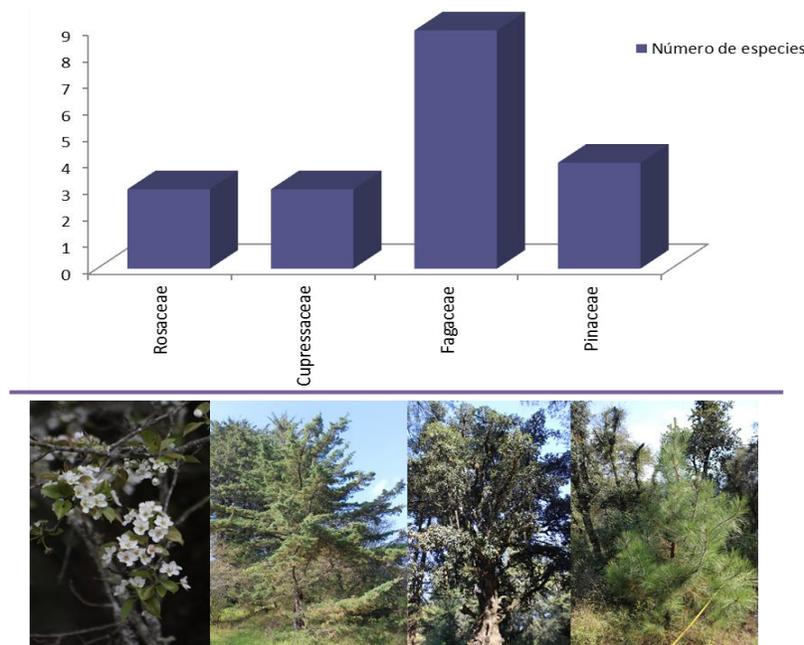
Respecto a las formas de vida, el hábito herbáceo es el registrado con mayor frecuencia con el 38% de los individuos, seguido por el arbóreo (25%) y el suculento (19%), mientras que las plantas arbustivas, epífitas y acuáticas conforman las formas de vida menos comunes del sitio de estudio (Gráfica 11).



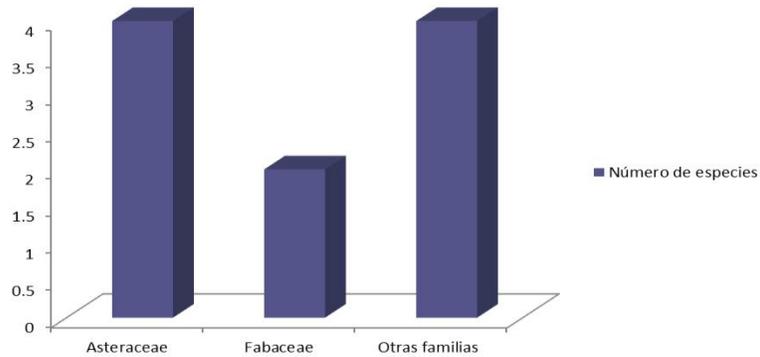
**Gráfica 11. Formas de vida registradas dentro del sitio de estudio**

Con base en la información obtenida por la gráfica anterior, es importante mencionar que la dominancia del estrato herbáceo probablemente se deba al elevado registro de elementos indicadores de perturbación, en especial de aquellos polígonos expuestos de manera crónica ante eventos de pastoreo y agricultura, ya que la mayoría de las especies que conforman éste hábito pertenecen a la familia Asteraceae, la cual se caracteriza por su amplia distribución, fácil dispersión y elevado porcentaje de establecimiento, además de reconocérseles como excelentes competidores ante otras especies. En el caso de los recursos forestales, el hábito arbóreo es el que presenta la mayor diversidad de especies, esto se debe principalmente por el tipo de ecosistemas que se desarrollan en el sitio de estudio, correspondientes principalmente a los diferentes tipos de bosque que se presentan, donde sobresalen familias con un mayor número de especies como Fagaceae en la que resaltan algunas especies endémicas del centro del país, Pinaceae cuyas especies se encuentran categorizadas como de preocupación menor (LC) por la IUCN y Cupressaceae, donde es de resaltar la presencia de *Cupressus lusitanica*, especie protegida bajo alguna categoría de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (gráfica 12).

Por otro lado, el estrato arbustivo conforma la estructura principal del sotobosque de diferentes ecosistemas, formando parte tanto de elementos primarios como secundarios de la vegetación, registrándose en Asteraceae una mayor riqueza comparada con la de otras familias, equivalente al 33% de los registros, donde resaltan géneros como *Ageratina* y *Baccharis*, mientras que las demás especies que presentan ésta forma de vida se encuentran distribuidas en las demás familias (grafica 13).



**Gráfica 12. Familias florísticas más representativas del estrato arbóreo**



**Gráfica 13. Familias florísticas más representativas del estrato arbustivo**

De manera general, éste aspecto es importante ya que refleja las condiciones ecológicas y de conservación de la zona, no obstante es de considerar que debido a la temporada en que fueron realizados los muestreos, otras formas de vida pudieron ser menos representadas en los registros, debido a que varias especies de herbáceas y orquídeas de hábito terrestre son anuales.

Como se ha mencionado con anterioridad, durante la visita de campo realizada para la ejecución del presente documento, se encontró en lo que respecta al sitio de estudio, 28 especies endémicas de México, así como cuatro especies incluidas en alguna categoría de conservación adscrita a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 8).

**Tabla 8. Especies incluidas bajo algún criterio de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de distribución restringida a México**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endémica de México
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Ar	Pr	
Asparagaceae	<i>Dasyliirion acrotrichum</i>	Cucharilla	Sc	A	*
Bromeliaceae	<i>Hechtia podantha</i>	Guapilla	Sc		*
	<i>Tillandsia erubescens</i>	-	Ep		*
	<i>Tillandsia parryi</i>	-	Ep		*
Asteraceae	<i>Dahlia merckii</i>	Dalia	He		*
Cactaceae	<i>Coryphantha erecta</i>	Biznaga	Sc		*
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Choya	Sc		*
	<i>Echinocereus cinerascens</i>	Alicoche	Sc		*
	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga ganchuda	Sc		*
	<i>Mammillaria discolor</i>	Biznagueta	Sc		*
	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de chilitos	Sc		*
	<i>Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps</i>	Biznaga cabeza áurea	Sc	A	*
	<i>Mammillaria uncinata</i>	-	Sc		*
	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	Sc		*

Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i>	Damiana	Ab		*
Crassulaceae	<i>Sedum greggii</i>	Chisme	Sc		*
Fagaceae	<i>Quercus deserticola</i>	Encino tecux	Ar		*
	<i>Quercus frutex</i>	Encino comalillo	Ab		*
	<i>Quercus glabrescens</i>	Encino	Ar		*
	<i>Quercus laurina</i>	Encino laurelillo	Ar		*
	<i>Quercus mexicana</i>	Escobillo	Ar		*
	<i>Quercus pachucana</i>	-	Ar		*
	<i>Quercus affinis</i>	Encino duela	Ar		*
	<i>Quercus sideroxyla</i>		Ar		*
Gentianaceae	<i>Gentiana spathacea</i>	Flor de hielo	He	Pr	*
Papaveraceae	<i>Argemone polyanthemus</i>	Chicalote	He		*
Plantaginaceae	<i>Plantago alismatifolia</i>	Plantago	He		*
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata subsp. cordata</i>	Tepozán	Ar		*

Ar: Arbóreo; Ab: Arbustivo; He: Herbáceo; Sc: Suculento; Ep: Epífita; Pr: Protección especial; A: Amenazada

### c) Riqueza florística de las comunidades vegetales sujetas a cambio de uso de suelo

Con relación en la información presentada en el *Capítulo IV, apartado IV.2.1* donde se describen las condiciones abióticas del sitio, así como la caracterización florística en el presente apartado, a continuación se describen los componentes y/o atributos más importantes de la vegetación que se verá directamente afectada por la ejecución del proyecto, dichos atributos son:

#### 1. Composición florística

Representa las especies vegetales que se encuentran incluidas en alguna unida de área o entidad menos definida, cómo lo es la comunidad. Para su evaluación es importante reconocer el número de especies presentes dentro de un área circunscrita, ya que básicamente se refiere a la riqueza florística de un sitio en específico.

#### 2. Características fisionómicas

La fisonomía es la apariencia general o efecto visual de una estación de vegetación, ya que resume una serie de características cualitativas y cuantitativas (clase de especies, forma de vida, densidad poblacional, cobertura, altura, estratificación, color).

#### 3. Características funcionales

Las características funcionales aluden a las formas de vida (formas biológicas o biotipos) o también conocidas como formas de crecimiento de las plantas y el estado fenológico de los fenómenos que involucran el ciclo de vida de la planta.

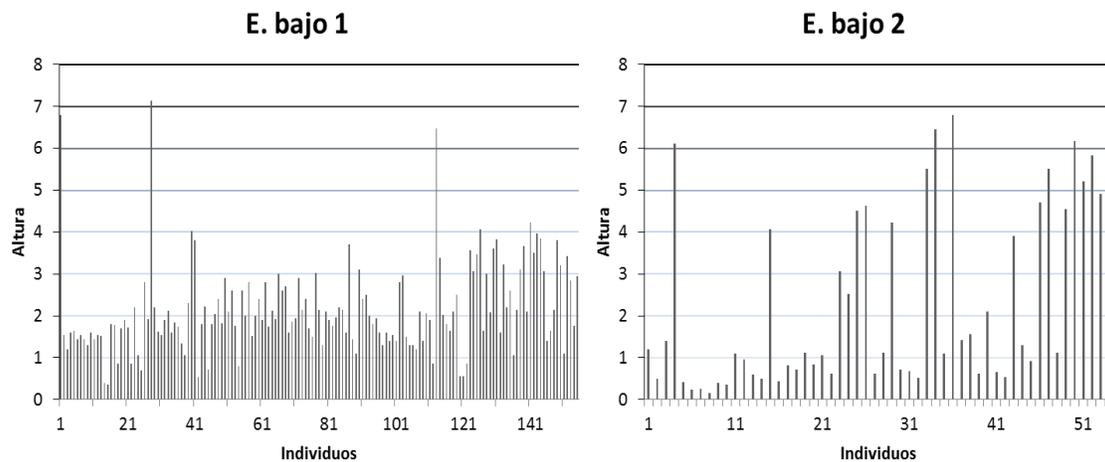
#### 4. Estructura de la vegetación

La estructura de la vegetación es la forma en cómo se encuentra la distribución espacial de las especies a través de diagramas que son descripciones estrictamente fisionómico-estructurales que representan comunidades vegetales de flora poco conocidas, definiéndose principalmente en base a dos componentes: la organización vertical, que es el arreglo o disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad vegetal y la horizontal que se refiere a la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

- *Bosque de encino*

Dentro de los polígonos propuestos a cambio de uso de suelo, el bosque de encino es el tipo de vegetación con mayor superficie involucrada en el presente proyecto, dentro de éste mosaico florístico se hallan diferentes tipos de comunidades, agrupadas en tres categorías: encinares bajos, medianos y altos, por lo que las condiciones bióticas y abióticas sobre las que se desarrollan son diferentes.

Los bosques bajos de encino se caracterizan por presentar una afinidad xérica mayor en comparación con otras comunidades de *Quercus*, se desarrollan sobre sitios de pendientes pronunciadas con mayor exposición solar, por lo que las especies que se establecen dentro presentan adaptaciones que les permite tolerar adecuadamente el estrés generado por las condiciones abióticas de la zona. En relación con lo mencionado anteriormente, ésta comunidad presenta una estructura caracterizada por un estrato arbóreo caducifolio dominado por *Q. mexicana*, la cual se distingue por ser una especie de baja altura comparada con otras especies del mismo género, por lo que la mayor parte de los individuos que componen éste nivel no superan los 5 metros de alto; sin embargo se puede registrar la presencia de algunas especies esporádicas de *Q. pachucana* que superan éste rango u organismos como *Juniperus deppeana* y *Arbutus xalapensis* que se encuentran por debajo del dosel superior. En lo que respecta al estrato arbustivo, los escasos individuos que se pudieron registrar corresponden en su totalidad a *Baccharis conferta*, mientras que el estrato herbáceo se encuentra pobremente representado por algunas gramíneas. Es importante considerar que debido a la temporada en que se realizaron estos muestreos, algunos niveles pueden ser bajamente diversos, debido al ciclo de vida de algunas plantas (gráfica 14).



**Gráfica 14. Estructura vertical de los bosques de encino bajos, por sitio de muestreo**

La diversidad florística de las comunidades de encinos bajos se encuentra determinada por una riqueza específica de 11 familias, 12 géneros y 13 especies, de las cuales, las compuestas y las fagáceas conforman la mayor diversidad. Es importante mencionar que en éste complejo arbóreo no se presentaron plantas epífitas en los muestreos, además de que se registra la presencia de *Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps*, una especie relacionada a éste tipo de comunidad por sus características xerófitas, incluida como Amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 9).

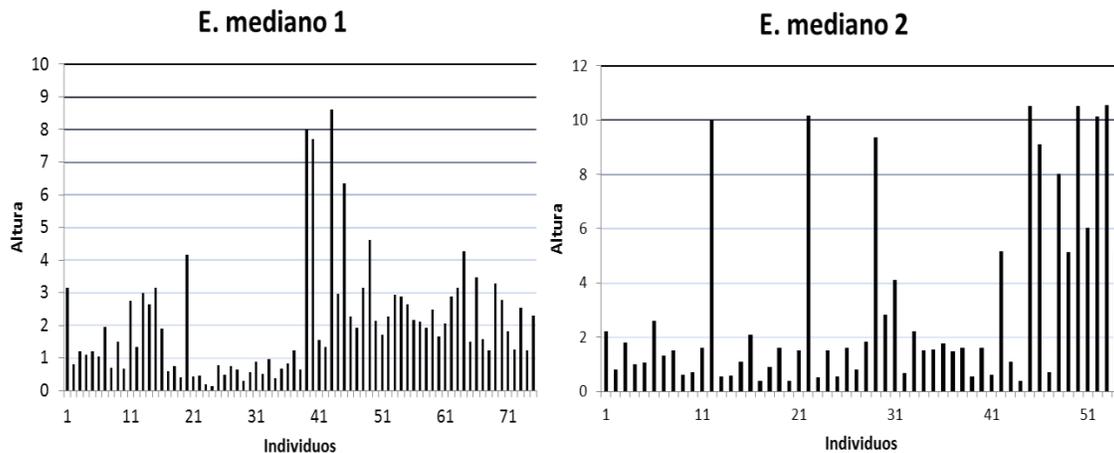
**Tabla 9. Composición florística de las comunidades de encinos bajos en sitios propuestos a cambio de uso de suelo**

Familia	Especie	Nombre común	Habito	Estatus migratorio
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	Helecho	He	Nativa
Asteraceae	<i>Ageratina pichinchense</i>	Aromito blanco	Ab	Nativa
	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	Ab	Nativa

Berberidaceae	<i>Berberis moranensis</i>	Palo amarillo	Ab	Nativa
Cactaceae	<i>Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps</i>	Biznaga cabeza áurea	Sc	Nativa
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Ar	Nativa
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	Ar	Nativa
Fagaceae	<i>Quercus mexicana</i>	Escobillo	Ar	Nativa
	<i>Quercus pachucana</i>	-	Ar	Nativa
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	Mirto	Ab	Nativa
Poaceae	<i>Bothriochloa laguroides</i>	Pasto cola de zorra	He	Nativa
Pteridaceae	<i>Cheilanthes lendigera</i>	Helecho	He	Nativa
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i>	Fresa silvestre	He	Nativa

Ar: Arbóreo; Ab: Arbustivo; He: Herbáceo

En comparación con los bosques bajos, los complejos arbóreos medianos se presentan en sitios de menor pendiente, mayor humedad y suelos profundos, con una estructura florística conformada por tres estratos, en algunas ocasiones hasta cuatro, con alturas en el dosel superior que oscilan entre 5 y 10 metros, ocasionalmente hasta 11m en esporádicos individuos de *Q. glabrescens* y *Q. laurina*; así mismo, se ostenta un estrato arbustivo no mayor al metro y medio de altura, donde resalta una gran variedad de plantas correspondientes a las familias Asteraceae y Lamiaceae, en tanto que en un nivel florístico inferior se registra la presencia de pastos y herbáceas, así como algunas especies de helechos. Es importante resaltar que ésta comunidad es la que ostenta una mayor riqueza específica comparada con la de otros bosques de encino del sitio de estudio, al presentar una diversidad biológica específica de 17 familias, 26 géneros y 36 especies, en las que sobresalen una amplia variedad de encinos con distribución restringida al centro del país, además de la presencia de especies raras y de prioritarias para su conservación, como es el caso de *Gentiana spathacea* especie sujeta a Protección Especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010, aunada a la rareza de algunas orquídeas terrestres y plantas carnívoras del lugar (Figura 31 y Tabla 10).



Gráfica 15. Estructura vertical de los bosques de encino medianos, por sitio de muestreo

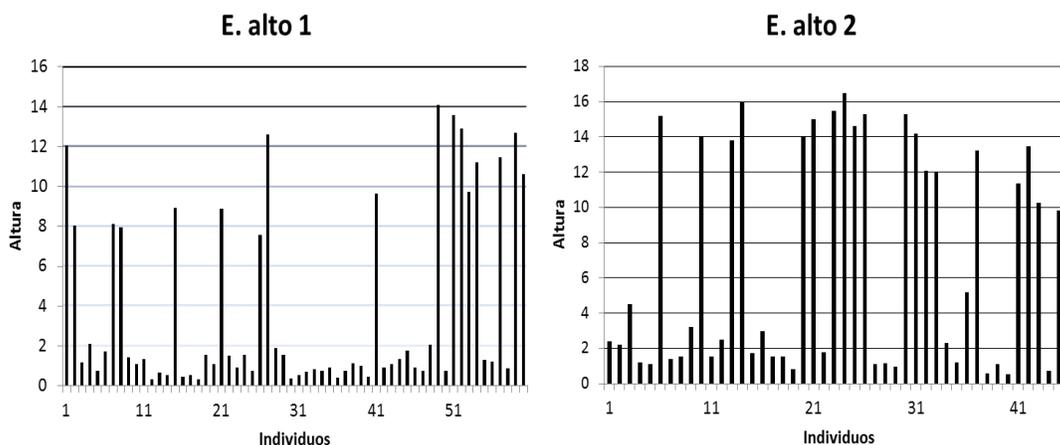
Tabla 10. Composición florística de las comunidades de encinos medianos en sitios propuestos a cambio de uso de suelo

Familia	Especie	Nombre común	Habito	Estatus migratorio
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	Helecho	He	Nativa
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i>	Mil en rama	He	Nativa

	<i>Ageratina pichinchense</i>	Aromito blanco	Ab	Nativa
	<i>Ageratina vernalis</i>	Aromito	Ab	Nativa
	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	Ab	Nativa
	<i>Baccharis pteronioides</i>	Hierba del golpe	Ab	Nativa
	<i>Bidens triplinervia</i>	Aceitilla	He	Nativa
	<i>Cirsium jorullense</i>	Cardo santo	He	Introducida
	<i>Cosmos bipinnatus</i>	Mirasol	He	Nativa
	<i>Dahlia merckii</i>	Dalia	He	Nativa
	<i>Roldana aschenborniana</i>	-	He	Nativa
	<i>Stevia sp.</i>	Hierba dulce	He	Nativa
Bromeliaceae	<i>Tillandsia erubescens</i>	-	Ep	Nativa
	<i>Tillandsia parryi</i>	-	Ep	Nativa
	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallinitas	Ep	Nativa
	<i>Tillandsia usneoides</i>	Heno	Ep	Nativa
Crassulaceae	<i>Echeveria secunda</i>	Conchitas	Sc	Nativa
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Ar	Nativa
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	Ar	Nativa
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Encino colorado	Ar	Nativa
	<i>Quercus glabrescens</i>	Encino	Ar	Nativa
	<i>Quercus laurina</i>	Encino laurelillo	Ar	Nativa
	<i>Quercus mexicana</i>	Escobillo	Ar	Nativa
	<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	Ar	Nativa
Gentianaceae	<i>Gentiana spathacea</i>	Flor de hielo	He	Nativa
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	Mirto	Ab	Nativa
	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	He	Nativa
Lentibulariaceae	<i>Pinguicula moranensis</i>	Violeta de barranca	He	Nativa
Orchidaceae	<i>Bletia sp.</i>	Orquídea	He	Nativa
Plantaginaceae	<i>Plantago alismatifolia</i>	Plantago	He	Nativa
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>	Espinosilla	He	Nativa
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i>	Helecho	He	Nativa
	<i>Polypodium sp.</i>	Helecho	He	Nativa
Pteridaceae	<i>Cheilanthes lendigera</i>	Helecho	He	Nativa
Scrophulariaceae	<i>Penstemon roseus</i>	Jarritos	He	Nativa
<b>Verbenaceae</b>	<i>Glandularia elegans</i>	Verbena	He	Nativa

Ar: Arbóreo; Ab: Arbustivo; He: Herbáceo; Sc: Suculento; Ep: Epífita

Por otro lado, las comunidades altas de encinos se concentran en pequeños aglomerados con condiciones de humedad alta, suelos profundos y de poca incidencia de luminosidad, por lo que la gran parte de las especies que habitan en éste sitio son de condición perennifolia. Presenta cuatro estratos conformados en su mayoría por un nivel arbóreo superior entre 14 y 16 m de alto, donde se presentan individuos esporádicos de *Cupressus lusitanica* que pueden sobrepasar el rango observado, en coexistencia con algunos encinos de la especie *Quercus laurina*; así mismo, se registra la presencia de un dosel subarbóreo, estructurado principalmente por individuos de *Quercus affinis* y *Arbutus xalapensis*; en tanto, el estrato arbustivo se encuentra conformado por especies que no rebasan los dos metros de altura, como es el caso de *Berberis moranensis*, *Roldana aschenborniana* y *Eupatorium pichinchense*, entre otras; en lo que respecta al estrato herbáceo, éste se encuentra pobremente representado en algunos sitios, debido a la dominancia y el efecto de cobertura que produce *Hedera hélix*.



Gráfica 16. Estructura vertical de los bosques de encino altos, por sitio de muestreo

Tabla 11. Composición florística de las comunidades de encinos altos en sitios propuestos a cambio de uso de suelo

Familia	Especie	Nombre común	Habito	Estatus migratorio
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	Hiedra	Ep	Introducida
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	Helecho	He	Nativa
Asteraceae	<i>Ageratina pichinchense</i>	Aromito blanco	Ab	Nativa
	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	Ab	Nativa
	<i>Roldana aschenborniana</i>	-	He	Nativa
Berberidaceae	<i>Berberis moranensis</i>	Palo amarillo	Ab	Nativa
Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i>	Damiana	Ab	Nativa
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Ar	Nativa
	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Ar	Nativa
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	Ar	Nativa
Fagaceae	<i>Quercus affinis</i>	Encino duela	Ar	Nativa
	<i>Quercus laurina</i>	Encino laurelillo	Ar	Nativa
	<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	Ar	Nativa
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i>	Helecho	He	Nativa
	<i>Polypodium sp.</i>	Helecho	He	Nativa
Pteridaceae	<i>Adiantum poiretii</i>	Helecho	He	Nativa
	<i>Cheilanthes lendigera</i>	Helecho	He	Nativa
Rosaceae	<i>Rosa canina</i>	Rosa silvestre	He	Introducida

Ar: Arbóreo; Ab: Arbustivo; He: Herbáceo

En relación con la tabla anterior, ésta comunidad ostenta una riqueza específica de 11 familias, siendo Asteraceae y Fagaceae las de mayor diversidad, 16 géneros con *Quercus* como el de mayor dominancia y 18 especies.

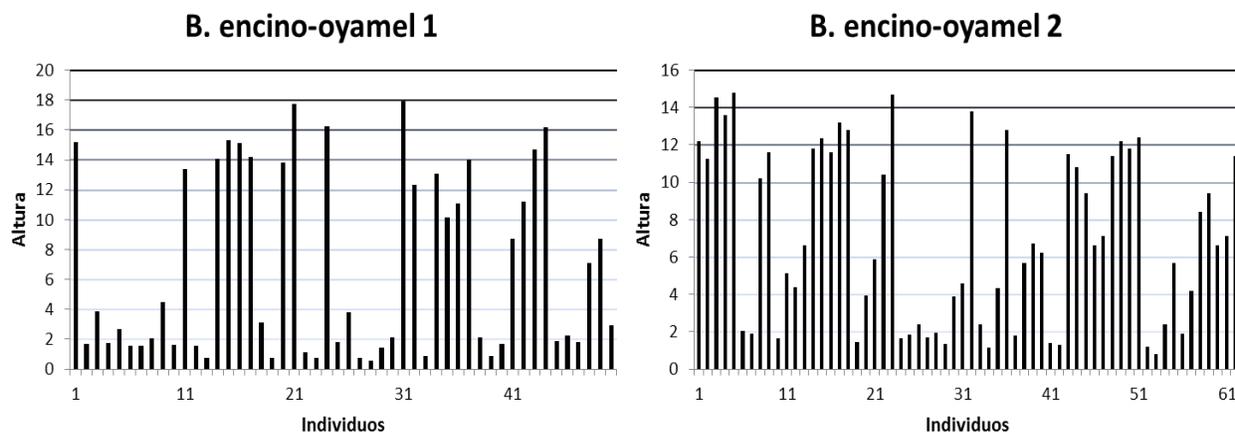
En conclusión, de acuerdo a las observaciones y sitios de muestreo realizados en campo, los bosques de encino son los que aportan la mayor diversidad de especies florísticas en el sitio de estudio; los complejos arbóreos se encuentran conformados por una gran variedad de especies de encinos, la mayoría endémicos del centro del país. En lo que respecta al estado de conservación de algunas especies, de las cuatro reportadas en alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para éste estudio,

tres se encuentran relacionadas con éste tipo de vegetación, tal es el caso de *Cupressus lusitanica*, *Gentiana spathacea* y *Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps*.

- *Bosque mixto de encino-oyamel*

En el caso particular de los polígonos de *Quercus-Abies* sujetos a cambio de uso de suelo, se atañe a pequeñas aglomeraciones arbóreas distribuidas en los cadenamientos del 11+990 al 12+065 y del 16+800 al 17+035, sobre sitios húmedos, de suelos profundos revestidos casi en su totalidad por musgos, donde prosperan aglomeraciones arbóreas altas conformadas en su mayoría por *Abies religiosa* y *Quercus rugosa* con alturas que van desde los 14 hasta los 18 metros, donde las trepadoras y epífitas son escasas o a menudo ausentes en éste tipo de vegetación; se registra la presencia de un dosel subarbóreo que no sobrepasa los cuatro metros, donde destacan especies como *Cupressus benthamii* y *Cupressus lusitanica*, ésta última referida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como Sujeta a Protección Especial, así mismo se registra la existencia de un estrato arbustivo no mayor a dos metros de alto conformado por algunas especies de las familias Asteraceae, Berberidaceae y Lamiaceae, además de algunas herbáceas en el estrato inferior, donde resaltan en particular de géneros como *Salvia* y *Penstemon*. La riqueza específica de ésta unidad vegetal se encuentra determinada por 11 familias, 12 géneros y 13 especies, de las cuales, la mayor parte de los individuos se encuentra concentrado en la familia Cupressaceae (Figura 33 y Tabla 12).

En conclusión, los bosques mixtos de encino-oyamel presentan una condición ambiental de media a alta debido a su cercanía con las vías de comunicación actuales y asentamientos humanos, los cuales influyen en su calidad ecológica, por lo que es común encontrar elementos característicos de vegetación secundaria, además de otras especies no propias a ésta comunidad vegetal.



Gráfica 17. Estructura vertical de los bosques mixtos de encino-oyamel, por sitio de muestreo

Tabla 12. Composición florística de los bosques mixtos de encino-oyamel en sitios propuestos a cambio de uso de suelo

Familia	Especie	Nombre común	Habito	Estatus migratorio
Asteraceae	<i>Ageratina pichinchense</i>	Aromito blanco	Ab	Nativa
	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	Ab	Nativa
Cupressaceae	<i>Cupressus benthamii</i>	Cedro	Ar	Nativa
	<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Ar	Nativa
	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Ar	Nativa
Berberidaceae	<i>Berberis moranensis</i>	Palo amarillo	Ab	Nativa

Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	Ar	Nativa
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	Ar	Nativa
Pinaceae	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	Ar	Nativa
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i>	Helecho	He	Nativa
	<i>Polypodium sp.</i>	Helecho	He	Nativa
Pteridaceae	<i>Cheilanthes lendigera</i>	Helecho	He	Nativa
Rosaceae	<i>Rosa canina</i>	Rosa silvestre	He	Introducida
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	Mirto	Ab	Nativa
	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	He	Nativa
Scrophulariaceae	<i>Penstemon roseus</i>	Jarritos	He	Nativa
Ar: Arbóreo; Ab: Arbustivo; He: Herbáceo				

#### d) *Diversidad vegetal*

La biodiversidad ha sido definida de diferentes formas y bajo distintos niveles, sin embargo, para los fines y objetivos del presente trabajo se adoptará la definición basada en la teoría de sistemas, la cual se refiere como *la medida de la heterogeneidad biológica, es decir a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos que contiene un sistema*, en éste caso el de una comunidad vegetal. No obstante, es importante aclarar y diferenciar dos términos muy usados, parecidos y a veces confundidos, estos son la riqueza de especies y la diversidad de especies, la primera se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo de plantas existentes en un área determinada, en cambio, la diversidad de especies en su definición considera tanto el número de especies, como el número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar; por lo tanto, los índices de diversidad son aquellos que describen lo variado que puede ser un determinado lugar, en consideración con el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Su estudio es importante debido a que es considerado como uno de los principales parámetros para medir el efecto directo o indirecto de los procesos de perturbación ocasionados por las actividades humanas en los ecosistemas, por lo que en muchas ocasiones, la estructura vegetal del sitio se ve reflejada de manera más directa ante el sometimiento de procesos crónicos de disturbio, en comparación con los factores de perturbación ocasional (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

El uso de estos parámetros que describen y ponderan la riqueza y abundancia de especies proporcionan validez científica para establecer criterios de conservación, debido a que con frecuencia son utilizados como parámetros ambientales al ser interpretados como indicadores de salud ecosistémicos, por lo que su aplicación genera datos que coadyuvan a orientar acciones de protección y manejo en la preservación, por lo tanto, el uso de curvas de rango-abundancia proporcionan elementos característicos por sitio de muestreo y por comunidad vegetal, aportando cuatro elementos importantes como son: la riqueza específica, densidad, abundancia y rareza.

Es importante mencionar que estos patrones son estudiados a distintas escalas espaciales, esencialmente a nivel regional y local, de modo que el primero se refiere al número de especies presentes en extensas regiones geográficas como países o biomas, mientras que la riqueza local describe el número de organismos que coexisten en áreas de tamaño limitado, normalmente menores a una hectárea. Generalmente, ambos análisis se encuentran sujetos a diferentes limitaciones metodológicas, sin embargo, la medida o estimación de la diversidad depende entre otras cosas de la escala en la cual se define el problema, por lo tanto, con base en las características y objetivos del presente estudio, éste se limita a la

investigación local y de zonas adyacentes al cambio de uso de suelo, con lo que se pretende se pueda apreciar algunos aspectos ecológicos diferentes a la configuración de la riqueza vegetal apreciada.

▪ **Resultados**

Se realizaron doce sitios de muestreo correspondientes a los diferentes tipos de vegetación involucrados dentro del Área de Influencia, los cuales corresponden a polígonos de vegetación secundaria arbustiva, bosques de encino y bosques mixtos de encino-oyamel, con la finalidad de conocer las condiciones actuales a las que se encuentran sujetas estas comunidades de manera pre-intromisión a la obra.

**Tabla 13. Propiedades de los sitios de muestreo**

Vegetación del PPCUS	Unidad de muestreo	Riqueza de especies forestales	Abundancia	Cobertura por sitio de muestreo
Vegetación secundaria arbustiva	I	6	43	115.402
	I	6	75	381.572
Bosque de encino	II	8	60	429.601
	III	9	155	450.526
	IV	6	54	161.685
	V	11	79	480.165
	VI	11	65	79.838
	VII	10	52	327.557
	VIII	11	63	151.773
	IX	9	46	400.100
Bosque mixto de encino-oyamel	I	9	50	355.875
	II	5	62	565.066

De los sitios de muestreo realizados en la zona de estudio, se obtuvieron fundamentos cuantitativos para realizar los cálculos respectivos a la abundancia, cobertura y frecuencia de las especies que se distribuyen en el lugar. Para determinar la abundancia se consideró el número de individuos por especie, la dominancia en función de la cobertura de la copa y la frecuencia con base en la presencia de las especies en los sitios de muestreo (Tabla 14). Los resultados se emplearon para calcular un valor ponderado a nivel de taxón, denominado Índice de Valor de Importancia (I.V.I), la cual se expresa en términos porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En cuanto a la cobertura, está se determinó con base en la proyección horizontal de las partes aéreas de los individuos sobre el suelo, a través de los radios del largo y ancho de la copa; por lo tanto, las unidades de muestreo con menor cubierta vegetal corresponden al sitio de muestreo VI de bosque de encino, seguido por la unidad de vegetación secundaria arbustiva. Es importante considerar que debido a las cualidades que presentan el bosque de encino en cuanto a su coexistencia con otras unidades florísticas y su conformación por diferentes tipos de comunidades tanto de condición caducifolia como perenne, los valores de cobertura ostentan una considerable variabilidad (Tabla 13).

▪ *Frecuencia*

La siguiente tabla exhibe la frecuencia de las especies con relación en la presencia o ausencia de los taxones en los muestreos realizados para el bosque de encino, en los que se puede observar la presencia en común de una gran variedad de especies, tanto de hábito arbóreo como arbustivo. Es importante

resaltar que la mayor parte de las especies arbustivas que se presentan en los diferentes sitios de muestreo son generalistas e indicadoras de algún grado de disturbio, como es el caso de *Baccharis conferta* y *Roldana aschenborniana*, ambas pertenecientes a la familia Asteraceae, por lo que su método de propagación y fácil establecimiento se puede ver reflejado a continuación (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencia de especies por sitios de muestreo en el bosque de encino

Especie	BE I	BE II	BE III	BE IV	BE V	BE VI	BE VII	BE VIII	BE IX
<i>Quercus laurina</i>	1	0	0	0	1	0	1	1	1
<i>Juniperus deppeana</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	0
<i>Baccharis conferta</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Quercus affinis</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Roldana aschenborniana</i>	1	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Quercus rugosa</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	0
<i>Ageratina pichinchense</i>	0	1	1	0	0	1	0	1	1
<i>Quercus crassifolia</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Quercus glabrescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Baccharis pteronioides</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Arbutus xalapensis</i>	0	1	1	0	1	0	1	1	1
<i>Quercus mexicana</i>	0	0	1	1	1	1	0	1	0
<i>Quercus pachucana</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Berberis moranensis</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	1
<i>Ageratina vernalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Galphimia sp.</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>Quercus deserticola</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Salvia elegans</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Buddleja cordata subsp. cordata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pinus leiophylla</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rosa canina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Helianthemum glomeratum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Stevia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0

En lo que respecta a las zonas mixtas de bosque de encino-oyamel, se puede observar que existe una tendencia homogénea por la presencia en común de todas las especies registradas en el sitio II respecto al sitio I, quedando en evidencia la coexistencia de especies de *Q. rugosa* y *Q. laurina*, en conjunto con *A. religiosa* como las principales conformadoras del estrato arbóreo en ésta unidad vegetal (Tabla 15).

Tabla 15. Frecuencia de especies por sitios de muestreo en el bosque mixto de encino-oyamel

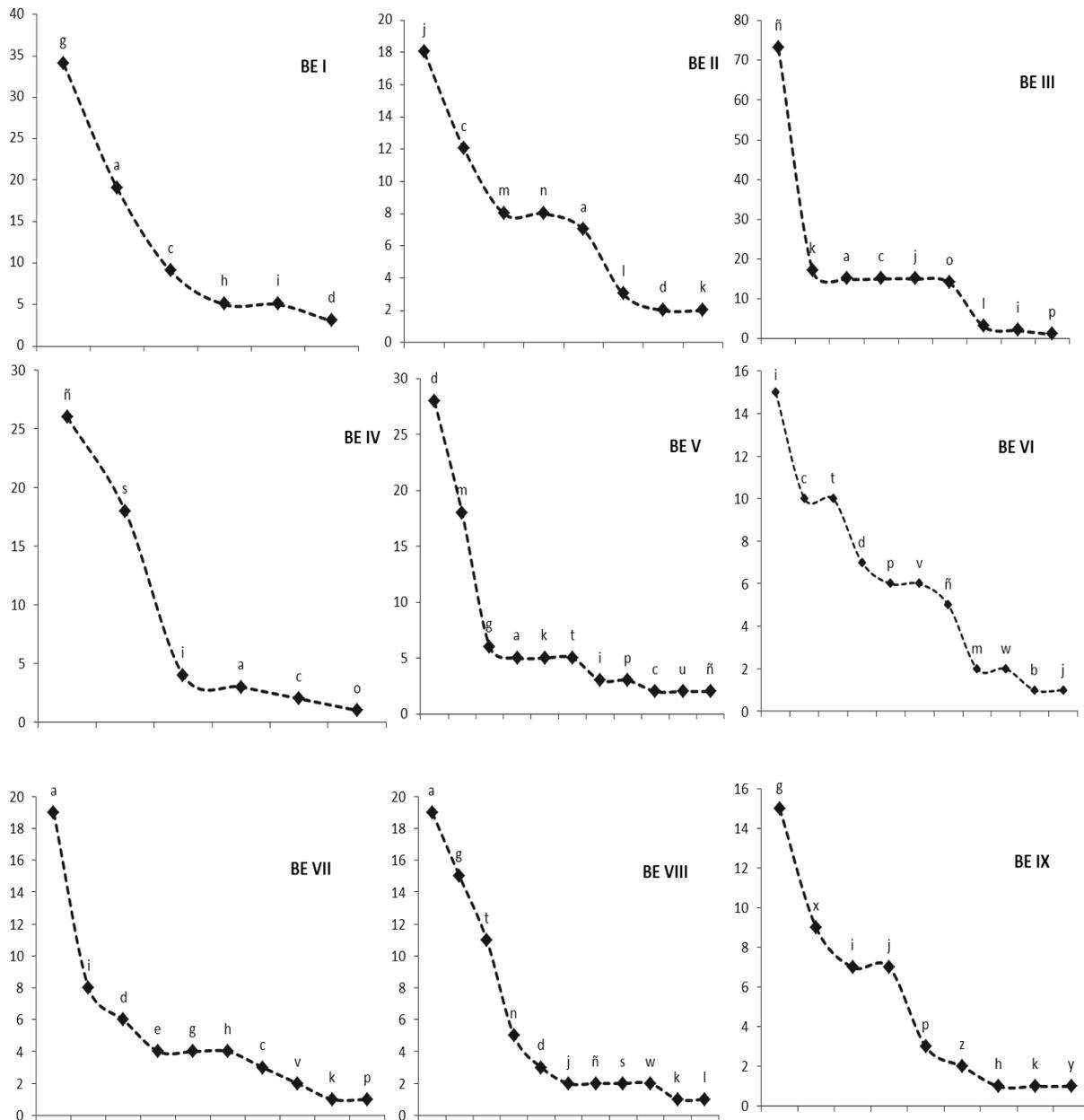
Especie	BE-O I	BE-O II
<i>Abies religiosa</i>	1	1
<i>Quercus laurina</i>	1	1
<i>Cupressus benthamii</i>	1	0
<i>Quercus rugosa</i>	1	1
<i>Berberis moranensis</i>	1	1
<i>Quercus glabrescens</i>	1	0
<i>Baccharis conferta</i>	1	1

<i>Arbutus xalapensis</i>	1	0
<i>Ageratina vernalis</i>	1	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	1	0

De manera general, se registra la presencia en común de especies arbóreas en los distintos mosaicos florísticos del sitio de estudio, como es el caso de *J. deppeana* y *Q. rugosa*, probablemente como resultado de su amplio rango de distribución y exitoso establecimiento ante diferentes circunstancias abióticas, lo cual les permite vegetar tanto en zonas de pendiente ligera como sitios topográficamente accidentados, ante un amplio rango de altitud, además de que ambas especies suelen presentarse como elementos de la vegetación madura o de la etapa seral secundaria, originados por diferentes tipos de perturbación, como la tala o el pastoreo, por mencionar algunos que se detectaron en la zona.

- *Riqueza*

La riqueza vegetal de los bosques de encino en México ha sido reconocida desde hace tiempo, sin embargo, definir de manera precisa su composición florística es complicado debido a muestran una gran variedad de asociaciones con otros tipos de vegetación, además de que pueden presentar una gran variedad de comunidades que responden a las diferentes características abióticas del lugar. Con base en los muestreos realizados para el bosque de encino en el sitio de estudio, la familia Fagaceae es la más diversa de esta comunidad vegetal, ya que resaltan especies cuya dominancia permite identificar los diferentes tipos fisionómicos de bosque de encino que se establecen en el sitio, como son *Q. mexicana* y *Q. laurina* (imagen 28).



Dónde:

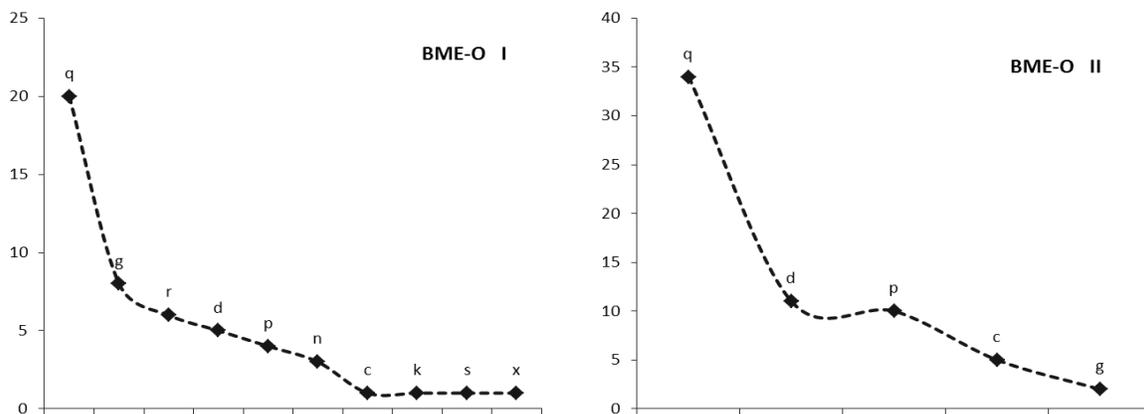
<i>Juniperus deppeana</i>	a <i>Quercus affinis</i>	h <i>Quercus glabrescens</i>	n <i>Quercus deserticola</i>	u
<i>Buddleja cordata subsp. cordata</i>	b <i>Roldana aschenborniana</i>	i <i>Quercus mexicana</i>	ñ <i>Pinus pseudostrubus</i>	v
<i>Baccharis conferta</i>	c <i>Ageratina pichinchense</i>	j <i>Quercus pachucana</i>	o <i>Salvia elegans</i>	w
<i>Quercus rugosa</i>	d <i>Arbutus xalapensis</i>	k <i>Berberis moranensis</i>	p <i>Cupressus lusitanica</i>	x
<i>Pinus leiophylla</i>	e <i>Baccharis pteronioides</i>	l <i>Ageratina vernalis</i>	s <i>Helianthemum glomeratum</i>	y
<i>Quercus laurina</i>	g <i>Quercus crassifolia</i>	m <i>Galphimia sp.</i>	t <i>Rosa canina</i>	z

Imagen 29. Curvas de rango-abundancia del bosque de encino

Con base en la figura anterior, es importante resaltar la importancia de las curvas de rango-abundancia con respecto a éste tipo de vegetación, ya que éstas nos pueden aportar cuatro aspectos importantes de

los sitios donde se realizaron los muestreos: a) Riqueza: Los sitios con mayor riqueza forestal específica pertenecen a los muestreos V, VI y VIII, los cuales presentan una diversidad específica de once especies, correspondiendo todos a comunidades de bosques medianos, probablemente esto se deba a que fungen como sitios de confluencia entre diferentes comunidades de encinos o aglomerados poblacionales, ya que en estos fragmentos de vegetación se registra la presencia tanto de especies caducifolias como perennifolias. b) Dominancia: de manera general, las especies que más dominaron en los sitios de muestreo fueron *Q. laurina* y *Q. mexicana*, las cuales son importantes para determinar los diferentes tipos de comunidades que se presentan en el sitio de estudio y de los cuales se hace referencia en el fragmento respectivo al bosque de encino en relación con el apartado IV.2.2.1 de *Vegetación* del presente documento. c) Rareza: éste parámetro demuestra las especies con menor número de registros por unidades de muestreo, entre los que coincide *A. xalapensis* como una de las que presentan menor número de registros en cuatro de los nueve muestreos en que fueron reportadas. Abundancia: Las especies con mayor número de registros en los diferentes sitios fueron *Q. mexicana* y *Q. laurina*, las cuales como ya se ha hecho mención anteriormente, son primordiales en la composición arbórea de los distintos tipos de comunidades.

El bosque mixto de encino-oyamel se caracteriza por la presencia de *Abies religiosa* como la especie más dominante de ésta vegetación, sin embargo, los complejos arbóreos de los que forman parte los polígonos sujetos a cambio de uso de suelo muestran una coexistencia con algunas especies de encino como *Q. rugosa* y *Q. laurina*, debido a que se encuentra entre zonas de confluencia entre comunidades puras de *Quercus* y *Abies*. Es importante denotar que en estos sitios, la presencia de especies arbustivas e indicadores de perturbación es baja, lo cual refleja parte de la condición ambiental en que se encuentran las zonas donde se realizaron los muestreos (imagen 29).



Dónde:

<i>Baccharis conferta</i>	c	<i>Berberis moranensis</i>	p
<i>Quercus rugosa</i>	d	<i>Abies religiosa</i>	q
<i>Quercus laurina</i>	g	<i>Cupressus benthamii</i>	r
<i>Arbutus xalapensis</i>	k	<i>Ageratina vernalis</i>	s
<i>Quercus glabrescens</i>	n	<i>Cupressus lusitanica</i>	x

Imagen 30. Curvas de rango-abundancia del bosque mixto de encino-oyamel

- Índice de Valor de Importancia (I.V.I)

La importancia de éste parámetro radica en estimar el valor de los diferentes taxones específicos que constituyen un mosaico florístico en común con base en tres parámetros principales: dominancia, densidad y frecuencia. El I.V.I es la suma de estos tres datos, por lo que su valor revela el grado de importancia ecológica de cada especie en una comunidad vegetal, ya que para obtener éste índice, es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

De acuerdo con los valores obtenidos para cada especie registrada en los sitios de muestreo, se exhibe a *Q. laurina* y *Q. rugosa* como parte de las especies más dominantes de los bosques de *Quercus*, debido probablemente a su amplio rango de tolerancia ante diferentes condiciones bióticas y abióticas, entre las que destaca su fácil establecimiento en suelos someros o profundos, alcalinos o ligeramente ácidos y pobres en materia orgánica, por lo que puede registrarse su presencia tanto en comunidades perennifolias como caducifolias, además de adaptarse a sitios con diferentes escalas de perturbación (Tabla 16).

Tabla 16. Índice de Valor de Importancia por especie en los sitios de muestreo del bosque de encino

Especie	AR i	FR i	DR i	IVI
<i>Quercus laurina</i>	13.202	0.085	0.236	<b>4.508</b>
<i>Juniperus deppeana</i>	0.152	0.012	0.041	0.068
<i>Baccharis conferta</i>	8.042	0.085	0.027	2.718
<i>Quercus affinis</i>	7.436	0.073	0.040	2.516
<i>Roldana aschenborniana</i>	0.607	0.012	0.026	0.215
<i>Quercus rugosa</i>	11.229	0.061	0.096	<b>3.795</b>
<i>Ageratina pichinchense</i>	1.517	0.037	0.025	0.526
<i>Quercus crassifolia</i>	6.677	0.085	0.090	2.284
<i>Quercus glabrescens</i>	6.525	0.061	0.091	2.226
<i>Baccharis pteronioides</i>	4.097	0.073	0.000	1.390
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.062	0.037	0.027	0.375
<i>Quercus mexicana</i>	4.249	0.037	0.144	1.477
<i>Quercus pachucana</i>	1.973	0.024	0.030	0.676
<i>Berberis moranensis</i>	16.388	0.061	0.003	<b>5.484</b>
<i>Ageratina vernalis</i>	2.276	0.024	0.004	0.768
<i>Galphimia sp.</i>	2.124	0.061	0.004	0.730
<i>Quercus deserticola</i>	3.035	0.024	0.002	1.020
<i>Pinus pseudostrabus</i>	3.945	0.037	0.028	1.337
<i>Salvia elegans</i>	0.303	0.012	0.003	0.106
<i>Buddleja cordata subsp. cordata</i>	1.214	0.024	0.000	0.413
<i>Pinus leiophylla</i>	0.607	0.024	0.022	0.218
<i>Cupressus lusitanica</i>	1.366	0.012	0.057	0.478
<i>Rosa canina</i>	0.152	0.012	0.000	0.055
<i>Helianthemum glomeratum</i>	0.303	0.012	0.001	0.106
<i>Stevia sp.</i>	1.517	0.012	0.002	0.511

ARI: Abundancia relativa; FRI: Frecuencia relativa; DRI: Dominancia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia

En lo que respecta al bosque mixto de encino-oyamel, éste se localiza entre zonas de comunidades puras de ambos tipos de vegetación, por lo que los valores más altos se concentran en las especies arbóreas de *A. religiosa* y *Q. rugosa*, donde la primera funge como la más dominantes del estrato superior arbóreo, en tanto que la segunda del sub arbóreo (Tabla 17).

Tabla 17. Índice de Valor de Importancia por especie en los sitios de muestreo del bosque mixto de encino-oyamel

Especie	AR i	FR i	DR i	IVI
<i>Abies religiosa</i>	50.467	0.133	0.541	<b>17.047</b>
<i>Quercus laurina</i>	9.346	0.133	0.037	3.172
<i>Cupressus benthamii</i>	5.607	0.067	0.020	1.898
<i>Quercus rugosa</i>	10.280	0.133	0.220	<b>3.545</b>
<i>Berberis moranensis</i>	13.084	0.133	0.043	<b>4.420</b>
<i>Quercus glabrescens</i>	2.804	0.067	0.096	0.989
<i>Baccharis conferta</i>	5.607	0.133	0.019	1.920
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.935	0.067	0.001	0.334
<i>Ageratina vernalis</i>	0.935	0.067	0.001	0.334
<i>Cupressus lusitanica</i>	0.935	0.067	0.022	0.341

ARi: Abundancia relativa; FRi: Frecuencia relativa; DRi: Dominancia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia

Para ambos mosaicos florísticos (bosque de encino y bosque mixto de encino-oyamel), *Berberis moranensis* es la especie con mayor Valor de Importancia, probablemente por la distribución que presenta tanto en climas semisecos como templados, en una amplio rango de altitud, generalmente asociada tanto a bosques de encino puros como en vegetaciones mixtas de coníferas.

#### IV.2.2.3 Fauna

Se sabe con certeza que la diversidad biológica del planeta está distribuida de manera desigual, los países de mayor extensión no son necesariamente los que albergan mayor riqueza. Proporcionalmente existen un número mayor de especies por unidad de área en las regiones tropicales que aquellas de climas templados o fríos.

Se han determinado a través del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a 12 países "megadiversos" que poseen una elevada riqueza biológica, los cuales se encuentran distribuidos esencialmente en las zonas tropicales de América y Asia: Australia, Brasil, Costa Rica, Colombia, China, Ecuador, Nueva Guinea, México, Indonesia, Kenia, Papúa y Perú. Su área conjunta representa apenas 10% de la superficie terrestre, pero estos 12 países albergan cerca de 70% de las especies del planeta. México, siendo uno de los cuatro países con mayor diversidad biológica en el mundo, posee un territorio que representa apenas 1.4% de la superficie de la Tierra pero que alberga entre 10 y 12% de todas las especies conocidas (Jiménez-Sierra *et al.*, 2010).

Se hipotetiza que la elevada biodiversidad de México se debe a varios factores, como su posición geográfica privilegiada en donde convergen las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical; el accidentado relieve que posee, con la presencia de serranías y elevaciones de altitudes superiores a los 4,500 metros sobre el nivel del mar; y de una compleja historia geológica. Todas las características anteriores proveen al territorio nacional de un entorno natural sumamente complejo, con una composición de diversos climas y suelos. En México se han podido reconocer 51 ecorregiones terrestres siendo el país que más tiene en Latinoamérica y 50 tipos de vegetación (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008) además de ocho ecorregiones marinas, la relevancia de la biodiversidad de México radica en el hecho de que muchas de las especies de su biodiversidad son endémicas; sólo se encuentran en el territorio nacional (Jiménez-Sierra *et al.*, 2010).

El Estado de Hidalgo se ubica en la región centro-oriental de México, por su tamaño, ocupa el lugar 26 dentro de la república, al tener el 1,1 % del territorio nacional. Colinda al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con el estado de Puebla, al sur con los estados de Tlaxcala y México, y al oeste con el estado de Querétaro, la superficie estatal forma parte de las provincias Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico (Salinas *et al.*, 2001).

Hidalgo cuenta con 36 áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal las cuales cubren un aproximado de 139 357.56 hectáreas, es decir el 22.69% de la superficie prioritaria para la conservación y el 6.67 % de la extensión territorial del Estado. Dentro del Sistema Ambiental Regional propuesto para este estudio se encuentran El Parque Nacional el Chico, de 2739.02 hectáreas; el Parque Estatal Bosque El Hiloche, de 112.30 hectáreas; y la Zona de Preservación Ecológica Cerro del Lobo, de 25.85 hectáreas ubicada en la Ciudad de Pachuca de Soto (INEEC, colsutado en 2015).

El Parque Nacional El Chico geográficamente se ubica entre las coordenadas extremas de los 20°10'10" a 20°13'25" latitud norte y los 98°41'50" a 98°46'02" de longitud oeste, cuya extensión territorial es de 2, 739-02-63 hectáreas; posición enclavada en el sector centro suroriente de la República Mexicana, que corresponde al extremo occidental del sistema orográfico Sierra de Pachuca, incluido en la porción austral del Eje Neovolcánico Transversal. El área del Parque Nacional El Chico, de acuerdo con Rzedowsky (1978) pertenece a la Provincia Florística de las Serranías Meridionales de la Región Mesoamericana de Montaña, correspondiente esta última al Reino Holártico. Dicha provincia se distingue por incluir las elevaciones más altas del país y por la predominancia de los bosques de oyamel, pino y encino en forma equiparable (CONANP, 2006).

Con base en los trabajos de Gallina *et al.* (1974), Medina y Rzedowski (1981) y Zavala (1995), se consideran los siguientes tipos de vegetación, atendiendo a su fisonomía y la proporción de su cobertura:

- Bosque de oyamel o abeto (*Abies religiosa*)
- Bosque de encino (*Quercus spp.*)
- Bosque de encino-oyamel (*Quercus-Abies*)
- Bosque de oyamel-encino (*Abies-Quercus*)
- Bosque de pino (*Pinus spp.*)
- Bosque de encino-pino (*Quercus-Pinus*)
- Bosque de pino-encino (*Pinus-Quercus*)
- Bosque de cedro (*Cupressus spp.*)
- Bosque de tascate o tlaxcal (*Juniperus monticola*)
- Pastizal

El Parque Estatal Bosque el Hiloche se encuentra al centro del Estado de Hidalgo, la totalidad de su área pertenece políticamente al municipio de Mineral del Monte. Los tipos de vegetación presentes en el Bosque del Hiloche, son: Bosque de oyamel (22.6 ha), Bosque de tlaxcal o tascate (7.2 ha) y Bosque de encino (73.3ha). La flora está constituida por 50 especies, 37 géneros y 24 familias (Servicio Geológico Mexicano, 2011).

La Zona de Preservación Ecológica Cerro del Lobo, (también denominado Parque Ecológico de Santa Apolonia) es un área natural protegida, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, México, de la que se carece de información publicada sobre sus características biológicas.

La información de la fauna silvestre de Hidalgo y su estado es escasa y la mayoría se remite a los estudios publicados en el Parque Nacional el Chico, aunque en el parque nacional todavía se desconoce mucho acerca del inventario detallado de la avifauna, con datos de distribución y abundancia en las regiones naturales y en los diferentes tipos de vegetación (Mancilla, 1988; CONANP, 2006).

Para el estado de Hidalgo, es relativamente reciente el primer listado estatal global publicado de las especies de aves presentes (Martínez-Morales et al., 2004). Sin embargo, los estudios han sido limitados; por ejemplo, hasta finales del siglo XX sólo se habían registrado 13 estudios relacionados con este grupo en la zona (Mancilla, 1988). Hasta el 2007 se tienen inventariadas a 456 especies (Valencia et al., 2008; Martínez-Morales et al., 2007).

Acerca de las aves en el Parque Nacional el Chico, lo reportado por CONANP (2006) es que se han registrado hasta el momento 48 especies distribuidas en 17 familias y 38 géneros, donde dominan por su abundancia el chipe rey cejidorado (*Basileuterus belli*), primavera (*Turdus migratorius*), pipilo (*Pipilo erythrophthalmus*), ojos de lumbre (*Junco phaenotus*) y chipe negriamarillo (*Dendroica occidentales* y *D. virens*) sobresalen por su abundancia.

La riqueza de anfibios y reptiles del estado de Hidalgo es de aproximadamente 135 especies (Ramírez-Bautista et al., 2004) aunque este número puede elevarse a 150 debido a algunos estudios recientes realizados en el estado (Huitzil-Mendoza, 2007; Vite-Silva, 2008).

La fauna herpetológica del Parque Nacional El Chico es variada y diversa. Camarillo y Casas (2001), registraron 11 especies de anfibios agrupándose en 5 familias y 6 géneros que incluyen ajolotes, salamandras, ranas y sapos; representando el 3.7% del total nacional (292 especies). Asimismo, se tienen registradas 14 especies de reptiles que se distribuyen en 6 familias y 9 géneros. Sumando a este listado la culebra *Thamnophis scaliger* que se localizó también en el parque a lo largo de este trabajo, por lo que se reportan 15 especies, representando el 2.1 % de todas las especies de este grupo en el país (705 especies). En el parque nacional se distribuyen especies de anfibios y reptiles que se consideran endémicas a nuestro país; registrando 9 anfibios y 10 reptiles que corresponden al 81.8% y 71.4% respectivamente. Por lo que es primordial darles el manejo requerido para su conservación (CONANP, 2006).

En el parque nacional se distribuyen 14 especies entre anfibios y reptiles catalogadas bajo una categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre las especies de anfibios se encuentran las ranas *Hyla plicata*, *Plectrohyla robertsorum*, el ajolote *Ambystoma velasci* y las salamandras *Chiropetrotriton dimidiatus*, *C. multidentatus*, *Pseudoeurycea belli*, *P. altamontana* y *P. cephalica*. Mientras que entre reptiles se encuentran los escorpiones *Abronia taeniata* y *Barisia imbricata*, las lagartijas *Phrynosoma orbiculare* y *Sceloporus grammicus* y las serpientes *Thamnophis cyrtopsis*, *T. scalaris*, *T. scaliger* y *Pituophis deppei* (CONANP, 2006).

La riqueza mastozoológica en el estado de Hidalgo es poco conocida, y a pesar de poseer una amplia diversidad de tipos de vegetación (bosques, selvas, matorrales, desierto), ocupa el 15º lugar en el país en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos et al. 2005). A la fecha, el conocimiento mastozoológico del estado de Hidalgo, se resume en registros de especies y compilaciones generales (Martín del Campo 1936, 1937; Caballero 1937, 1942a, 1942b, 1960; Baker y Villa-Ramírez 1953; Álvarez y Ramírez-Pulido 1972; Carter y Jones 1978; Álvarez y Polaco 1980; Jones et al. 1983). Recientemente, Cervantes et al. (2002, 2004) mencionan dos nuevos registros de murciélagos (*Enchisthenes hartii* y *Natalus stramineus*) para el municipio de Tlanchinol.

Los mamíferos del Parque Nacional El Chico (PNEC) han sido poco estudiados, aun cuando este bosque ha sido considerado como área protegida por lo menos desde 1898 (INE-SEMARNAT 2000). Desde la década de los setentas existen trabajos que abordan el conocimiento de la mastofauna (Gallina et al. 1974; Córdova & Rogel 1998), sin embargo incluyen muy poca información sobre los mamíferos voladores y para algunos animales no se confirmó su presencia en el parque. En la actualidad no existe un inventario actualizado y completo de los mamíferos que habitan el Parque Nacional el Chico.

**a) Material y métodos**

Se realizaron dos expediciones temporalmente separadas de muestreos en los que el objetivo fue cubrir los diferentes tipos de vegetación que presenta el Sistema Ambiental Regional acumulando puntos de observación y transectos en diversos sitios potenciales para la presencia de fauna.

Previo a los muestreos en campo se generó un listado de probable ocurrencia para cada grupo faunístico, esto para definir especies con potencial a registrarse en el SAR. Esto es importante porque permite incluir especies de importancia ecológica que pudieran resultar perjudicadas y que por factores como la estacionalidad o esfuerzo de muestreo no fueron observadas, para ello se consideraron las características de las especies y las condiciones actuales del sitio. El listado de probable ocurrencia se elaboró en base a los trabajos y mapas de distribución de Sibley (2000), Ramírez-Bautista *et al.* (2014), Ceballos y Oliva (2005), Van Perlo (2006), Howell y Webb (2010).

Se reportan 206 especies de probable ocurrencia, 134 especies corresponden a aves, seguido de los mamíferos con 42, reptiles con 19 y 11 anfibios. Dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran varias especies enlistadas, reportadas en publicaciones que dan fe de su presencia en la zona de estudio a las que habrá que poner especial atención por encontrarse en alguna categoría de riesgo o presentar cierto grado de endemismo.

Número de especies de probable ocurrencia de cada grupo faunístico y estatus de conservación conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. (P) En Peligro de extinción; (A) Amenazada; (Pr) Sujeta a Protección especial; (SC) Sin categoría.

<b>Grupo</b>	<b>(P)</b>	<b>(A)</b>	<b>(Pr)</b>	<b>(SC)</b>	<b>Total</b>
<b>Anfibios</b>	0	4	4	3	11
<b>Aves</b>	0	2	7	125	134
<b>Mamíferos</b>	0	1	1	40	42
<b>Reptiles</b>	0	5	4	10	19
<b>Total</b>	0	12	16	178	<b>206</b>

Se realizaron transectos y puntos de observación aplicando técnicas de búsqueda y registro de la presencia de mamíferos, aves, reptiles y anfibios con el objetivo de obtener estimaciones de riqueza y abundancia. Para cada uno de los grupos faunísticos se llevó a cabo una metodología de muestreo particular descrita más adelante.

Los transectos fueron lineales de una longitud variable de entre 500 m y 1,200 m, que es una de las técnicas más recomendables para optimizar la búsqueda y detección de distintas especies de fauna silvestre (Begon, 1989; Bart *et al.*, 2004; Buckland *et al.*, 2006) en la que el observador viaja a través de una

línea registrando los individuos detectados dentro del rango natural de visión. Los transectos fueron espaciados sistemáticamente para poder cubrir los diferentes tipos de vegetación presentes en el SAR.

Según Begon (1989) la propiedad fundamental y ventaja del transecto en línea es que no todos los organismos serán detectados, aunque los individuos más cerca de la línea central son más probables a ser detectados que aquellos más distantes de la línea. Son cuatro los principios en los que se cimienta esta técnica:

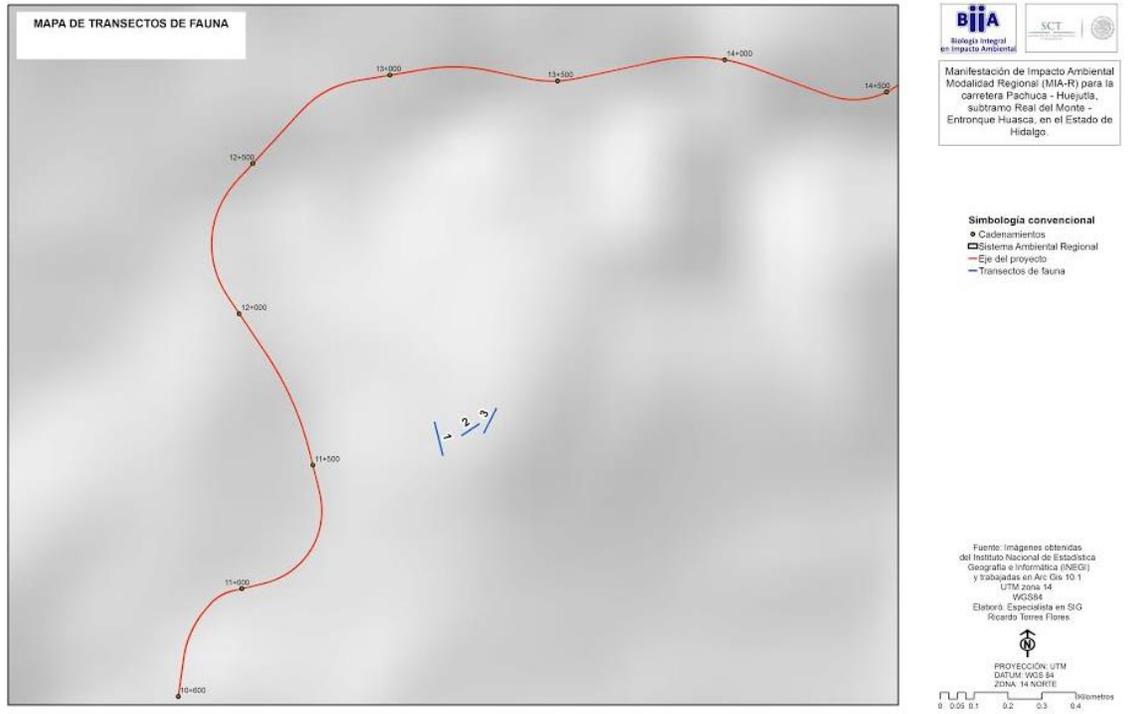
- Los organismos sobre la línea central del transecto nunca deberán ser omitidos
- Los organismos deberán estar fijos al momento de su detección inicial; esto es, ningún organismo deberá moverse previo a ser detectado y ninguno deberá ser contado por más de una ocasión.
- Las distancias y ángulos deben ser medidos con exactitud (para el caso de querer obtener estimaciones de densidad poblacional).
- Cada avistamiento es un evento independiente.

**Tabla 18. Coordenadas UTM de la ubicación de los transectos realizados para fauna**

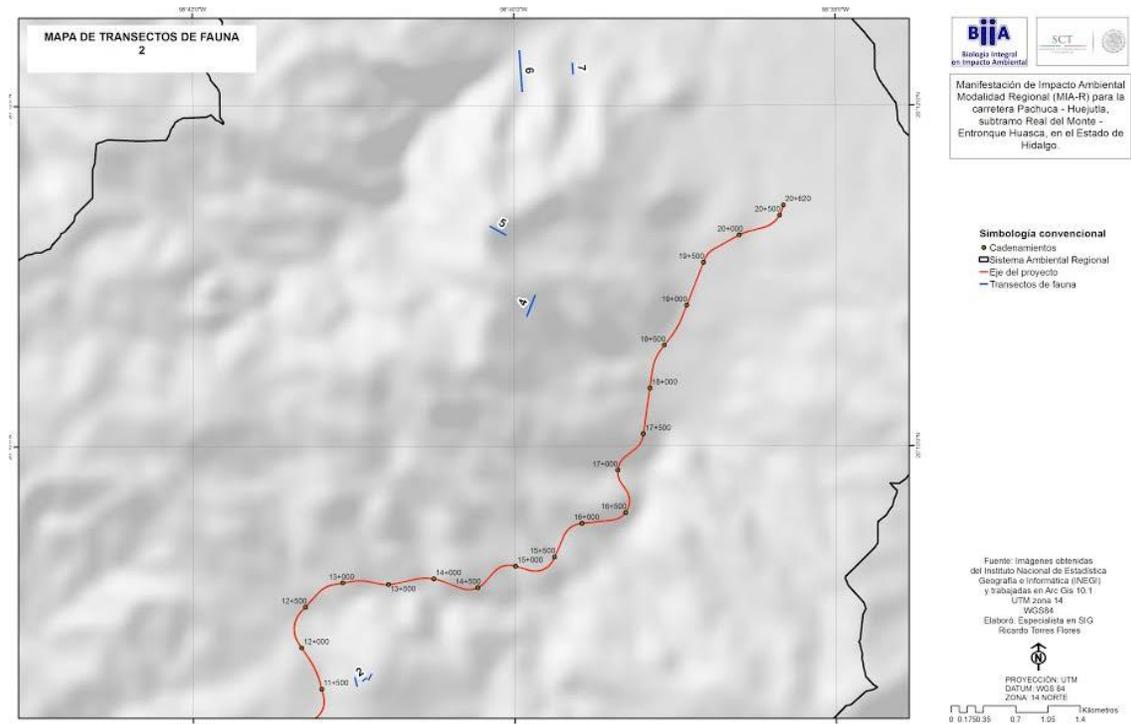
		X	Y			X	Y			X	Y
<b>Transecto 1</b>	Inicio	533100.22	2227458	<b>Transecto 2</b>	Inicio	533178.74	2227416.57	<b>Transecto 3</b>	Inicio	533282.99	2227498.17
	Final	533125.11	2227357.8		Final	533232.89	2227452.68		Final	533244.95	2227423.86

		X	Y			X	Y			X	Y
<b>Transecto 4</b>	Inicio	535055.09	2231601.55	<b>Transecto 5</b>	Inicio	534742.43	2232246.3	<b>Transecto 6</b>	Inicio	534882.4	2234250.45
	Final	534961.14	2231363.15		Final	534559.13	2232345.12		Final	534913.3	2233797.86

		X	Y
<b>Transecto 7</b>	Inicio	535455.76	2234115.11
	Final	535464.09	2233986.06



**Imagen 31. Ubicación de transectos 1, 2, 3.**



**Imagen 32. Ubicación de los transectos 4, 5, 6, 7.**

Para el caso particular de las aves, se llevaron a cabo puntos de observación, que es una técnica ampliamente utilizada para el registro, la identificación, composición y estimaciones de abundancia relativa y densidad de aves, que consta de establecerse en un punto durante un periodo variable que

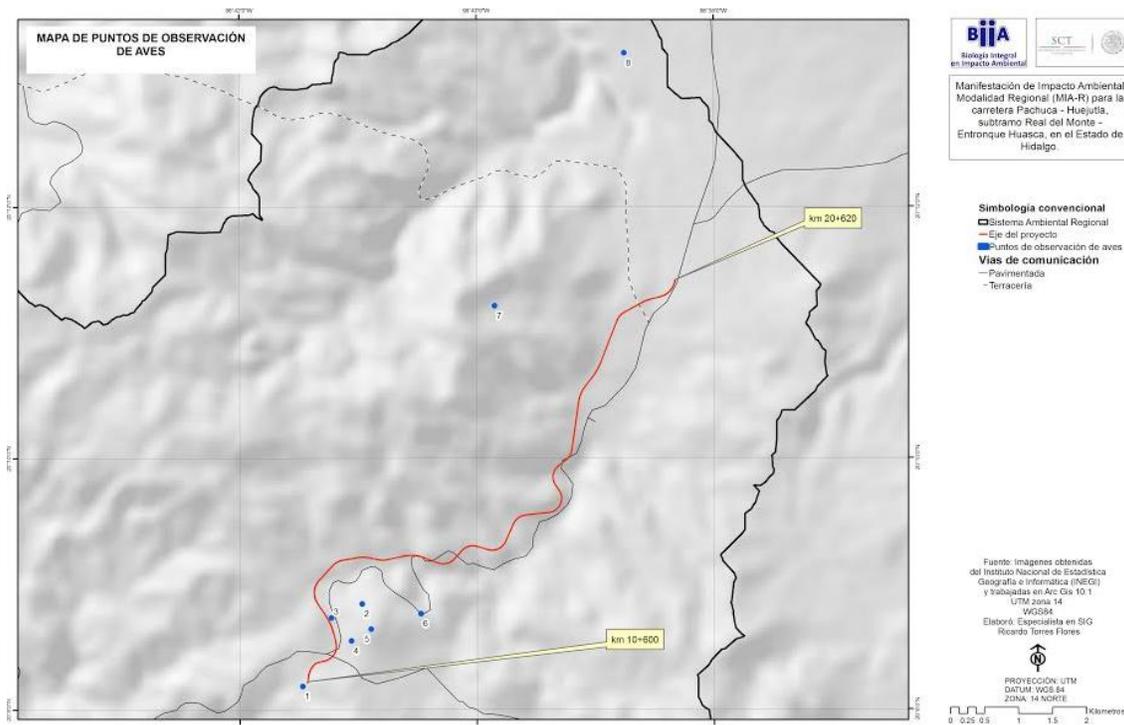
puede ir de los 5 a los 20 minutos de duración, abarca desde las primeras horas de la mañana (alrededor de 15 minutos después del amanecer hasta las 11:00 hrs) (Ralph *et al.*, 1996).

**Tabla 19. Coordenadas UTM de la ubicación de los puntos de observación realizados para aves.**

P.O. 1	X	Y	P.O. 2	X	Y	P.O. 3	X	Y
	532273.92	2226607.52		533147.06	2227819.24		532695.87	2227613.38

P.O. 4	X	Y	P.O. 5	X	Y	P.O. 6	X	Y
	532989.72	2227277.34		533277.65	2227449.37		534010.51	2227676.6

P.O. 7	X	Y	P.O. 8	X	Y
	535090.04	2232196.59		536986.65	2235909.98



**Imagen 33. Ubicación de los puntos de observación dentro de SAR**

Con los datos del número de especies y el número de individuos por especie observado, se construyó una matriz para estimar la abundancia relativa y la riqueza específica. La diversidad se estimó a través del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) que es el más ampliamente utilizado para esta clase de estudios y se basa únicamente en el número de especies presentes en una comunidad (Magurran, 1988). Este índice se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\ln p_i)$$

En donde:

H' = Índice de diversidad de especies

S = Número de especies

p<sub>i</sub> = Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i (abundancia relativa)

ln p<sub>i</sub> = Logaritmo natural de p<sub>i</sub>

Para conocer cómo se encuentra repartida la diversidad se obtuvo el índice de equidad, para ello se empleó el índice de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1 de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Dicho índice se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

En dónde:

H' = índice de Shannon-Wiener

H' max = ln(S)

- Mamíferos

Los registros de mamíferos se obtuvieron con transectos en los que se observaron todo tipo de rastros como huellas, excretas, rascaderos y otras evidencias indirectas de la presencia de este grupo de organismos.

Cada evidencia fue fotografiada, georreferenciada y se determinó la especie a la que pertenece con ayuda de la guía de Aranda (2012). Asimismo se instalaron cinco estaciones simples de fotografía remota distribuidas en el SAR con el objetivo de obtener registros fotográficos de las especies elusivas.

También con la finalidad de registrar especies de talla pequeña se instalaron transectos compuestos por siete trampas tipo Sherman separadas por ocho metros entre sí. Los organismos capturados se identificaron con ayuda de la guía de Ceballos y Oliva (2005).



Imagen 34. Registro de rastros de mamíferos



Imagen 35. Instalación de trampa tipo Sherman para mamíferos pequeños



Imagen 36. Instalación de una cámara trampa

- Aves

En los puntos de observación de aves se fotografió cada ave observada y se registraron datos como la posición geográfica, la fecha, la hora del día y el hábitat asociado. Asimismo se aprovechaba cada oportunidad de observación fuera de los puestos de observación para no descartar a especies que de igual manera estuvieran presentes en el SAR. Cada individuo fue identificado a nivel de especie utilizando las guías especializadas de Howell y Webb (1995), Sibley (2000) y Van Perlo (2006).



Imagen 37. Punto de observación de aves

- Anfibios y reptiles

En el caso de la herpetofauna (reptiles y anfibios), se colectaron manualmente los organismos hallados durante los transectos de muestreo, tomándose en cuenta sus hábitos y el ciclo vital buscándose en sitios potenciales. Se identificaron taxonómicamente utilizando las guías de Flores-Villela *et al.* (2005) y Ramírez-Bautista *et al.* (2014) que se basan en caracteres morfológicos y su distribución geográfica para determinar la especie. Cada organismo se georreferenció y se anotaron datos como la fecha, la hora, el microhábitat y la fotografía asociada.



Imagen 38. Colecta manual de herpetofauna

**b) Análisis**

- Mamíferos

Se obtuvieron 51 registros de organismos pertenecientes a este grupo (entre rastros, fotografías y capturas) repartidas en 7 especies, una de las cuales se encuentra presente en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de **Sujeta a protección especial (Pr)** y dos presentan algún grado de endemismo.

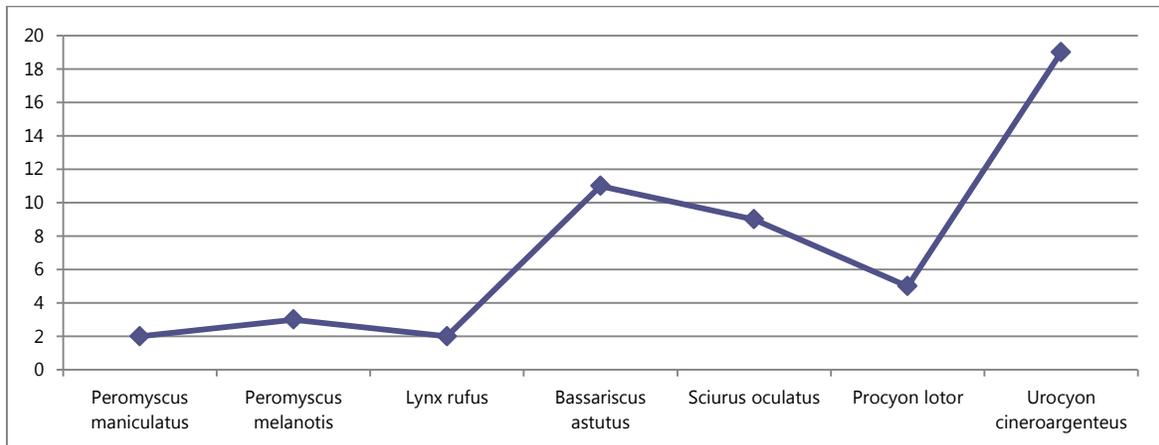
Tabla 20. Especies de mamíferos registradas en el SAR

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón	Sin categoría	No endémico
<i>Peromyscus melanotis</i>	Ratón	Sin categoría	Endémica
<i>Lynx rufus</i>	Lince, gato montés	Sin categoría	No endémico
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle nortero	Sin categoría	No endémico
<i>Sciurus oculatus</i>	Ardilla de Peter	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Sin categoría	No endémico
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Sin categoría	No endémico
7 sps.			

La ardilla *Sciurus oculatus* se encuentra bajo la categoría de **Sujeta a protección especial (Pr)**, la cual la convierte en una especie susceptible al impacto de la construcción del proyecto; además de presentar endemismo, lo que resalta su importancia como especie dentro del área de afectación para el ecosistema.

Tabla 21. Abundancias (número de registros) y estimación de la diversidad por especie

ESPECIE	ABUNDANCIA	INDICE SHANNON
<i>Peromyscus maniculatus</i>	2	0.127
<i>Peromyscus melanotis</i>	3	0.166
<i>Lynx rufus</i>	2	0.127
<i>Bassariscus astutus</i>	11	0.330
<i>Sciurus oculatus</i>	9	0.306
<i>Procyon lotor</i>	5	0.227
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	19	0.367
	51	1.653



**Gráfica 18. Abundancia de las especies de mamíferos registrados**

La zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*) (0.367) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) (0.330) son la especies con mayor número de registros, sugiriendo ser las especies más abundantes de carnívoros medianos coincidiendo con lo reportado por Hernández-Flores *et al.* (2010). A la ardilla de Peter (*Sciurus oculatus*) (0.306) se le registró con una alta abundancia también, hecho relevante en lo que respecta a esta especie porque está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, es además endémica al Eje Neovolcánico y al parecer mantiene poblaciones estables en el parque, debido a que se puede observar en casi cualquier parte arbolada, sin embargo, el impacto a esta especie por la construcción del proyecto podría considerarse alto, ya que al tratarse de una especie arbórea la pérdida de hábitat representaría una repercusión fuerte que amenazaría potencialmente la integridad ecológica de la población del lugar.

En lo que respecta al lince (*Lynx rufus*) se sabe muy poco de esta especie en el parque, solo se conoce por testimonios y por los dos registros de rastros que se tuvieron durante este estudio. La escasez de este felino podría deberse a condiciones naturales, debido a que es un animal solitario y de hábitos nocturnos (Romero 2005) aunque es muy posible que las actividades humanas, como la cacería y la urbanización estén disminuyendo su número, tal como ha ocurrido en otras zonas del Eje Neovolcánico (Cervantes *et al.* 1995; Navarro-Frías *et al.* 2007).

Es posible que las abundancias y la riqueza de mamíferos hallada y estimada en ambos muestreos haya sido relativamente baja por motivos de la estacionalidad y su influencia en la actividad de la fauna silvestre, siendo la temporada invernal asociada con baja actividad y periodos de letargo en la mayoría de las especies, lo cual puede reflejarse con las pocas capturas de sólo dos especies de ratones mурidos (*Peromyscus melanotis* y *P. maniculatus*) con respecto a seis especies reportadas para el parque (Hernández-Flores *et al.*, 2010).

Es necesario entonces mencionar que dentro de la zona de afectación por el proyecto hay especies animales que no fueron registradas en este estudio y que se encuentran enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales representan un alto valor para el ecosistema y son consideradas como patrimonio natural del país por presentar algún grado de endemismo. Estas especies requieren de una atención especial a evaluación de impacto, por lo que deben ser las especies objetivo dentro de las medidas de mitigación y deberá ejecutarse con ellas un programa de rescate y reubicación altamente estricto en su cumplimiento.

Tabla 22. Lista de especies de mamíferos reportadas el SAR presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o que presentan cierto grado de endemismo

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
Rodentia	<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón	Muridae	Sin categoría	Endémica
Rodentia	<i>Peromyscus levipes</i>	Ratón	Muridae	Sin categoría	Endémica
Rodentia	<i>Peromyscus melanotis</i>	Ratón	Muridae	Sin categoría	Endémica
Rodentia	<i>Sigmodon leucotis</i>	Rata algodonera	Muridae	Sin categoría	Endémica
Rodentia	<i>Sciurus oculatus</i>	Ardilla	Sciuridae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica
Rodentia	<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora	Sciuridae	Amenazada (A)	No endémico
Soricomorpha	<i>Cryptotis mexicana</i>	Musaraña	Soricidae	Sin categoría	Endémica
Chiroptera	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	Murciélago	Vespertilionidae	Sin categoría	Endémica

- Aves

En el caso de las aves se registraron 340 individuos de 54 especies identificadas, una de ellas (*Oporornis tolmiei*) enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de **Amenazada (A)** y cinco especies presentando algún grado de endemismo.

Tabla 23. Listado de especies de aves registradas en el SAR; su nombre común; su status en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y si presentan algún grado de endemismo

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola rufa	Sin categoría	No endémica
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo de rojo	Sin categoría	No endémica
<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	Sin categoría	No endémica
<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	Sin categoría	No endémica
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara crestada	Sin categoría	No endémica
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	Sin categoría	No endémica
<i>Oriturus superciliosus</i>	Zacatonero rayado	Sin categoría	Endémica
<i>Pipilo fuscus</i>	Toquí pardo	Sin categoría	No endémica
<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	Sin categoría	No endémica
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	Sin categoría	No endémica
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	Sin categoría	No endémica
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	Sin categoría	No endémica
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo togrillo	Sin categoría	Semiendémica
<i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín cola oscura	Sin categoría	No endémica
<i>Pipilo maculatus</i>	Toquí moteado	Sin categoría	No endémica
<i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	Sin categoría	No endémica
<i>Ergaticus ruber</i>	Chipe rojo	Sin categoría	Endémica
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Pinzón mexicano	Sin categoría	No endémica
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	Sin categoría	No endémica
<i>Campylorhynchus gularis</i>	Matraca serrana	Sin categoría	Endémica
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	Sin categoría	No endémica
<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	Sin categoría	No endémica
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	Sin categoría	No endémica

<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero enmascarado	Sin categoría	No endémica
<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	Sin categoría	No endémica
<i>Empidonax occidentalis</i>	Mosquero barranqueño	Sin categoría	No endémica
<i>Vermivora celata</i>	Chipe corona naranja	Sin categoría	No endémica
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Sin categoría	No endémica
<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	Sin categoría	No endémica
<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe peregrino	Sin categoría	No endémica
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	Sin categoría	No endémica
<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dominico	Sin categoría	No endémica
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Sin categoría	No endémica
<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie	Amenazada (A)	No endémica
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca tropical	Sin categoría	No endémica
<i>Atlapetes pileatus</i>	Atlapetes gorra rufa	Sin categoría	Endémica
<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	Sin categoría	No endémica
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	Sin categoría	No endémica
<i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	Sin categoría	No endémica
<i>Egretta thula</i>	Garceta pie dorado	Sin categoría	No endémica
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	Sin categoría	No endémica
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelícano blanco	Sin categoría	No endémica
<i>Anas crecca</i>	Cerceta ala verde	Sin categoría	No endémica
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón norteño	Sin categoría	No endémica
<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	Sin categoría	No endémica
<i>Podiceps nigricolis</i>	Zambullidor orejudo	Sin categoría	No endémica
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato tepalcate	Sin categoría	No endémica
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verdemar	Sin categoría	No endémica
<i>Actitis macularia</i>	Playero alzacolita	Sin categoría	No endémica
<i>Myioborus pictus</i>	Chipe ala blanca	Sin categoría	No endémica
<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	Sin categoría	No endémica
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	Sin categoría	No endémica
<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	Sin categoría	No endémica
<i>Dendroica townsendi</i>	Chipe negroamarillo	Sin categoría	No endémica
54 sps.			

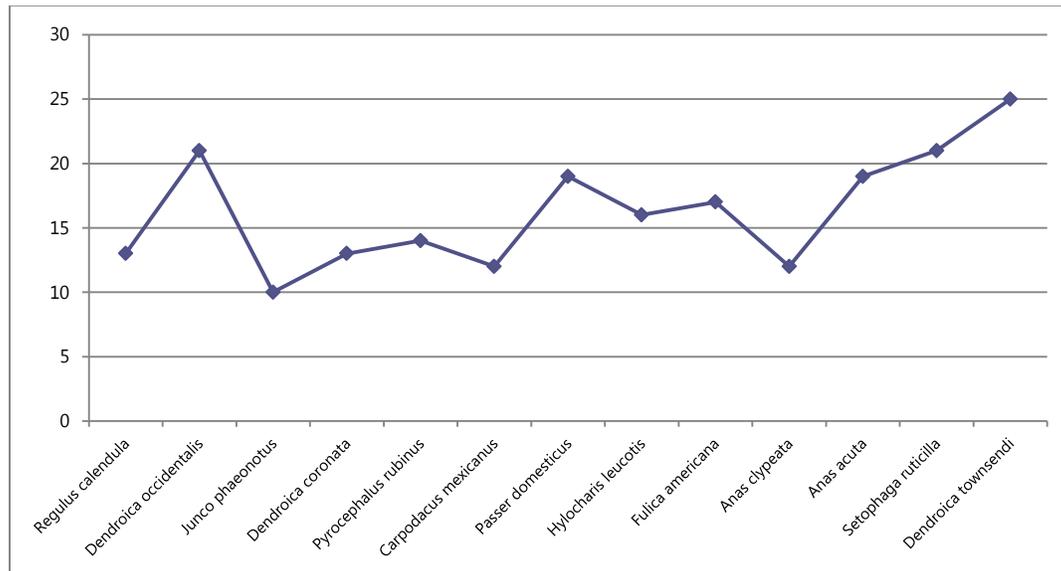
El chipe de Tolmie (*Oporornis tolmiei*) se encuentra enlistada bajo la categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El zacatonero rayado (*Oriturus superciliosus*); el atlapetes gorra rufa (*Atlapetes pileatus*); el chipe rojo (*Ergaticus ruber*) y la matraca serrana (*Campylorhynchus gularis*) están catalogadas como endémicas; y el picogordo tigrillo (*Pheuticus melanocephalus*) como semiendémica. Estas especies por tratarse de aves no son susceptibles a rescate, sin embargo, hay que tenerlas en cuenta para evitar su atropello y/o muerte accidental durante construcción del proyecto.

Cabe destacar la presencia en el SAR de 11 especies de aves asociadas a cuerpos de agua, la gallareta americana (*Fulica americana*); la garza blanca (*Ardea alba*); la cerceta ala azul (*Anas discors*); la garceta pie dorado (*Egretta thula*); la garza ganadera (*Bubulcus ibis*); el pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*); la cerceta ala verde (*Anas crecca*); el pato cucharón norteño (*Anas clypeata*); el pato golondrino (*Anas acuta*); el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricolis*) y el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*). Todas estas especies mencionadas se encuentran dentro del SAR alejadas del área del proyecto donde su afectación sería mínima, aun así es importante hacer mención que dentro de las medidas de mitigación está la vigilancia ambiental para evitar el desecho de residuos y material secundario a cuerpos de agua y suelo.

Tabla 24. Abundancias (número de registros) y estimación de la diversidad por especie

ESPECIE	ABUNDANCIA	PI	INDICE SHANNON
<i>Catharus guttatus</i>	3	0.009	0.042
<i>Regulus calendula</i>	13	0.038	0.125
<i>Dendroica occidentalis</i>	21	0.062	0.172
<i>Wilsonia pusilla</i>	7	0.021	0.080
<i>Cyanocitta stelleri</i>	1	0.003	0.017
<i>Junco phaeonotus</i>	10	0.029	0.104
<i>Oriturus superciliosus</i>	2	0.006	0.030
<i>Pipilo fuscus</i>	6	0.018	0.071
<i>Dendroica coronata</i>	13	0.038	0.125
<i>Melospiza lincolni</i>	4	0.012	0.052
<i>Toxostoma curvirostre</i>	6	0.018	0.071
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	14	0.041	0.131
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	3	0.009	0.042
<i>Thryomanes bewickii</i>	3	0.009	0.042
<i>Pipilo maculatus</i>	4	0.012	0.052
<i>Basileuterus belli</i>	3	0.009	0.042
<i>Ergaticus ruber</i>	3	0.009	0.042
<i>Carpodacus mexicanus</i>	12	0.035	0.118
<i>Passer domesticus</i>	19	0.056	0.161
<i>Campylorhynchus gularis</i>	6	0.018	0.071
<i>Cathartes aura</i>	7	0.021	0.080
<i>Columbina inca</i>	3	0.009	0.042
<i>Melanerpes formicivorus</i>	6	0.018	0.071
<i>Peucedramus taeniatus</i>	1	0.003	0.017
<i>Vireo huttoni</i>	1	0.003	0.017
<i>Empidonax occidentalis</i>	1	0.003	0.017
<i>Vermivora celata</i>	1	0.003	0.017
<i>Mniotilta varia</i>	1	0.003	0.017
<i>Hylocharis leucotis</i>	16	0.047	0.144
<i>Vermivora peregrina</i>	3	0.009	0.042
<i>Falco sparverius</i>	4	0.012	0.052
<i>Carduelis psaltria</i>	1	0.003	0.017
<i>Eugenes fulgens</i>	1	0.003	0.017
<i>Oporornis tolmiei</i>	2	0.006	0.030
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	1	0.003	0.017
<i>Atlapetes pileatus</i>	4	0.012	0.052
<i>Fulica americana</i>	17	0.050	0.150
<i>Ardea alba</i>	5	0.015	0.062
<i>Anas discors</i>	4	0.012	0.052
<i>Egretta thula</i>	2	0.006	0.030
<i>Bubulcus ibis</i>	2	0.006	0.030
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	7	0.021	0.080
<i>Anas crecca</i>	4	0.012	0.052
<i>Anas clypeata</i>	12	0.035	0.118
<i>Anas acuta</i>	19	0.056	0.161
<i>Tachybaptus dominicus</i>	2	0.006	0.030
<i>Oxyura jamaicensis</i>	3	0.009	0.042
<i>Tachycineta thalassina</i>	1	0.003	0.017
<i>Actitis macularius</i>	1	0.003	0.017

<i>Myioborus pictus</i>	4	0.012	0.052
<i>Sayornis nigricans</i>	3	0.009	0.042
<i>Piranga rubra</i>	2	0.006	0.030
<i>Setophaga ruticilla</i>	21	0.062	0.172
<i>Dendroica townsendi</i>	25	0.074	0.192



**Gráfica 19. Abundancia de las especies de aves más representadas registradas en el SAR**

*Dendroica townsendi* fue el más abundante dando un estimado de 0.192; *Setophaga ruticilla* y *Dendroica occidentalis* presentan ambos 0.172; le siguen *Passer domesticus* y *Anas acuta* con 0.161; *Fulica americana* presenta 0.150; *Hylocharis leucotis* con 0.144; *Pyrocephalus rubinus* 0.131; *Regulus calendula* y *Dendroica coronata* ambos presentan 0.125; *Carpodacus mexicanus* y *Anas clypeata* ambos presentan 0.118; y *Junco phaeonotus* presenta 0.104.

- Reptiles y anfibios

Se hallaron y registraron 19 organismos de nueve especies diferentes; ocho reptiles y un anfibio, por lo que ambos grupos se manejarán de manera conjunta. Tres de ellas aparecen enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría **Sujeta a protección especial (Pr)** y ocho están consideradas como endémicas a México, lo cual puede indicar la alta vulnerabilidad de estos organismos ante las implicaciones del impacto de la construcción del proyecto.

**Tabla 25. Especies de herpetofauna registradas en el SAR**

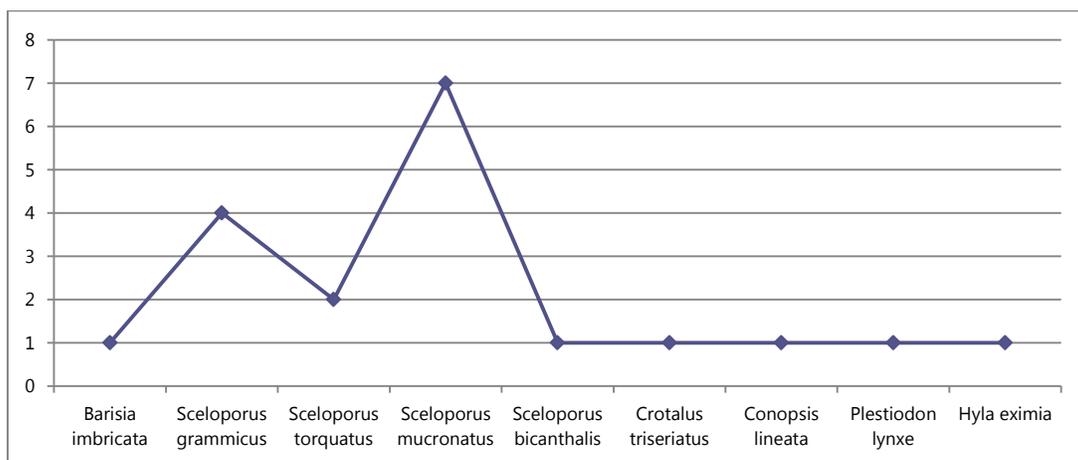
Especie	Nombre común	Familia	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Phrynosomatidae	Sujeta a protección especial (Pr)	No endémica
<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija espinosa de collar	Phrynosomatidae	Sin categoría	Endémica
<i>Sceloporus mucronatus</i>	Lagartija espinosa de grieta	Phrynosomatidae	Sin categoría	Endémica
<i>Crotalus triseriatus</i>	Víbora de cascabel transvolcánica	Viperidae	Sin categoría	Endémica

<i>Plestiodon lynxe</i>	Eslizón encinero	Scincidae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica
<i>Barisia imbricata</i>	Alicante del Popocatepetl	Anguidae	Sujeta a protección especial (Pr)	Endémica
<i>Conopsis lineata</i>	Culebra terrestre del centro	Colubridae	Sin categoría	Endémica
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	Lagartija espinosa transvolcánica	Phrynosomatidae	Sin categoría	Endémica
<i>Hyla eximia</i>	Rana de árbol de montaña	Hylidae	Sin categoría	Endémica
9 sps.				

Estas especies, las lagartijas *Barisia imbricata*, *Sceloporus torquatus*, *S. mucronatus*, la víbora de cascabel transvolcánica (*Crotalus triseriatus*); el eslizón encinero (*Plestiodon lynxe*) y la rana de árbol de montaña (*Hyla eximia*) representan un valor incuantificable para la riqueza biológica del lugar y del país, porque además de ser endémicas son especies de poblaciones naturalmente poco abundantes (Camarillo-Rangel *et al.*, 2001; Ramírez-Bautista y Hernández-Ibarra, 2004) son, por ende, organismos altamente sensibles a las perturbaciones ambientales, a la pérdida de hábitat y a los efectos de barrera (Vitt y Caldwell, 2014).

**Tabla 26. Abundancias (número de registros) y estimación de la diversidad por especie**

ESPECIE	ABUNDANCIA	INDICE SHANNON
<i>Barisia imbricata</i>	1	0.155
<i>Sceloporus grammicus</i>	4	0.328
<i>Sceloporus torquatus</i>	2	0.237
<i>Sceloporus mucronatus</i>	7	0.368
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	1	0.155
<i>Conopsis lineata</i>	1	0.155
<i>Crotalus triseriatus</i>	1	0.155
<i>Plestiodon lynxe</i>	1	0.155
<i>Hyla eximia</i>	1	0.155



**Gráfica 20. Abundancia de las especies de reptiles y anfibios registrados**

El más abundante es *Sceloporus mucronatus* que presenta un valor de diversidad de 0.367; le sigue *Sceloporus grammicus* con 0.334; *Sceloporus torquatus* con 0.244; y por último con 0.161 están *Barisia imbricata*, *Conopsis lineata*, *Crotalus triseriatus*, *Plestiodon lynxe* y *Hyla eximia*.

Los reptiles y anfibios son los más susceptibles a los cambios estacionales, presentando las características más sensitivas de letargo metabólico frente a bajas temperaturas. La baja riqueza registrada comparada con las especies reportadas para la zona puede deberse a que los muestreos fueron realizados durante la temporada invernal, no permitiendo así un registro óptimo. La herpetofauna reportada para la zona que está enlistada bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o que presenta algún grado de endemismo es relativamente alta y de suma importancia hacer mención de ella en este reporte, ya que es la más sensible ante el impacto que conllevaría la construcción de la obra.

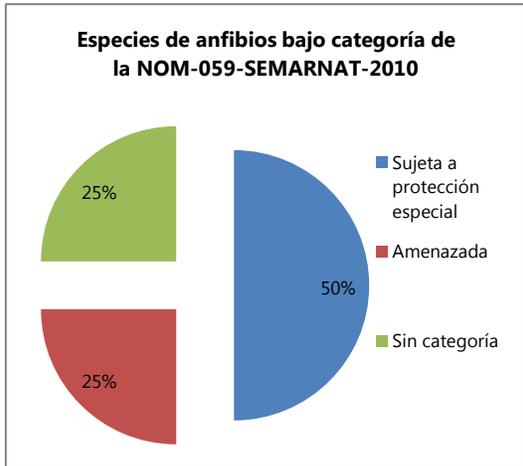
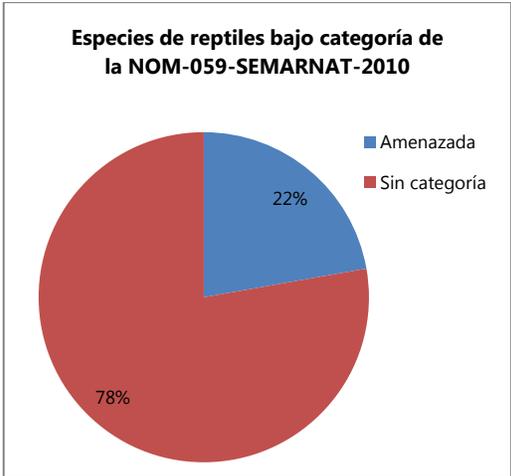
**Tabla 27. Especies de anfibios reportadas para el SAR enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, indicando su grado de endemismo**

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
<i>Ambystoma velasci</i>	Salamandra	Ambystomatidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Chiropterotriton dimidiatus</i>	Salamandra enana	Plethodontidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Chiropterotriton multidentatus</i>	Salamandra dientona	Plethodontidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Pseudoeurycea altamontana</i>	Tlaconete de Morelos	Plethodontidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	Salamandra	Plethodontidae	Amenazada	Endémica
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	Salamandra	Plethodontidae	Amenazada	No endémica
<i>Hyla eximia</i>	Ranita de montaña	Hylidae	Sin categoría	Endémica
<i>Hyla plicata</i>	Ranita plegada	Hylidae	Amenazada	Endémica
<i>Plectrohyla robertsorum</i>	Rana de Robert	Hylidae	Amenazada	Endémica

**Tabla 28. Especies de reptiles reportadas para el SAR enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, indicando su grado de endemismo**

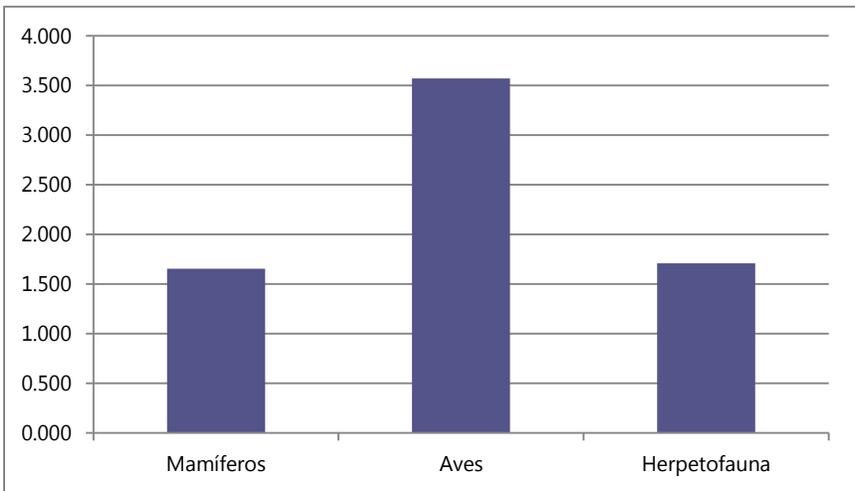
ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	NOM-059-SEMARNAT-2010	ENDEMISMO
<i>Abronia taeniata</i>	Dragoncito de bromelia	Anguidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Barisia imbricata</i>	Falso escorpión	Anguidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Falso camaleón	Phrynosomatidae	Amenazada	Endémica
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	Lagartija de pastizal	Phrynosomatidae	Sin categoría	Endémica
<i>Sceloporus grammicus</i>	Chintete de maguey	Phrynosomatidae	Sujeta a protección especial	No endémica
<i>Sceloporus mucronatus</i>	Chintete de grieta	Phrynosomatidae	Sin categoría	Endémica
<i>Plestiodon lynxe</i>	Eslizón encinero	Scincidae	Sujeta a protección especial	Endémica
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra cuello negro	Colubridae	Amenazada	No endémica

<i>Thamnophis scalaris</i>	Culebra cola larga	Colubridae	Amenazada	Endémica
<i>Thamnophis scaliger</i>	Culebra cola corta	Colubridae	Amenazada	Endémica
<i>Conopsis lineata</i>	Culebrita	Colubridae	Sin categoría	Endémica
<i>Pituophis deppei</i>	Tzincuate	Colubridae	Amenazada	Endémica
<i>Crotalus triseriatus</i>	Cascabel	Viperidae	Sin categoría	Endémica

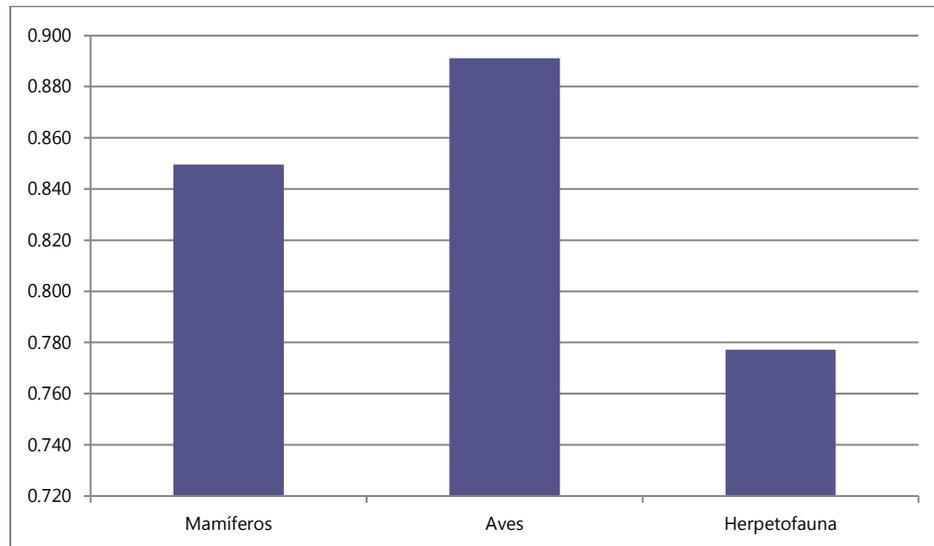


**Gráfica 21. Porcentaje de las especies de herpetofauna reportadas para el SAR enlistadas bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

Los resultados de abundancia y la riqueza registrada en el presente estudio de MIA-R pueden considerarse relativamente bajas si se analizan con respecto a la diversidad reportada para la zona, sin embargo, los resultados pueden considerarse representativos porque pese a la temporada de muestreo no fue la ideal para la mayoría de las especies, se lograron registrar especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies endémicas que representan un alto valor ecológico para el SAR.



**Gráfica 22. Comparación de resultados del índice de diversidad (Shannon-Wiener) de cada grupo faunístico. Mamíferos, 1.653; aves 3.571; herpetofauna, 1.708**



**Gráfica 23. Índice de equidad de Pielou ( $J$ ) para los tres grupos faunísticos, mamíferos = 0.850; aves = 0.891; herpetofauna = 0.777**

Las aves presentan el valor de equidad más alto (0.891) lo que se entiende que es el grupo faunístico con mayor número de abundancias similares entre sus especies, seguido por los mamíferos (0.850). El grupo de la herpetofauna presenta el valor de equidad más bajo (0.777) las especies de anfibios y reptiles presentaron valores de abundancia aun más distintos que el resto de los grupos, posiblemente debido a la temporada de muestreo no óptima para su registro.

Todas las especies de fauna presentes en el área de afectación del proyecto se encuentran estrechamente vinculadas a los diferentes tipos de vegetación característicos de la zona, principalmente los anfibios que además fungen como especies bioindicadoras de la salud ecológica del lugar (Ramírez-Bautista *et al.*, 2014). El eje propuesto del proyecto se sitúa en zonas en las que comunidades vegetales de oyamel, encino, oyamel-encino y encino-oyamel están presentes y son las que albergan a la mayoría de la fauna asociada a ellas descrita en el presente análisis. La perturbación y la pérdida del hábitat para estas especies de fauna representarían un compromiso a la estabilidad de sus poblaciones y la probabilidad de un deterioro poblacional.

### **IV.2.3 Medio Socioeconómico**

El medio socioeconómico es el conjunto de características aportadas por el humano al sistema estudiado, y está integrado por los factores culturales, sociales, económicos, políticos, etc., los cuales indican el grado y tipo de desarrollo que tiene la comunidad en estudio o que es requerido para una vida digna. Por lo anterior, en esta sección se describen elementos básicos para conocer el estado de desarrollo de una comunidad, es decir: demografía, servicios, actividades económicas, etc.

#### **IV.2.3.1 Indicadores**

Para generar los indicadores socioeconómicos que a continuación se presentarán, se consultaron los censos realizados por el INEGI, así como también los Anuarios Estadísticos del Estado, obteniendo así las gráficas de comparación de algunos indicadores seleccionados entre los municipios de Pachuca, mineral de la Reforma, Mineral del Monte y Omitlán de Juárez,. Los indicadores utilizados se definen a continuación:

- *Densidad poblacional*: Población total de un país o área específica, dividida entre su extensión territorial.

Propósito: Mide la concentración de la población humana en relación con el espacio físico. La densidad de población puede utilizarse como un indicador parcial de las necesidades y las actividades humanas en un área. Indicadores más refinados –por ejemplo, número de personas por unidad de suelo habitable o cultivable– pueden ser más útiles para propósitos analíticos.

- *Tasa de crecimiento*: Es la tasa anual promedio de cambio del tamaño de la población durante un periodo determinado.

Propósito: Mide la velocidad a la que cambia el tamaño de la población.

- *Tasa de fecundidad*: Relación entre el número de nacimientos en cierto periodo de tiempo y la población femenina en edad fértil en ese mismo periodo.

Propósito: Es una forma más sencilla para medir y comparar la fecundidad entre países ya que considera los factores de estructura por sexo y edad.

- *Tasa de mortalidad infantil*: Número de decesos de menores de un año de edad durante un periodo dado, por cada 1000 niños nacidos vivos durante el mismo periodo.

Propósito: Estimar la proporción de recién nacidos que mueren durante el primer año de vida.

- *Tasa de cambio en la población inscrita en educación básica*: Tasa promedio de cambio en el tamaño de la población escolar de preescolar a bachillerato.

Propósito: Mide la velocidad en que varía el tamaño de la población en edad escolar.

- *Tasa de cambio en la población económicamente activa – ocupada*: Tasa promedio de cambio de la PEA-Ocupada en un periodo determinado.

Propósito: Mide la velocidad en que varía el tamaño de la población en edad de trabajar, que en el periodo censal se encontraba empleada.

- *Disponibilidad de agua entubada en viviendas*: Proporción de la población que dispone de agua potable en la vivienda o que pueden acceder a esta fácilmente.

Propósito: Vigilar el progreso en la accesibilidad de la población a agua potable segura.

- *Disponibilidad de energía eléctrica en viviendas*: proporción de la población que cuenta con el servicio de energía eléctrica en su vivienda.

Propósito: Vigilar el progreso en la accesibilidad de la población al servicio de energía eléctrica

- *Disponibilidad de drenaje sanitario en viviendas*: Proporción de la población que tiene acceso a instalaciones sanitarias para la eliminación de excretas humanas en su vivienda o en las proximidades inmediatas.

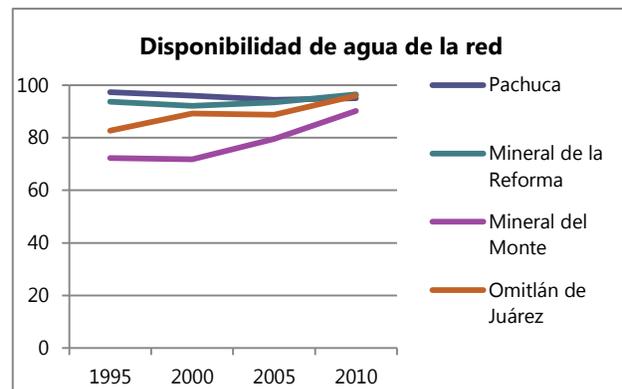
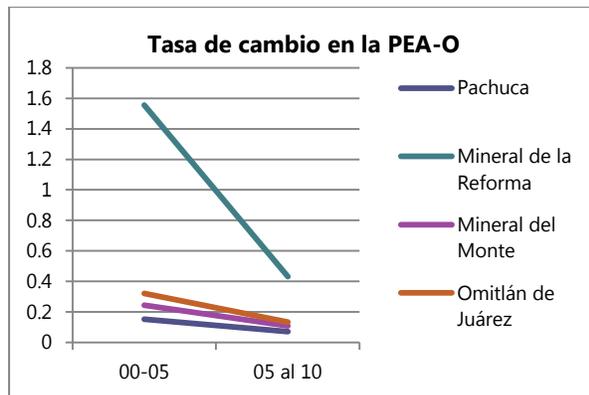
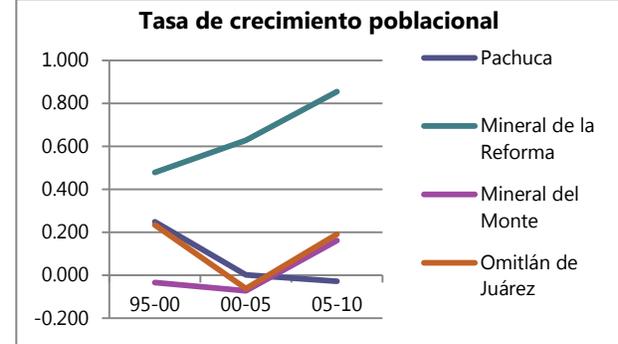
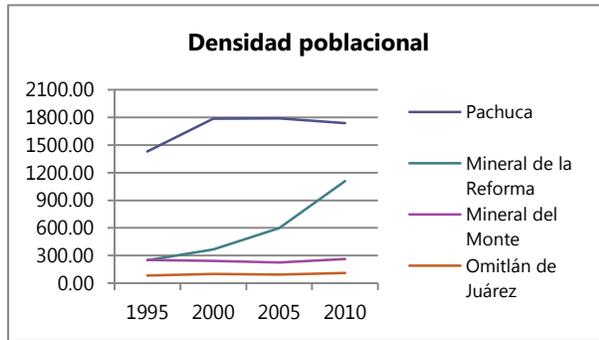
Propósito: Vigilar el progreso en la accesibilidad de la población a instalaciones sanitarias.

- *Disponibilidad de servicio de salud para la población*: Proporción de la población que tiene acceso a un servicio de salud en cualquiera de sus regímenes.

Propósito: Vigilar el progreso en la proporción del servicio del sistema de salud.

#### **IV.2.3.2 Metodología**

Los datos requeridos para conformar los indicadores seleccionados fueron compilados dentro del periodo de 1995 al 2010 a nivel estatal y municipal. Los valores obtenidos fueron graficados para obtener visualmente una comparativa de las tendencias en cada nivel. Algunas de las gráficas obtenidas son las siguientes, donde se observa que las unidades de medición son diferentes entre ellas.



Es por lo anterior que se procede a homogenizar las unidades para analizar los valores referentes a los municipios. El valor de los índices fue traducido a una escala de 0 a 1, utilizando una función de transformación similar a la utilizada en el capítulo V para la evaluación de impactos ambientales; la escala utilizada para clasificar la Calidad de vida es la siguiente.

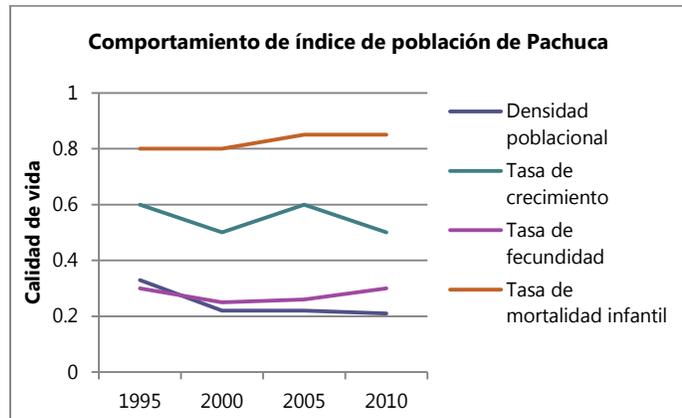
Calidad de vida	Valor
Alta	0.66 - 1
Media	0.33 - 0.66
Baja	0 - 0.33

Los valores ya homogenizados se graficaron nuevamente obteniendo el comportamiento de los índices durante un periodo de 15 años (1995 al 2010) y los resultados se presentan agrupados por categorías de forma que sea más sencillo observar el comportamiento del índice evaluado. Con estos datos, se realizó la evaluación de la calidad de vida para la región donde se inserta el proyecto.

**IV.2.3.3 Resultados**

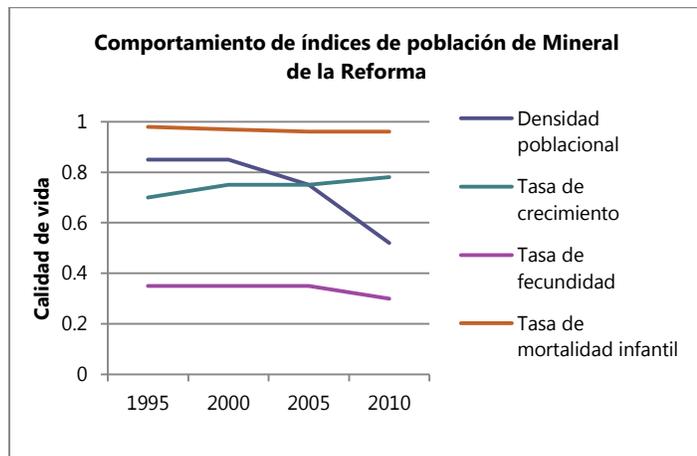
▪ **Índices de población**

El municipio de Pachuca presenta en los últimos años una tasa de crecimiento constante, su baja tasa de mortalidad infantil, indica una calidad de vida alta en conjunto con la disponibilidad de servicios de salud. Tiene la densidad poblacional más alta en relación a los otros municipios involucrados en el SAR, aunque también esto se debe a su relativa poca superficie territorial. Su densidad poblacional para el año 2010 fue de 1,738 hab/km<sup>2</sup>.



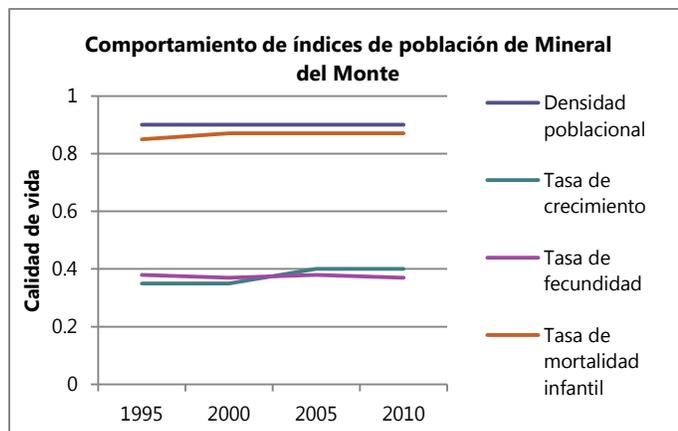
Gráfica 24. Índices de población - Pachuca

Mineral de la Reforma es apenas un poco más pequeño en cuanto a superficie, y también presenta una densidad poblacional considerable en relación a los municipios que se insertan en el SAR, con 1,105 hab/km<sup>2</sup>. En relación a la calidad de vida, lo anterior se puede traducir en una reducción de espacios para el desarrollo de la población. Se observa una calidad de vida alta en relación a una baja tasa de mortalidad infantil y una tasa de crecimiento media.



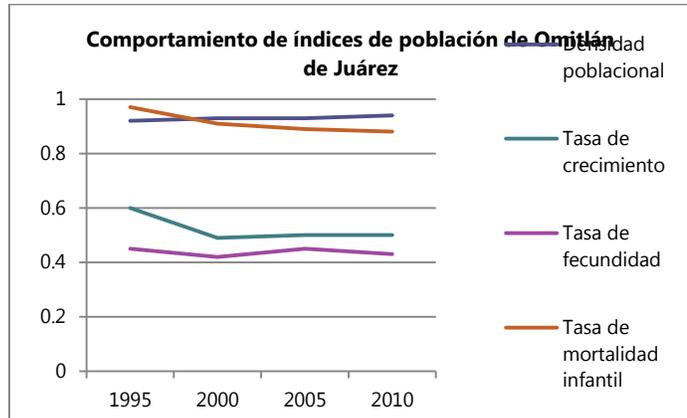
Gráfica 25. Índices de población - Mineral de la Reforma

Mineral del Monte es un municipio pequeño con una densidad poblacional de 259 hab/km<sup>2</sup>. Aquí se observa que la tasa de crecimiento no ha variado notablemente en los últimos años, aunado a esto la tasa de mortalidad infantil es baja. Lo anterior indica una calidad de vida media-alta en relación al espacio para desarrollo de la población y servicios disponibles.



Gráfica 26. Índices de población - Mineral del Monte

Este municipio tiene una densidad de población de 112 hab/km<sup>2</sup>. Se ha disminuido la mortalidad infantil en los últimos años aunque también la tasa de fecundidad ha disminuido; por esta razón la calidad de vida en relación al espacio físico disponible es alta.

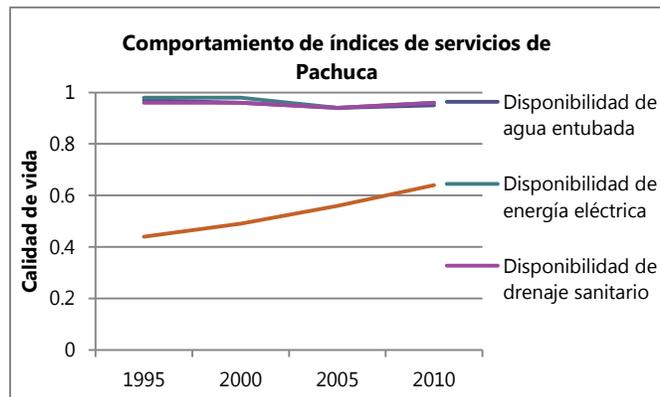


Gráfica 27. Índices de población – Omitlán de Juárez

Dentro de este municipio se identificaron dos localidades con población indígena, en base a la delimitación de un buffer de 500 m con respecto al eje del proyecto, estas localidades son Velasco con una población indígena de 10 personas y Cuchilapan con una población indígena de 5 personas. En este punto es importante mencionar que la infraestructura urbana o social de estas localidades, no se verán afectadas por el proyecto.

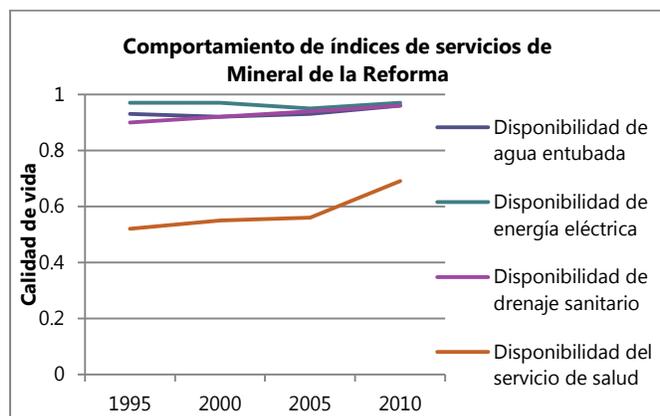
▪ **Índices de servicios**

En el municipio de Pachuca, más del 95% de las viviendas particulares habitadas dispone de los servicios básicos como son energía eléctrica, agua de la red y drenaje sanitario. El municipio cuenta con 22 unidades médicas de primer nivel, cinco de segundo nivel y una de tercer nivel, y de acuerdo con la población derechohabiente a algún sistema de salud, se observa que la disponibilidad del servicio ha mejorado, pero aún no se tiene una cobertura del 100%



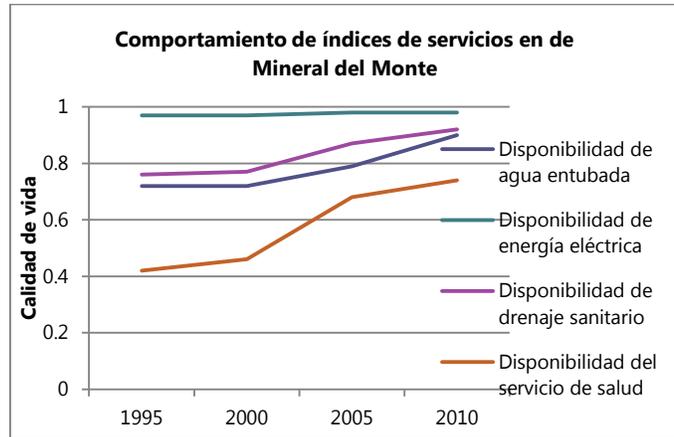
Gráfica 28. Índice de servicios - Pachuca

En este municipio también se observa una cobertura de servicios básicos municipales mayor al 90 % de las viviendas particulares. Se observa de igual forma que la disponibilidad del servicio de salud ha presentado mejoras en los últimos años, ya que en el año 2000 contaba con cuatro unidades de salud, mientras que en la actualidad se cuenta con seis, sin embargo aún se tiene una gran población no derechohabiente.



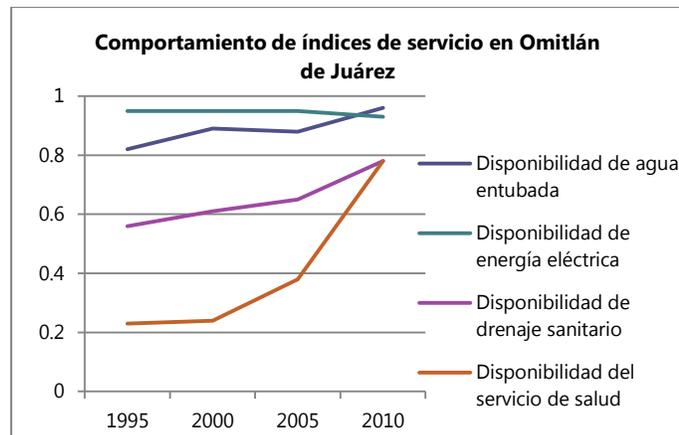
Gráfica 29. Índice de servicios – Mineral de la Reforma

En Mineral del Monte, el servicio con mayor cobertura es el de la energía eléctrica, seguido del drenaje sanitario y agua entubada, en conjunto se puede decir que del 70 al 90 % de las viviendas cuentan con estos servicios. El municipio cuenta con tres unidades de salud de primer nivel, por lo que es común que la población acuda a municipios vecinos a recibir este servicio; aun así se observa un incremento en la población derechohabiente.



Gráfica 30. Índice de servicios – Mineral del Monte

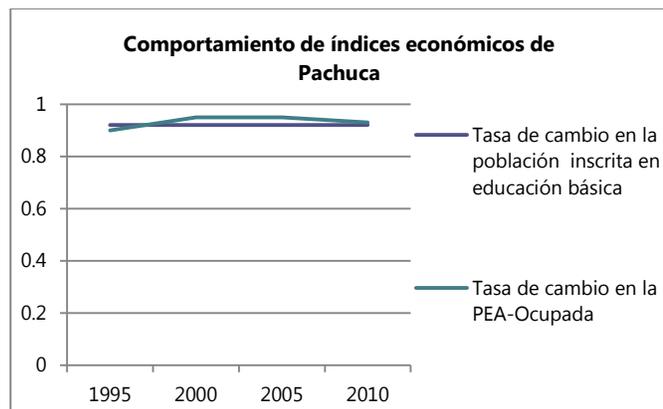
En este caso la calidad de vida en el municipio en base a la disponibilidad de servicios es media, ya que aunque existe una buena cobertura del servicio de energía eléctrica y de agua de la red pública, aún se requiere atención en el área de drenaje sanitario y salud.



Gráfica 31. Índice de servicios - Omitlán de Juárez

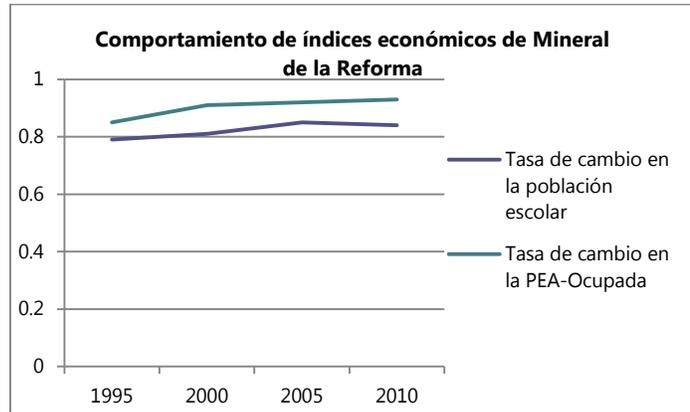
▪ **Índices económicos**

Tasas de cambio miden el incremento o decremento de la población, en este caso se observa que las tasas de cambio son muy cercanas a cero; lo que indica, en el caso de la matrícula escolar, que el número de alumnos se mantiene sin cambios, con poca deserción escolar. La población ocupada también es constante en el periodo de análisis. En este municipio la PEA-O se ocupa principalmente en el sector terciario (72%), seguido del secundario (24%) y el 4% en el primario.



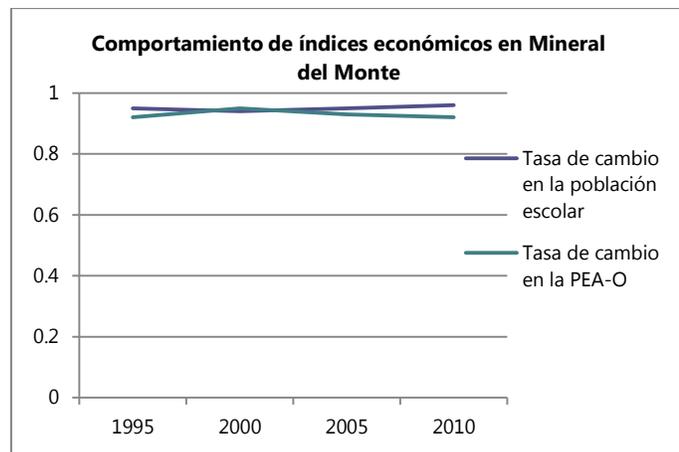
Gráfica 32. Índices económicos - Pachuca

Mineral de la Reforma cuenta con 31 primarias, 12 secundarias y 2 bachilleratos, y cuenta también con una población de alumnos inscritos bastante estable. Al igual que la PEA- ocupada, ésta se ocupa principalmente en el sector terciario (69%), seguido del secundario (26%) y un 5% en el primario.



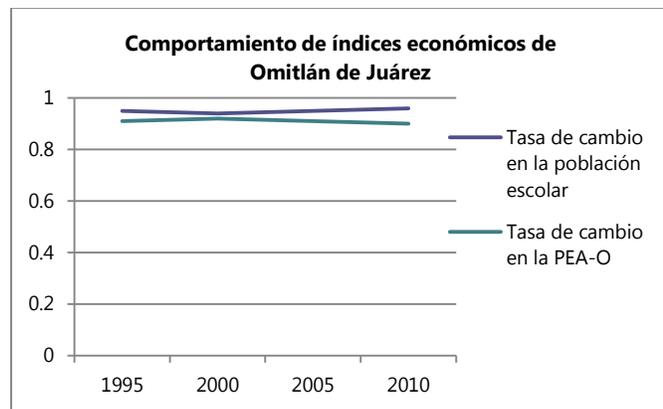
Gráfica 33. Índices económicos – Mineral de la Reforma

En este caso los índices también muestran que las poblaciones de estos grupos no tienen variaciones notables; los alumnos inscritos en educación básica se mantienen en números así como la población ocupada. La infraestructura educativa del municipio incluye 12 primarias, 5 secundarias y 2 bachilleratos.



Gráfica 34. Índices económicos – Mineral del Monte

El caso de Omitlán de Juárez es similar a los anteriores municipios. La infraestructura educativa del municipio incluye 12 primarias, 5 secundarias y 1 bachillerato. Mientras que la PEA- Ocupada trabaja principalmente en el sector terciario (38%), seguido del secundario (32%) y finalmente en el primario (30%).



Gráfica 35. Índices económicos – Omitlán de Juárez

En general estos cuatro municipios que componen el SAR del proyecto, son pequeños en cuanto a superficie aunque alojan a una gran densidad poblacional, ya que como se menciona en el capítulo II se inserta dentro de la Zona Metropolitana de Pachuca donde el crecimiento poblacional se ha dado gracias a su cercanía con el estado de México y D.F.

Estos municipios cuentan con los servicios de infraestructura básica que permiten el desarrollo de su población, no obstante aún se requiere una mayor cobertura en el servicio de salud por ejemplo.

La principal economía en la región es de servicios, donde tan sólo Pachuca cuenta con un gran número de sucursales bancarias y unidades de comercio desde mercados y tianguis hasta centros comerciales tanto en Pachuca como en la zona conurbada con Mineral de la Reforma; así también se cuenta con una buena infraestructura para el turismo que aprovecha los atractivos culturales e históricos de la región.

De acuerdo a la escala para *Calidad de vida* propuesta en la metodología, se podría promediar la calificación para los cuatro municipios en una calidad Media-Alta; para lo que también se consideró el índice de desarrollo humano que de acuerdo al PNUD-México, para los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, y Mineral del Monte es alto, y para Omitlán de Juárez es medio.

#### IV.2.4 Diagnostico del Paisaje

Definir el concepto de paisaje resulta un tanto difícil debido a que la diversidad de los mismos es tan amplia como la percepción que puede tener una persona de su entorno visual. No obstante, para el presente apartado se entenderá por **Paisaje** a: ***toda extensión de cualquier dimensión, en cuyos límites los diferentes componentes naturales de la estructura geológica, litológica, relieve, clima, agua, suelo, flora y fauna, tanto en estado natural como modificado por el hombre se encuentran en estrecha interacción formando un sistema*** (Mateo, 2007).

Los paisajes, ya sean naturales o modificados, han formado parte de la vida diaria del hombre. Sin embargo, es el hombre mismo el responsable de la disminución, amenaza y extinción de numerosas especies y por el deterioro generalizado de la calidad del agua, aire y suelos, que constituyen los recursos básicos de los que depende la vida (Bennet, 1998).

Poco se ha hecho para mejorar o revertir el deterioro de los paisajes. La poca intervención para analizar y actuar ante esta problemática, se ha llevado a cabo mayormente por la sociedad científica. En 1984 apareció por primera vez el término "Ciencia del Paisaje", y este estaba enfocado principalmente para desiertos y glaciares con un interés particular en los procesos físicos. Sin embargo, al paso del tiempo el concepto se fue ampliando cada vez más, llegándose a crear una compleja jerarquía de unidades de paisaje de diversas dimensiones, que van desde grandes unidades como fajas de paisajes que atraviesan un continente, hasta pequeñas unidades como fragmentos de roca diminutos (Troll, 2003).

La primera recomendación práctica que surge de los estudios de fragmentación, es la de conservar aquellos fragmentos que presenten hábitats adecuados o que se encuentren enlazados con otros fragmentos, antes que considerar pequeños parches aislados. Dicha recomendación se basa principalmente en la Teoría sobre la Biogeografía de Islas (Bennet, 1998).

##### IV.2.4.1 Evaluación del paisaje visual

###### a) Metodología

Una forma de evaluar la calidad del paisaje es a través de un análisis visual de ciertos elementos compositivos del entorno. A este respecto se seleccionaron ocho factores representativos del paisaje que pueden ser evaluados fácilmente desde cualquier ubicación, aunque preferentemente desde un terreno alto para tener un mayor rango de visión. Los factores considerados en este análisis son los siguientes:

1. Geomorfología

2. Vegetación
3. Fauna silvestre
4. Agua
5. Color
6. Fondo escénico
7. Singularidad o rareza
8. Actuaciones humanas

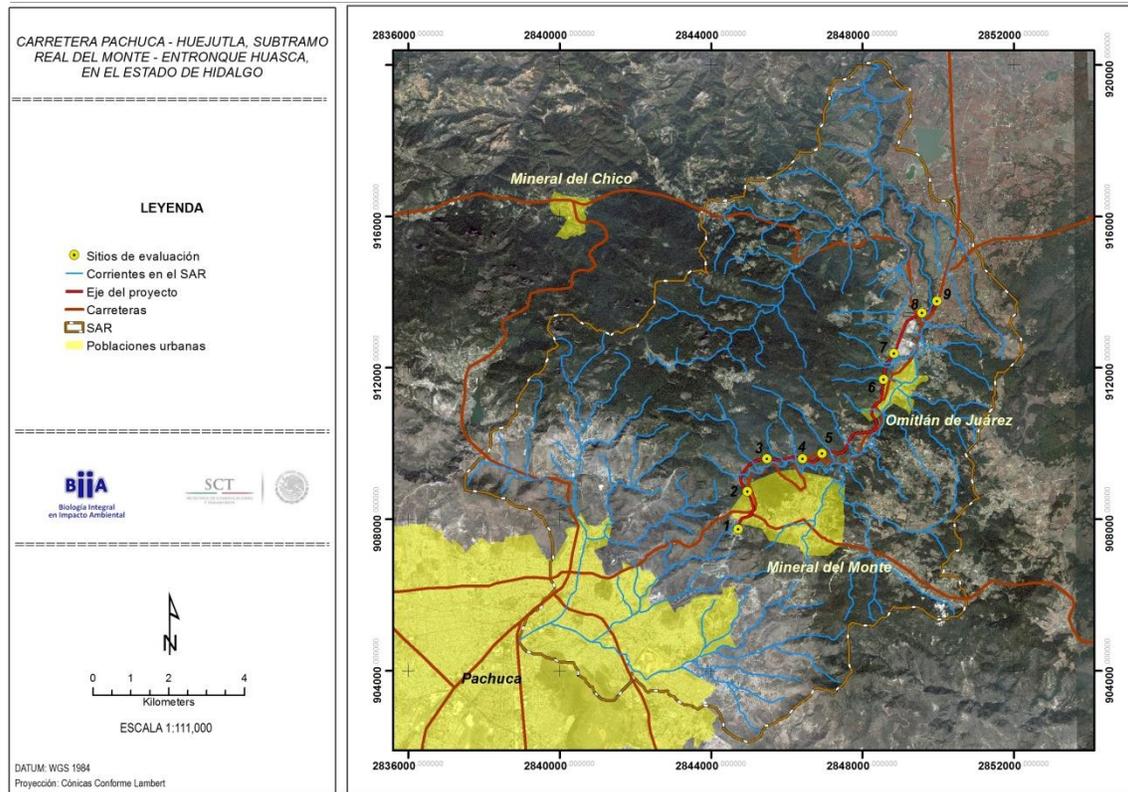
Previamente a la salida de campo se elaboró una matriz paisajístico-descriptiva compuesta por los ocho factores antes mencionados y cinco alternativas de calidad del paisaje, cada cual con una breve descripción de las condiciones esperadas y su valor cuantitativo para fines evaluativos (asignación de valores).

**Tabla 29. Matriz paisajístico-descriptiva**

FACTORES	CALIDAD DE PAISAJE				
	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
GEOMORFOLOGÍA	Relieve muy montañoso marcado y prominente, con riscos, cañadas, cañones, o bien, relieve de gran variedad superficial o sistema de dunas o presencia de algún rasgo muy singular. Valor= 5	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales. Valor=4	Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún detalle singular. Valor=3	Relieve suave, pero sin formar un valle en toda su extensión. Se muestran algunas depresiones o formaciones rocosas esporádicamente. Valor=2	Relieve muy bajo formando extensas planicies, pero sin depresiones, cañones o cañadas que le agreguen un mayor atractivo visual. Valor=1
VEGETACIÓN	Gran variedad de ecosistemas con especies altamente llamativas, formas, textura y coloración interesantes. Cubierta vegetal sin alteración antrópica. Valor= 5	Uno o más ecosistemas, pero con especies vegetales interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra aparentemente inalterada. Valor=4	Solo un tipo de comunidad vegetal, pero con formaciones y crecimiento de las especies vegetales que resultan interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra ligeramente alterada. Valor=3	Presencia de uno o varios tipos de ecosistemas con o sin formaciones interesantes en sus especies vegetales, pero con su cubierta vegetal considerablemente alterada. Valor=2	Ausencia de vegetación autóctona o una gran parte de la superficie visual se encuentra desprovista de vegetación restándole casi en su totalidad la calidad del paisaje. Valor=1
FAUNA	Presencia visual o auditiva de fauna de forma permanente en el lugar. Especies altamente llamativas. Alta riqueza de especies. Valor= 5	Mediana presencia de fauna con valor visual y auditivo que aumenta la calidad del paisaje Valor=4	Baja abundancia (aunque constante) de fauna llamativa visual o auditivamente. Valor=3	Presencia esporádica de fauna en el lugar. Especies poco vistosas, o baja riqueza de especies. Valor=2	Ausencia visual o auditiva de fauna de importancia paisajística. Valor=1
AGUA	Elemento que realza considerablemente la calidad visual del paisaje. Puede presentarse como lagunas, lagos, ríos, arroyos, cascadas, etc. El agua se muestra limpia y libre de contaminantes de origen antrópico. Valor= 5	Elemento que realza medianamente la calidad visual del paisaje. Los cursos o cuerpos de agua no resultan tan espectaculares ni contrastan fuertemente con el resto de elementos paisajísticos. El agua se muestra limpia y libre de Valor=4	Corrientes o cuerpos de agua de bajo orden (pequeños) que contrastan ligeramente con el paisaje. El agua se muestra limpia. Valor=3	Corrientes y/o cuerpos de agua poco contrastantes. Sus aguas se muestran con elementos contaminantes que deterioran la calidad visual y olfativa del paisaje. Valor=2	Corrientes o cuerpos de agua ausentes o poco perceptibles. Las aguas se encuentran altamente contaminadas restándole significativamente la calidad visual y olfativa al paisaje. Valor=1

	contaminantes de origen antrópico.				
	Valor= 5	Valor=4	Valor=3	Valor=2	Valor=1
<b>COLOR</b>	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, cielo, vegetación, roca, agua y nieve. Este factor se ve altamente dominante en el paisaje.	Combinación interesante de colores que agregan un importante valor a la calidad visual del paisaje, pero no se muestra como factor dominante.	Mediana variedad de colores que contrastan armoniosamente en el paisaje.	Colores medianamente contrastantes aunque con poca variedad.	Pocos colores presentes y de tonalidades apagadas. Muy bajo contraste entre colores.
<b>FONDO ESCÉNICO</b>	El paisaje circundante ejerce una muy alta influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una alta influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una mediana influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una baja influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce muy baja influencia positiva a la calidad visual.
<b>SINGULARIDAD O RAREZA</b>	Alta singularidad y rareza a nivel regional. Hay una alta armonía y contraste entre los distintos elementos distintivos del paisaje.	Algo común en la región. Los elementos característicos del paisaje se tornan medianamente armoniosos.	Bastante común en la región, aunque a nivel local suele tomarse ligeramente heterogéneo.	Presenta singularidad solamente a nivel de algunos elementos que componen el paisaje inmediato, pero a nivel regional resulta casi como un paisaje homogéneo.	No presenta rareza o singularidad a nivel regional
<b>ACTUACIONES HUMANAS</b>	Libre de intervención o modificación humana	La calidad escénica natural se encuentra modificada ligeramente llegando a ser poco perceptible a simple vista	La intervención humana es evidente a simple vista. Los elementos antrópicos resultan medianamente negativos a la calidad visual.	Los elementos antrópicos resultan abundantes restándole fuertemente la calidad al paisaje	La calidad del paisaje se ve completamente dominado por elementos de origen humano que afectan negativamente su valor visual.

Este procedimiento se llevó a cabo en nueve sitios de muestreo distribuidos a lo largo del eje del proyecto, de manera que fuera representativo del mismo. La ubicación espacial de los sitios de evaluación se puede observar en el siguiente mapa:



**Imagen 39. Sitios de muestreo para paisaje**

El procedimiento de evaluación lo llevó a cabo un grupo multidisciplinario con el fin de obtener resultados confiables por la variabilidad de enfoques. Asimismo, se insistió para el grupo evaluador, mantener un alto grado de objetividad y análisis durante la asignación de los valores a cada uno de los factores evaluados. Por otro lado, se definió un radio de evaluación para cada sitio de muestreo que puede ir entre 200 y 500 metros según las condiciones de cada sitio, exceptuando para el factor Fondo Escénico que la evaluación se considera básicamente hasta el infinito u horizonte.

Como procedimiento final, se generó una escala de calidad paisajística para asignar los valores a los diferentes factores del paisaje. Dicha escala se presenta tanto en términos cualitativos como en términos cuantitativos según los rangos mínimo (8) y máximo (40) de calidad de acuerdo a un paisaje en total deterioro y uno en óptimas condiciones respectivamente.

**Tabla 30. Escala de calidad paisajística**

Escala de calidad paisajística	
Muy alta	33.6 - 40
Alta	27.2 - 33.5
Media	20.8 - 27.1
Baja	14.4 - 20.7
Muy baja	8 - 14.3

**b) Resultados**

Los muestreos realizados sugieren que el área de estudio, principalmente en lo concerniente al eje del proyecto y zonas adyacentes, se encuentra impactada de forma muy variada, es decir, la calidad visual del paisaje se observa de manera heterogénea, registrándose valores que van desde los 13 puntos, equivalentes a una calidad muy baja, hasta valores de 29 puntos que representan una calidad alta. El valor

promedio para el área total de estudio se estima en 22 puntos lo cual lo ubica en una calidad visual media según la escala planteada.

Básicamente a lo largo del proyecto se pueden apreciar sitios altamente deteriorados o modificados por efecto de las actividades del hombre o por el alto grado de colonización o crecimiento de la mancha urbana. No obstante es posible también observar superficies bien conservadas de vegetación natural con una fuerte dominancia de bosques de encino.

**Tabla 31. Calidad del paisaje por factor y sitio de muestreo**

FACTOR	SITIOS DE MUESTREO									CALIDAD PAISAJÍSTICA PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Geoformas	4	4	4	4	3	3	3	3	2	<b>3.3</b>
Vegetación	2	4	4	4	4	4	1	2	2	<b>3.0</b>
Fauna	2	4	4	4	4	4	1	3	2	<b>3.1</b>
Agua	1	1	1	1	1	2	1	2	1	<b>1.2</b>
Color	2	4	3	4	3	4	2	2	2	<b>2.9</b>
Fondo escénico	2	3	4	4	4	3	3	3	2	<b>3.1</b>
Singularidad o rareza	2	4	3	4	3	3	1	2	2	<b>2.7</b>
Actuaciones humanas	2	4	3	4	3	3	1	2	2	<b>2.7</b>
Calidad del paisaje por sitio	<b><u>17</u></b>	<b><u>28</u></b>	<b><u>26</u></b>	<b><u>29</u></b>	<b><u>25</u></b>	<b><u>26</u></b>	<b><u>13</u></b>	<b><u>19</u></b>	<b><u>15</u></b>	<b>22 CP: Media</b>
<b>Valor absoluto</b>										

De los nueve sitios evaluados destacan notablemente el sitio 7 y el sitio 4. El primero por haber obtenido un puntaje de tan solo 13 puntos en un máximo de 40, mientras que el sitio 4 alcanzó un puntaje de 29 equivalentes a una calidad alta. De manera descriptiva, el sitio 7 presenta una amplia extensión de terreno desprovisto de vegetación casi en su totalidad, observándose además efectos graves de erosión en forma de cárcavas ampliamente profundas. Las zonas adyacentes a estas tierras erosionadas se encuentran colonizadas de forma dispersa por viviendas, mientras que el fondo escénico muestra tanto parches importantes de vegetación forestal como zonas de vegetación abierta. Esta zona, aunque no se muestra como relevante en términos ecológicos para el proyecto, si es fundamental su rehabilitación para paliar los problemas de erosión y evitar posibles daños estructurales al cuerpo carretero (si fuese aprobado el proyecto), ya que hay cárcavas que se ubican muy cerca del eje del proyecto.



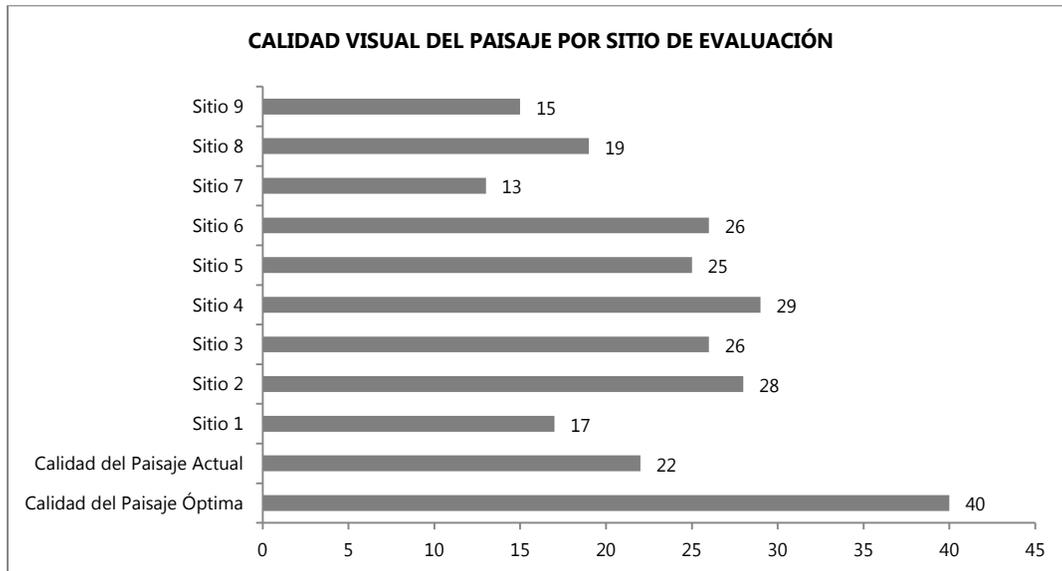
Imágenes panorámicas del sitio 7. Calidad visual del paisaje: Muy baja

El sitio 4 por su parte, representa una sección de las áreas mejor conservadas a lo largo del trazo, que corresponde a ecosistemas de bosque de encino con árboles que pueden superar los seis metros de

altura. La estructura y composición de estos bosques reflejan un importante nivel de conservación, que merecen ser protegidos, ante la elevada presión humana sobre los ecosistemas naturales. De tal suerte, en un contexto ecológico la construcción de la carretera no resulta viable por el fuerte impacto que provocaría en estas masas forestales, además de causar una mayor fragmentación sobre un paisaje que de por sí, ya se encuentra modificado por el hombre.

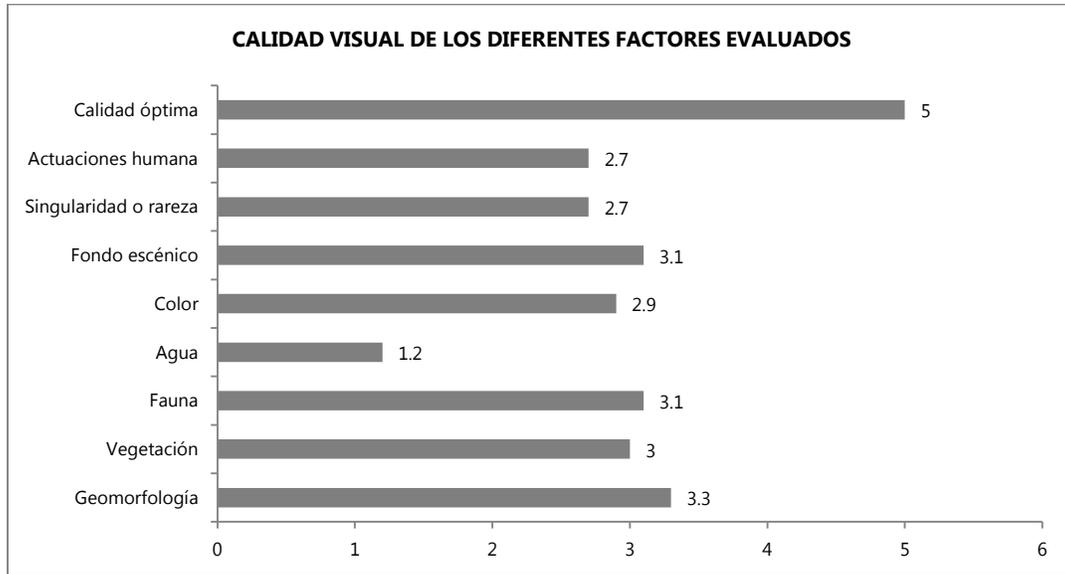


Imágenes panorámicas del sitio 4. Se observa un denso bosque de encino con árboles que pueden superar los seis metros de altura.



**Gráfica 36. Calidad del paisaje por sitio de evaluación**

De los ocho factores evaluados el agua fue el que tuvo la representación más baja con apenas 1.2 puntos en un máximo de 5. Por su parte la geomorfología presentó un valor promedio de 3.3 puntos en un máximo de 5, ubicándolo como el factor mejor representado en el paisaje. Respecto a las geofomas se pudo observar una gran variabilidad de relieves en el terreno, dando lugar a zonas montañosas, valles, cañadas, grandes peñascos y lomeríos entre otros. El factor agua, aunque tuvo una baja representación en los sitios de muestreo es fundamental aclarar que no hubo gran coincidencia de arroyos, ríos o cuerpos de agua en los sitios evaluados, sin embargo en un nivel espacial mayor (a nivel de SAR) es posible apreciar numerosos arroyos intermitentes y efímeros y algunos arroyos y ríos perennes, además de cuerpos de agua artificiales de dimensiones no muy grandes.



**Gráfica 37. Calidad visual por factor**



1. Represa de pequeñas dimensiones en las cercanías al eje del proyecto. 2. Río perenne hacia la parte final del trazo. 3. Río perenne en lecho rocoso que corre lateralmente (a unos cientos de metros) al trazo a la altura del pueblo de Omitlán de Juárez. 4. Arroyo perenne de montaña que cruza el eje del proyecto.



1. Al fondo se aprecia un relieve montañoso cubierto por una comunidad de bosque de oyamel. 2. Cañada donde surca un arroyo perenne. 3. Valle y peñascos en el pueblo de Omitlán de Juárez. 4. Amplio valle hacia la parte final del trazo.

En general, la situación actual del paisaje visual a nivel del eje del proyecto y zonas aledañas, muestra un paisaje fragmentado con diversos elementos de conservación y deterioro. A lo largo del proyecto, el eje cruza a través de zonas de origen antropogénico como son las tierras de cultivo, zonas urbanas y de asentamientos humanos dispersos, pastizales inducidos, terrenos desprovistos de vegetación y vegetación secundaria. En cuanto a elementos de orden natural, básicamente pasa por superficies forestales de bosque de encino y algunos pequeños fragmentos de bosque mixto de encino-oyamel.

Teóricamente la ejecución del proyecto traería consigo un vasto cumulo de problemas ambientales, que degradarían en forma considerable la calidad visual del paisaje, tanto por la dimensión en el ancho de la carretera, como por los cortes sobre terrenos en alta pendiente. Otro aspecto negativo, del cual se abundará más adelante, se refiere al detrimento en la funcionalidad del paisaje en términos del nivel de conectividad entre parches de ecosistemas conservados. En este sentido, es imprescindible revisar a fondo

la ruta propuesta para identificar nuevas alternativas que reduzcan en gran medida los impactos ambientales, y determinar por otro lado, la verdadera necesidad y viabilidad de una nueva carretera proyectada de forma casi paralela a la actual.

#### ***IV.2.4.2 Análisis espacial del paisaje a nivel de Sistema ambiental regional***

##### ***a) Metodología***

Para analizar el paisaje a nivel espacial en lo correspondiente al Sistema Ambiental Regional se llevó a cabo un procedimiento sobre la plataforma de ArcView 3.2 mediante el uso principal de la extensión Patch Analyst 3.1 (Rempel y col., 1999). Primeramente se generó el mosaico paisajístico para que a partir de él, se pudieran realizar diversos cálculos como la composición, índices de forma y el efecto de borde y áreas de hábitat interior.

##### **1. Mosaico paisajístico**

Para generar el mosaico paisajístico del SAR se empleó el método de fotointerpretación con base tres tipos de información: 1) imagen aérea en alta resolución (año 2014) extraída del programa Global Mapper 14.0; 2) carta de uso de suelo y vegetación del INEGI serie V; 3) información sobre el uso de suelo y tipos de vegetación tomada directamente en campo en distintos puntos del SAR, con mayor énfasis a lo largo de la línea del proyecto y zonas aledañas. El procedimiento se realizó en el programa ArcView 3.2, digitalizando los diferentes polígonos sobre la imagen aérea y clasificándolos según la información correspondiente.

##### **2. Índices de forma y composición del paisaje**

La composición del paisaje y los índices de forma se obtuvieron a partir del mosaico paisajístico mediante la extensión Patch Analyst 3.1. Para la composición general se obtuvieron: 1) el número de clases paisajísticas; 2) el total de parches a nivel de paisaje y por clase; 3) superficies por clase; 4) parches máximo, mínimo y medio. Los índices de forma fueron calculados en formato vectorial para estimar el nivel de complejidad del paisaje. El primer índice corresponde al Índice de Forma y se emplea para calcular la complejidad de la forma de los fragmentos al relacionarlos con una forma estándar que en este caso se refiere a un círculo (por tratarse de una forma simple). Este índice recibe un valor de 1 cuando las formas son muy cercanas o iguales a las de referencia y éste se incrementa conforme aumenta el nivel de complejidad de las formas. El segundo índice se refiere a la Dimensión Fractal, que permite cuantificar la complejidad de la matriz en lugar de los parches individuales. Los valores fractales van de 1 a 2. Los valores iguales o muy cercanos a 2 presentan formas muy complejas.

##### **3. Efecto de borde y áreas de hábitat interior**

Determinar la distancia correcta del efecto de borde es una tarea compleja que requiere estudios ecológicos de ciclos largos. No obstante la literatura indica que es posible plantear, para efectos del presente estudio, bordes con distancias que pueden ir de los 100 a los 300 metros hacia el interior de las zonas con vegetación conservada. El cálculo de éste automáticamente nos permite conocer la superficie de hábitat interior, es decir, aquellos hábitats que pueden ser utilizados por prácticamente toda la fauna silvestre, ya que el efecto de borde es muy variable según la especie de fauna de la que se trate, pues los requerimientos ecológicos entre especies suelen ser muy variables. Para el presente análisis se contempló un efecto de borde de 100 metros, lo cual, como se dijo antes, se puede conocer la superficie de hábitat interior y por ende los potenciales corredores o el nivel de conectividad en el paisaje, elementos clave para la conservación de la fauna silvestre.

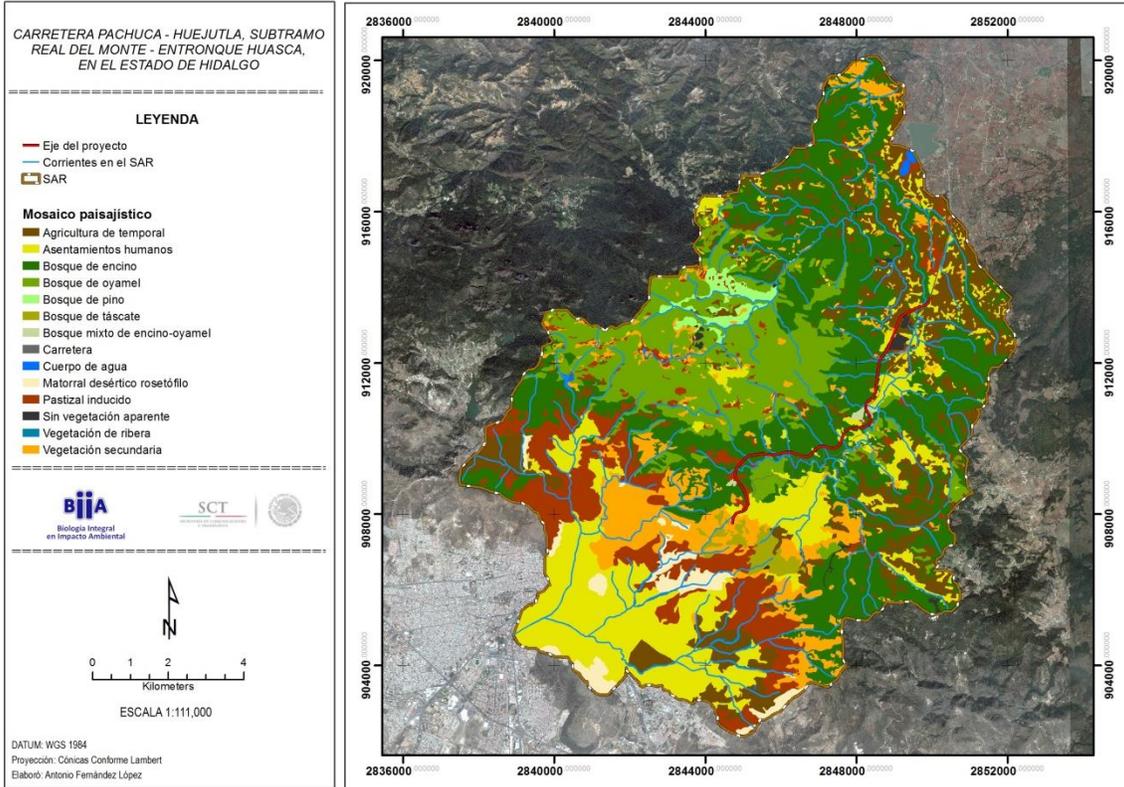
## **b) Resultados**

### 1. Mosaico paisajístico

Los resultados de la fotointerpretación indican que actualmente el Sistema Ambiental Regional (SAR) se compone de 14 clases paisajísticas entre elementos naturales y de origen antropogénico. Entre las clases de origen natural destacan, por su superficie que ocupan, el bosque de encino y el bosque de oyamel, mientras que las clases de origen antropogénico o que presentan un impacto considerable por efecto del hombre, se pueden mencionar el pastizal inducido, la agricultura de temporal y los asentamientos humanos. A continuación se describen brevemente las diferentes clases del paisaje identificadas para el SAR:

- **Bosque de encino.** Vegetación mejor representada en el SAR y compuesta de diversas especies del género *Quercus*. Se observaron comunidades de bosque de encino con diferentes alturas, desde árboles de cinco o seis metros, hasta árboles que pueden superar los 10 metros de altura.
- **Bosque mixto de encino-oyamel.** Comunidad vegetal compuesta mayormente por árboles de encino mezclados con árboles de oyamel. Su representatividad es baja en el SAR.
- **Bosque de oyamel.** Tipo de vegetación bien representada con áreas en buen estado de conservación. La especie dominante corresponde a *Abies religiosa*.
- **Bosque de pino.** Superficies compuestas principalmente por árboles del género *Pinus*.
- **Bosque de táscate.** Bosque representado por la especie *Juniperus deppeana*.
- **Matorral desértico rosetófilo.** Áreas ubicadas hacia la parte sur del SAR donde dominan las plantas con un crecimiento en forma de roseta como los agaves y las yucas.
- **Vegetación de ribera.** Aunque hay numerosas corrientes de agua, esta vegetación se observa mejor representada en las márgenes de ríos hacia la parte sur del SAR.
- **Vegetación secundaria.** Áreas perturbadas con crecimiento de vegetación de tipo secundario, donde originalmente se desarrollaban principalmente bosques de encino, bosques de táscate y matorral desértico rosetófilo.
- **Pastizal inducido.** Zonas ampliamente abiertas por efecto de desmonte para fines de pastoreo o aprovechamiento de recursos forestales.
- **Agricultura de temporal.** Tierras ocupadas para fines de producción agrícola de temporal.
- **Cuerpo de agua.** Pequeñas zonas artificiales que son alimentadas por algunas corrientes de agua y tienen como principal uso, el abasto de agua para el ganado.
- **Sin vegetación aparente.** Zonas aparentemente desprovistas de vegetación.
- **Asentamientos humanos.** Áreas ocupadas por el hombre y corresponden a zonas urbanizadas como caseríos dispersos.
- **Carretera.** Corresponde a la carretera principal que va de Pachuca a Huasca y se encuentra casi en forma paralela al eje del proyecto.

La localización espacial de las diferentes clases paisajísticas antes mencionadas se pueden observar en el siguiente mapa que corresponde al mosaico paisajístico. Obsérvese el alto nivel de fragmentación, aunque es posible apreciar aún, amplias zonas de vegetación forestal, principalmente representadas por bosque de encino y bosque de oyamel.



**Imagen 40. Mosaico paisajístico a nivel del SAR**

El mosaico paisajístico está compuesto por un total de 1,184 parches distribuidos en 14 clases paisajísticas. Este alto número de polígonos demuestra un elevado nivel de fragmentación que se relaciona estrechamente con la mala gestión de las tierras que ha tenido el hombre a través del tiempo. Las clases pastizal inducido, agricultura de temporal y asentamientos humanos se componen por más de 230 parches cada uno, de dimensiones muy variadas, siendo estas las clases del paisaje que mayormente fragmentan los ecosistemas naturales. Por ejemplo, se pueden apreciar parches que presentan solo algunas decenas de metros cuadrados, hasta parches de superficies superiores a las 1000 hectáreas.

De las clases paisajísticas compuestas por ecosistemas naturales, el bosque de encino es el más fragmentado con un total de 98 polígonos, aunque también se trata de la clase mejor representada en el SAR con 4,452.9 hectáreas, seguido por el bosque de oyamel con 47 fragmentos que cubren una superficie de 2,193 hectáreas. Las clases de vegetación natural menos representativas corresponden al bosque de encino-oyamel, al bosque de pino, al bosque de táscate y vegetación de ribera.

En la siguiente tabla se muestran las 14 clases del paisaje con su respectivo número de parches que las componen, la superficie que ocupan, así como los tamaños de parche máximos, mínimos y medios.

**Tabla 32. Clases del paisaje con su respectivo número de parches**

Clases paisajísticas	No. Parches	Área (Has)	Tamaño máximo de parche (Has)	Tamaño mínimo de parche (Has)	Tamaño medio de parche (Has)
Bosque de encino	98	4452.914	2549.511	< 0.001	45.438
Bosque mixto de encino-oyamel	3	17.903	10.479	3.622	5.968
Bosque de oyamel	47	2193.060	1693.647	0.538	46.661

Bosque de pino	5	160.613	94.005	4.962	32.123
Bosque de táscate	3	144.927	96.071	20.656	48.309
Matorral desértico rosetófilo	13	302.407	83.782	1.769	23.262
Vegetación de ribera	7	38.776	7.560	3.704	5.539
Vegetación secundaria	198	1301.512	519.061	0.025	6.573
Pastizal inducido	297	1552.627	482.157	0.053	5.228
Agricultura de temporal	235	1918.795	230.149	0.013	8.165
Cuerpo de agua	15	30.130	15.727	0.098	2.009
Sin vegetación aparente	16	57.659	17.290	0.206	3.604
Asentamientos humanos	246	2437.314	1403.382	< 0.001	9.908
Carretera	1	21.588	21.588	21.588	21.588

## 2. Complejidad paisajística

La complejidad del paisaje representado por el SAR, se puede entender a partir del Índice de Forma y la Dimensión Fractal. De acuerdo a los resultados obtenidos el Índice de Forma (MSI) muestra valores marcadamente variables entre algunas clases del paisaje. La clase Carretera por ejemplo, obtuvo el valor más alto con 16.8 puntos indicando que se trata de un polígono altamente complejo, es decir, extremadamente alejado de la forma circular. Estos valores suelen observarse en la naturaleza en lo correspondiente a ríos y arroyos muy sinuosos, y dado que la carretera principal pasa por zonas montañosas la sinuosidad es considerablemente alta. El segundo valor más alto para el MSI corresponde justamente a los polígonos de vegetación de ribera por presentar formas serpenteantes. Para el resto de clases paisajísticas los valores del MSI resultan inferiores a 3 puntos, de hecho mucha de las clases presentan valores inferiores a uno, lo cual sugiere una forma más simple en sus fragmentos.

**Tabla 33. Índice de Forma y la Dimensión Fractal**

Clase	Índice de Forma (MSI)	Dimensión Fractal (AWMPFD)
Bosque de encino	2.3495	<b>1.448</b>
Bosque mixto de encino-oyamel	1.7356	1.341
Bosque de oyamel	2.1121	1.400
Bosque de pino	2.7342	1.383
Bosque de táscate	2.8487	1.329
Matorral desértico rosetófilo	1.7717	1.305
Vegetación de ribera	<b>3.3729</b>	<b>1.453</b>
Vegetación secundaria	1.9616	1.380
Pastizal inducido	1.7117	1.361
Agricultura de temporal	1.8830	1.380
Cuerpo de agua	1.2868	1.305
Sin vegetación aparente	1.8481	1.357
Asentamientos humanos	1.7952	1.337
Carretera	<b>16.8878</b>	<b>1.666</b>

Por su parte, los resultados obtenidos de la Dimensión Fractal muestran a tres clases como las más destacadas al obtener los valores más altos. Las clases Carretera y Vegetación Ribereña coinciden con la posición que ocupan en el Índice de Forma, sustentando así el alto nivel de complejidad de estas clases. También el bosque de encino resalta como una de las clases más complejas por efecto de la deforestación para fines agrícolas, de pastoreo y para establecimiento de viviendas. Las clases restantes muestran valores fractales de 1.4 o inferiores, es decir, la complejidad de sus fragmentos son relativamente moderados.

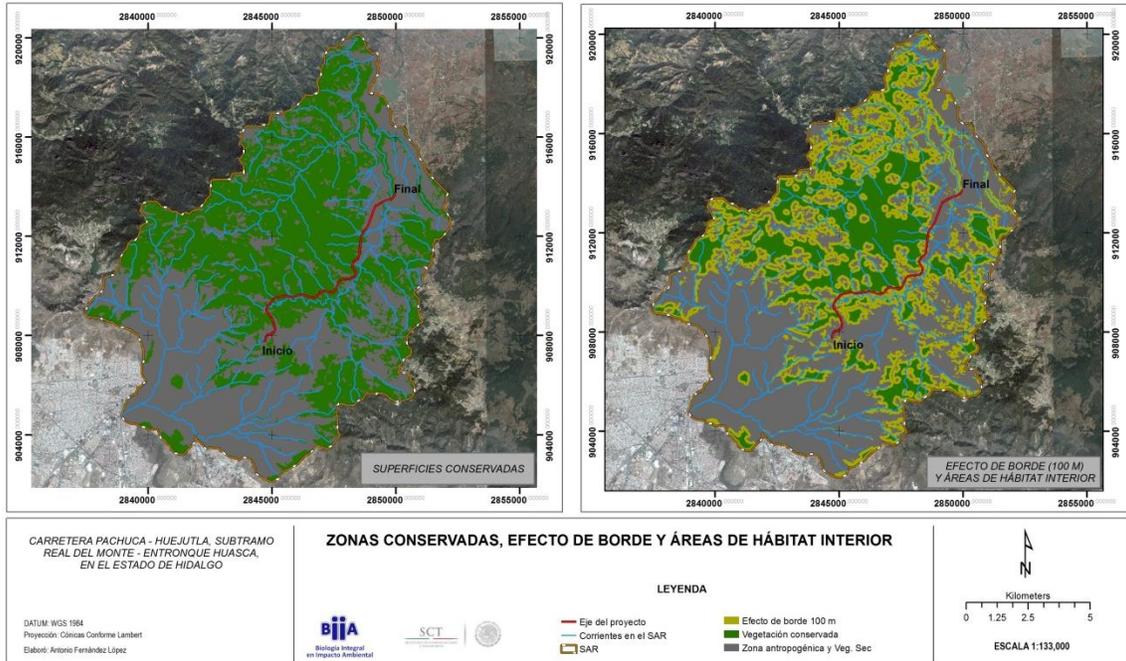
Por otro lado las clases Pastizal inducido, Agricultura de temporal y Asentamientos humanos, se ubicaron entre los valores más bajos tanto para el Índice de forma como para la Dimensión fractal, es decir, la complejidad en las formas de los fragmentos es relativamente baja debido a que el cambio en el uso del suelo regularmente se realiza desmontando en líneas rectas o de baja sinuosidad.

En general se puede describir al SAR como un paisaje alterado de manera importante con una variable complejidad en sus fragmentos, mismos que dejan ver la mala gestión que se le ha dado al suelo por parte de los habitantes y tomadores de decisiones. Sin embargo, aún existen superficies forestales de proporciones aceptables que merecen no solamente ser protegidas, sino manejadas de manera correcta para recuperar áreas actualmente alteradas, aparentemente en desuso.

### 3. Efecto de borde y áreas de hábitat interior

Actualmente se estima una superficie de vegetación forestal conservada a nivel del SAR de 7,340.7 hectáreas, cubriendo básicamente el 50% del área total del SAR. De esta superficie, por el nivel de fragmentación, la configuración de los fragmentos y la forma de los mismos, se estima una superficie de hábitat interior de 2,676.03 hectáreas, en otras palabras, únicamente el 36.4% de las áreas conservadas presentan, teóricamente, las condiciones ideales para el establecimiento y desarrollo de la fauna silvestre. Esta superficie de hábitat interior se obtiene al realizar un buffer hacia el interior de las áreas conservadas en una distancia de 100 metros, que corresponden a 4,464.6 hectáreas de vegetación conservada, pero que al estar expuesta hacia los bordes, presentan características ambientales lo suficientemente distintas como para no permitir el uso de estas, por especies de baja tolerancia a los cambios ambientales.

Este efecto de borde resulta un problema para algunas especies de fauna silvestre, al inducir (por cambios en el ambiente) la dispersión de sus poblaciones hacia áreas de interior, ya que pueden provocar la competencia por recursos, y por defecto una inestabilidad temporal en la condición ecológica de ciertas poblaciones. Es fundamental entender que la reducción de hábitat de interior se debe básicamente por la forma en que se ha deforestado. En muchos de los casos la vegetación forestal se observa a manera de fragmentos alargados de una anchura inferior a 200 metros, esto hace evidentemente, que al considerar un efecto de borde de 100 metros, no quede ninguna superficie de hábitat interior. Sin embargo, incluso esta superficie de borde es fundamental para muchas especies que no presentan nichos ecológicos tan estrechos y pueden soportar variaciones considerables o moderadas en los cambios ambientales.



**Imagen 41. Zonas conservadas, efecto de borde y hábitat interior**

Otra cuestión fundamental en el análisis espacial del paisaje, es la conectividad entre parches de hábitats adecuados (ecosistemas conservados). En el mapa anterior (mapa de la izquierda) se observa la disposición de las áreas conservadas (color verde) donde destaca un importante nivel de conectividad de tipo continuo en casi toda la superficie, que en teoría permite el flujo de todos los grupos de fauna silvestre. También se pueden observar fragmentos de dimensiones variadas que se encuentran dispersos en el paisaje o que se encuentran divididos por la actual carretera que conduce de Pachuca a Huasca, Hidalgo. El problema de aquellos fragmentos que se encuentran separados por carreteras o por grandes distancias de tierras de cultivo y asentamientos humanos, es que no todos los grupos de fauna silvestre tienen la capacidad de desplazamiento a través de estas zonas inhóspitas. Las aves por ejemplo no tienen problemas para ir de fragmento en fragmento por su capacidad de vuelo, a este tipo de conectividad se le llama "Trampolín" y algunos mamíferos terrestres medianos y grandes pueden incluso tolerar ciertos niveles de fragmentación. El problema radica cuando los fragmentos son separados por carreteras, ya que la tasa de mortalidad por atropellamiento o impacto automovilístico es muy alta para la fauna silvestre que intenta cruzar las carreteras.

En el mismo mapa anterior del lado derecho, se aprecia como al sobreponer la superficie de efecto de borde, el nivel de conectividad se reduce considerablemente, dejando paso a numerosos fragmentos en donde la única conectividad es de tipo trampolín, y evidentemente frenando el flujo de muchas especies de fauna terrestres de talla pequeña. También se observa claramente que las áreas donde se forman pequeños corredores o conectividad continua, se estrechan considerablemente.

Evidentemente si el proyecto fuera aprobado el nivel de fragmentación sería aún mayor y la conectividad entre algunos fragmentos tendría un detrimento considerable. Ecológicamente los parches de superficies muy pequeñas (que pueden ser aquellos que quedarán aislados entre la actual y la carretera propuesta) experimentarían cambios ambientales desfavorables y la extinción local de aquellas especies menos tolerantes.

Básicamente se pueden comentar dos estrategias en el manejo del paisaje con fines positivos, la primera corresponde a la conservación de áreas prioritarias en términos del alto nivel de conectividad continua que presentan; y la segunda consiste en la recuperación de hábitats de zonas contiguas que presentan vegetación secundaria y pastizales inducidos en desuso. Esto sin duda crearía a mediano y largo plazos una mayor superficie de hábitats adecuados para la fauna silvestre, además de proveer a las poblaciones humanas numerosos bienes y servicios ambientales.

#### **IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

En términos generales, el diagnóstico ambiental se puede definir como: **“un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito territorial local”**. A este respecto, todo diagnóstico ambiental debe proyectarse hacia propuestas que conduzcan a la protección y rehabilitación de los recursos naturales, generando compatibilidad sustentable con el desarrollo económico y social de una región dada.

Actualmente, la situación ambiental en México es un tema que involucra a toda la sociedad desde el punto de vista consumidor del hombre y por su amplia contribución en el deterioro de la naturaleza. A pesar de ello, algunas instituciones, investigadores o ciudadanos en particular, han tomado cartas en el asunto para trabajar en la reversión, reducción o mejoramiento de los ecosistemas y el ambiente en general. No obstante el reto es enorme y el trabajo debe visualizarse a largo plazo (CONABIO-PNUD, 2009).

Entre los principales problemas que ha dejado la mala gestión de las tierras se pueden citar los siguientes:

1. Pérdida de la diversidad biológica
2. Fragmentación y pérdida de hábitats
3. Incremento en los niveles de erosión (principalmente hídrica)
4. Problemas de desertificación
5. Alteración de los caudales y riberas de arroyos y ríos
6. Contaminación de las aguas superficiales y freáticas
7. Contaminación del aire y los suelos

A este respecto, con la finalidad de estimar desde diferentes perspectivas las condiciones ambientales en que se encuentra el área de estudio, se plantearon cuatro metodologías complementarias a diferentes escalas espaciales.

1. Ponderación de factores ambientales en campo
2. Situación de la erosión hídrica actual en el SAR
3. Estimación del estado de conservación ecológica en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en corrientes que cruzan el eje del proyecto
4. Análisis cartográfico del SAR y proporción de cambio

#### IV.4.1 Ponderación de factores ambientales en campo

Con fines de estimar la calidad ambiental de forma directa en campo, se desarrolló una metodología basada en la ponderación de ocho factores ampliamente representativos del entorno inmediato (geoformas, suelo, calidad del agua, cubierta vegetal, naturalidad de la vegetación, hábitats para la fauna silvestre, diversidad biológica observable y evidencia de penetración antrópica). Para este efecto, y previo a la visita de campo, se desarrolló una matriz de evaluación con motivos de practicidad y como guía durante la evaluación de los factores.

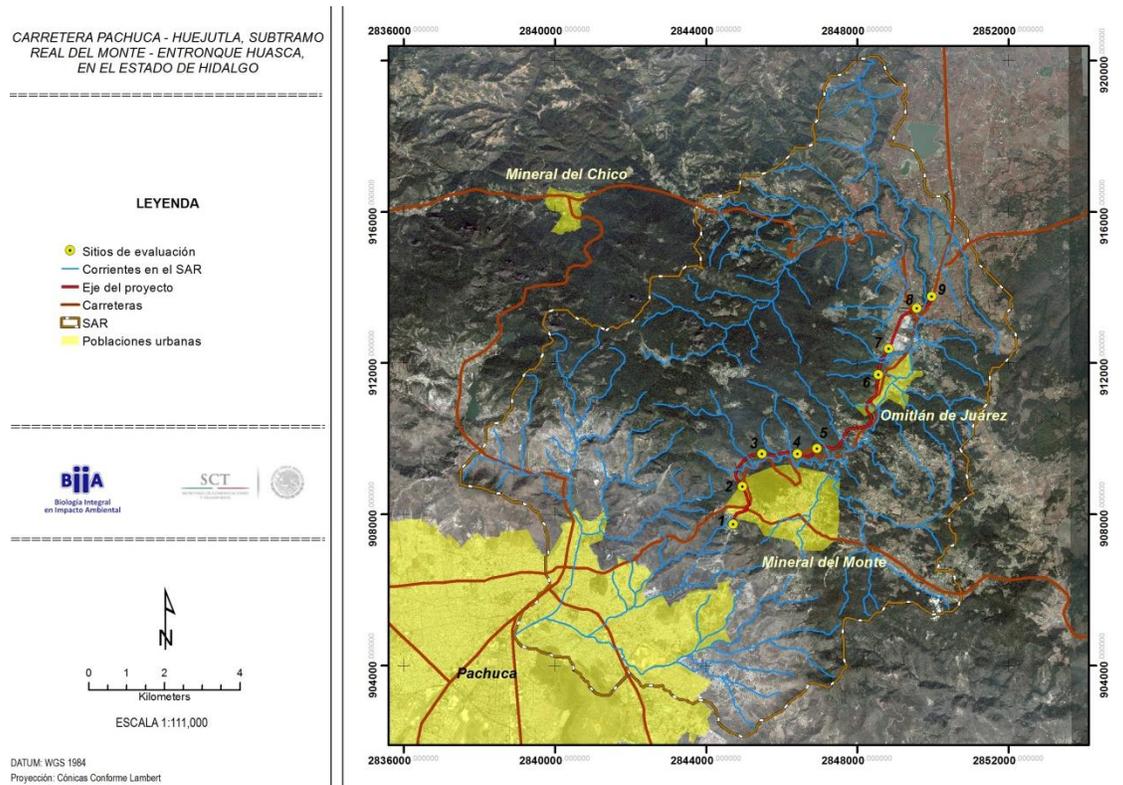
Básicamente la matriz está compuesta por los ocho factores ambientales, donde cada uno de ellos muestra cinco posibilidades de calidad ambiental tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. Asimismo, cada factor presenta una serie de calificativos o elementos a tomar en cuenta durante la evaluación.

**Tabla 34. Matriz para ponderación de factores en campo**

Factor ambiental/social/antrópico	Nivel de calidad	Calificación
Geoformas (Evaluar cortes en el terreno, terraplenes, extracción de material, etc.)	Original	5
	Escasamente modificadas	4
	Moderadamente modificadas	3
	Altamente modificadas	2
	Totalmente modificada	1
Suelo (Buscar evidencias de erosión laminar, surcos, cárcavas, suelos desnudos por efecto del hombre, pastoreo, etc.)	Sin erosión aparente	5
	Escasa erosión	4
	Moderadamente erosionado	3
	Altamente erosionado	2
	Extremadamente erosionado	1
Calidad del agua (De no existir cuerpos o corrientes de agua se evalúan posibles elementos que pudieran contaminar las aguas superficiales o subterráneas en época de lluvias)	Sin contaminación aparente	5
	Ligera contaminación	4
	Moderada contaminación	3
	Alta contaminación	2
	Extrema contaminación	1
Cubierta vegetal (Los valores de cobertura cambian en ecosistemas áridos)	Mayor al 100 %	5
	75 - 100 %	4
	50 - 75 %	3
	25 - 50 %	2
	Menor al 25 %	1
Naturalidad de la vegetación (Se puede catalogar una zona desmontada como antinatural)	Vegetación original	5
	Domina la vegetación natural sobre la secundaria	4
	Igual vegetación natural que la secundaria	3
	Domina la vegetación secundaria sobre la natural	2
	Solo vegetación secundaria	1
Hábitats para la fauna silvestre (Analizar el estado de conservación en que se encuentran las comunidades vegetales como estructura, composición, configuración, etc., además de elementos abióticos como cursos y cuerpos de agua, cañadas y potenciales refugios)	Potencial muy alto	5
	Potencial alto	4
	Potencial medio	3
	Potencial bajo	2
	Potencial muy bajo	1
Diversidad biológica observable (De acuerdo al tipo de ecosistema se evaluará en función de lo observable en términos de la cantidad de especies de flora, fauna y otros grupos biológicos)	Alta diversidad	5
	Moderada diversidad	4
	Baja diversidad	3
	Muy baja diversidad	2
	Diversidad casi o aparentemente nula	1

Evidencia de penetración antrópica (Asentamientos humanos, caminos, brechas, basura, actividades de aprovechamiento de recursos naturales, agricultura, pastoreo, etc.)	Nula	5
	Escasa	4
	Media	3
	Alta	2
	Muy alta	1

Por la longitud del trazo, se definieron nueve sitios de evaluación distribuidos aleatoriamente, llevando a cabo la evaluación dentro de un radio promedio de 200 metros desde el punto de ubicación del ponderador, distancia adecuada en términos de la visibilidad del entorno. El procedimiento básico de evaluación consistió en identificar las condiciones visuales de cada uno de los factores ambientales con apoyo de la matriz de evaluación. Adicionalmente se tomaron algunas fotografías para un análisis más profundo en gabinete.



**Imagen 42. Ubicación de sitios de muestreo para diagnóstico ambiental**

Es importante hacer hincapié en que se mantuvo un amplio nivel de objetividad durante las evaluaciones y que dicho procedimiento lo llevó a cabo un grupo de especialistas de carácter multidisciplinario.

De acuerdo a los factores manejados, se generó una tabla de calidad ambiental con un rango de cinco niveles. De esta manera, los resultados finales son presentados cualitativa o cuantitativamente según dicha escala, tanto para los sitios de muestreo como para el área del proyecto en su totalidad.

**Tabla 35. Calidad ambiental**

Calidad ambiental	Rango de valores
Muy alta	33.7 -- 40

Alta	27.3 -- 33.6
Media	20.9 -- 27.2
Baja	14.5 -- 20.8
Muy baja	8 -- 14.4

▪ **Resultados**

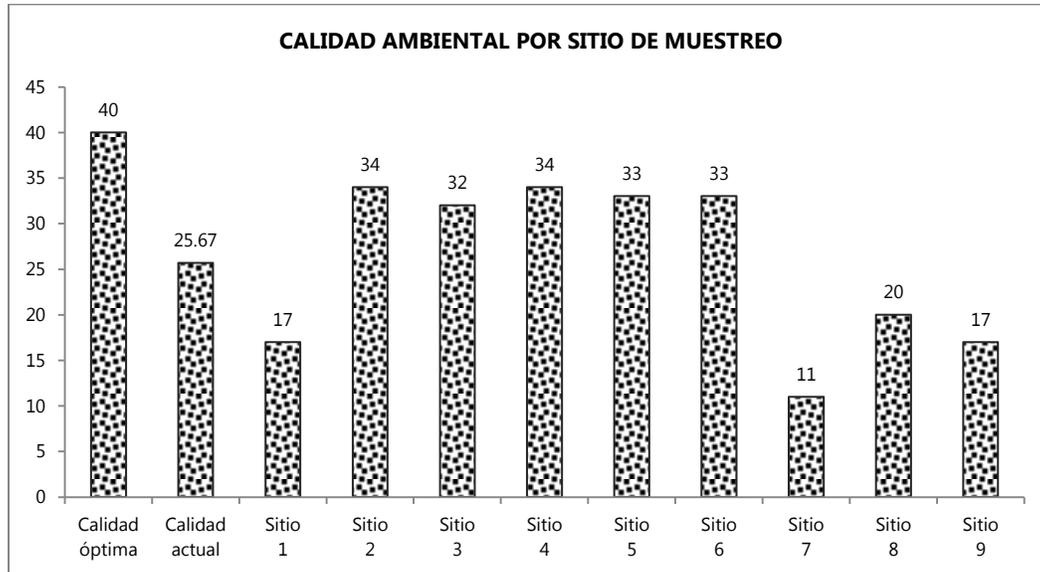
De acuerdo con el valor promedio obtenido del análisis en campo, la condición ambiental para toda la zona del eje del proyecto se estima en 25.67 puntos, equivalentes a una calidad ambiental media, de hecho con cierta tendencia hacia una calidad media-alta. Siendo más precisos, se identifican distintos valores ambientales a lo largo del trazo, es decir, se pueden observar zonas de muy baja calidad, que alcanzan valores de 11 puntos, hasta zonas ampliamente conservadas que se encuentran ubicadas en el rango más alto de calidad ambiental según la escala planteada.

Tabla 36. Calidad ambiental por factor y sitio de muestreo

Factor	Sitios									Calidad ambiental por factor
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	
Geoformas	2	5	5	5	4	4	2	3	2	3.6
Suelo	2	4	4	4	4	4	1	4	3	3.3
Calidad del agua	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3.6
Cubierta vegetal	2	5	5	5	5	5	1	1	1	3.3
Naturalidad de la vegetación	2	4	4	4	4	4	1	2	2	3.0
Hábitats para la fauna silvestre	2	4	3	4	4	4	1	2	2	2.9
Diversidad biológica observable	2	4	4	4	4	4	1	3	2	3.1
Evidencia de penetración antrópica	2	4	3	4	4	4	1	2	2	2.9
Calidad ambiental por sitio de muestreo	17	34	32	34	33	33	11	20	17	<b>CA total: 25.67</b>

De los nueve sitios evaluados llama la atención que cinco de ellos presentan valores elevados, ubicándose en los rangos alto y muy alto de la escala de calidad ambiental. Entre los sitios que sobresalen por sus valores extremos están el 2, el 4 y el 7. El sitio 7 por ejemplo, tuvo el valor más bajo con apenas 11 puntos de un máximo de 40, mientras que en contraste los sitios 2 y 4 presentan valores de 34 puntos en una escala máxima de 40 puntos. Para los sitios restantes los valores oscilan entre los 17 y 33 puntos.

Estos resultados demuestran como existe una importante variabilidad en las condiciones ambientales a lo largo del eje del proyecto. Los valores obtenidos para cada uno de los sitios de muestreo se muestran en la siguiente gráfica comparativa junto con los valores de calidad actual promedio y la calidad óptima.



**Gráfica 38. Calidad ambiental por sitio de muestreo**

En términos descriptivos, los sitios 2 y 4 en relación al sitio 7, presentan características muy diferentes en sus elementos compositivos actuales. El sitio 7 por ejemplo, no solo es una de las zonas más modificadas a nivel de la longitud total del proyecto, sino además presenta problemas de erosión muy complicados, de manera que se pierde una gran cantidad de material edáfico durante la época de lluvias. Este hecho es evidente al observar las enormes cárcavas que se han formado a través del tiempo, que en algunos casos tienen profundidades de varios metros. En las siguientes imágenes se observa un panorama general de las condiciones actuales del sitio 7; se puede apreciar como las cárcavas son un problema que salta a la vista, y que evidentemente es precisa la intervención del hombre para corregir esta situación.

Una de las principales actividades que permiten la estabilización de cárcavas es la revegetación estratégica, iniciando con especies herbáceas de capacidad pionera y puedan cubrir con relativa rapidez el suelo desnudo, para posteriormente realizar una siembra de arbustos y árboles propios de la región, mediante una estructura, composición y configuración similar a la obtenida en los muestreo de flora de esta MIA-R. De ser aprobado el presente proyecto debe ser una de las principales medidas de compensación, la estabilización de las cárcavas.



Imágenes que ejemplifican parte de las condiciones adversas y altamente modificadas del sitio 7, mismo que obtuvo el menor puntaje (11) según la evaluación en campo.

En las imágenes se aprecian problemas importantes de erosión (cárcavas) por efecto de la ausencia total o casi total de la vegetación. También se aprecian a lo lejos, algunos cerros parcialmente deforestados, además de viviendas y todo el impacto que implica la presencia del hombre, como la generación de basura, la creación de vías de comunicación, el pastoreo, la agricultura, etc.

Por otro lado, los sitios 2 y 4 presentan características completamente distintas al sitio 7, antes mencionado. Estos muestran coberturas en su vegetación arbórea superior al 100%, con árboles de distintas tallas y edades, lo que sugiere una renovación natural del bosque. También es posible identificar por lo menos tres estratos bien diferenciados compuestos por herbáceas, arbustos y árboles, permitiendo la presencia de una importante diversidad biológica, no solamente de flora vascular, sino de otros grupos biológicos como hongos, líquenes, musgos y numerosas especies de fauna silvestre, tanto de invertebrados como vertebrados terrestres.



Imágenes panorámicas del sitio 2. Obsérvese el alto nivel de conservación que presentan estos bosques de encino. La cobertura y composición del bosque, son algunas características indicativas del estado ambiental de la zona. Aquí la cobertura supera fácilmente el 100%, mientras que la composición es relativamente amplia al tratarse de un bosque templado, no obstante se aprecian los diferentes estratos de la vegetación desde el herbáceo hasta el arbóreo. También se puede ver en las imágenes una capa importante de hojarasca, que funge como control de la escorrentía, además del reciclaje y generación de nutrientes del bosque.



Imágenes panorámicas del sitio 4. En este grupo de imágenes se puede observar un bosque de encino conservado con una cobertura superior al 100% y una composición en sus especies vegetales que permite apreciar con claridad los estratos herbáceos, arbustivos y arbóreo.

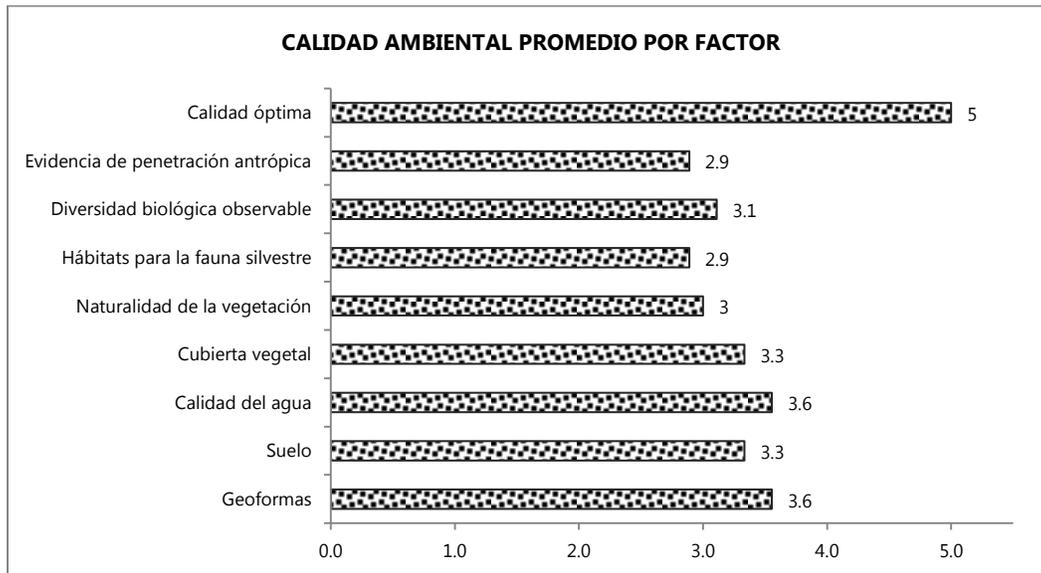
Un hecho interesante es que no hubo grandes diferencias entre los valores promedio obtenidos para cada uno de los factores ambientales. Los factores con menor puntaje fueron la evidencia de penetración antrópica y los hábitats para la fauna silvestre con un puntaje de 2.9 para cada uno de ellos, mientras que los factores con el mayor puntaje corresponden a la calidad del agua y las geoformas con un puntaje de 3.6 en un máximo de 5 puntos. En otras palabras, se pueden catalogar los valores como medios y altos según la escala máxima de 5 puntos. Estos resultados sugieren un nivel de conservación aceptable, donde importantes superficies de bosques templados se han podido mantener a través del tiempo, a pesar del uso poco racional que los pobladores y tomadores de decisiones le han dado a las tierras.

De los factores más representativos, como ya se mencionó, se encuentran las geoformas y la calidad del agua. La primera no ha sufrido cambios tan severos porque la mayor parte del trazo presenta relieves pronunciados, de manera que se forman un sistema interesante de serranías que no resultan tan atractivas para el aprovechamiento humano.

El caso del factor agua sobresale porque a lo largo del trazo se pueden observar numerosos arroyos de montaña de aguas limpias de tipo efímero y otros que se han mantenido permanentes o semi-

permanentes gracias a la densa cubierta vegetal de los bosques templados de la zona (encino y oyamel) que regulan los ciclos hidrológicos de la región, ofreciendo agua en cantidad y calidad. Básicamente la mayoría de estos arroyos no presentan fuentes importantes de contaminación orgánica, excepto el río principal que sufre una fuerte contaminación por efecto de las descargas de aguas residuales.

Los factores restantes presentan valores ligeramente inferiores y se pueden apreciar comparativamente en la siguiente gráfica.



**Gráfica 39. Calidad ambiental promedio por factor**

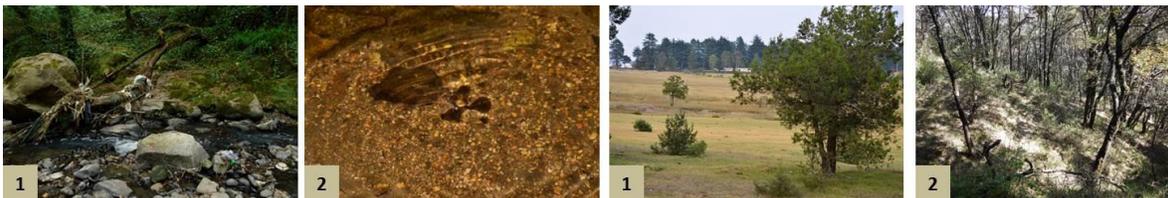
En las siguientes imágenes se ejemplifica el contraste que es posible observar sobre los ocho factores ambientales evaluados a lo largo del eje del proyecto.



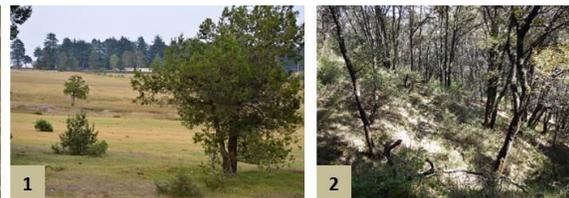
**Geoformas:** 1) Daño permanente sobre las geoformas al inicio del trazo; 2) Geoformas en estado inalterado.



**Suelo:** 1) Problemas severos de erosión de los suelos; 2) Capa gruesa de hojarasca que promueve la infiltración del agua al subsuelo.



**Agua:** 1) Río principal en la parte final del trazo con un nivel importante de contaminación orgánica y basura; 2) Arroyo de montaña de aguas limpias.



**Cubierta vegetal:** 1) Zona ampliamente abierta para pastizales inducidos; 2) Bosque denso de encino.



1



2

**Naturalidad de la vegetación:** 1) Zona reforestada con árboles de pino; 2) Vegetación primaria de bosque de oyamel y bosque de encino.



1



2

**Hábitats para la fauna silvestre:** 1) Sitio sin hábitats para la fauna silvestre; 2) Numerosos hábitats para la fauna silvestre.



1



2

**Evidencia de penetración antrópica:** 1) Población urbana en las cercanías al eje del proyecto; 2) Zona sin presencia del hombre.



1



2

**Diversidad biológica observable:** 1) Sitio con nula presencia de vida silvestre; 2) Ejemplo de algunos cm<sup>2</sup> con presencia de líquenes, musgos y un anfibio.

#### IV.4.2 Condición actual de la erosión hídrica

Para estimar los niveles de erosión dentro del área de estudio, se aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) sobre la plataforma de ArcView 3.2. Esta fórmula ha demostrado ser una herramienta versátil y útil para calcular la pérdida de material edáfico por efectos hídricos, y es aplicable a superficies relativamente grandes (Lianes, 2008). De hecho la EUPS es una de las más utilizadas a nivel mundial por su practicidad y los resultados aceptables que ofrece para fines de gestión de las tierras. Para el caso actual, se realizó el procedimiento a escala del SAR, aunque el análisis de los resultados tendrá mayor peso sobre la zona del trazo. La edición del mapa final de erosión hídrica fue realizada con el programa ArcMap 10.1.

La información básica, los programas y extensiones utilizadas para el desarrollo de la presente metodología se indican a continuación:

##### Programas

- ❖ ArcView 3.2
- ❖ ArcMap 10.1
- ❖ Global Mapper 14.0

##### Extensiones

- ❖ 3D Analyst
- ❖ Geoprocessing
- ❖ Spatial Analyst
- ❖ Create Thiessen
- ❖ XTools

##### Capas de información básicas

- ❖ Curvas de nivel obtenidas en el programa Global Mapper 14.0 (5 metros).
- ❖ Carta de uso de suelo y vegetación obtenida por proceso de fotointerpretación.
- ❖ Carta edafológica de INEGI (1:1 000 000).

- ❖ Capa de precipitación: la capa de precipitación se elaboró mediante la técnica de Polígonos de Thiessen a partir de la información de siete estaciones meteorológicas de influencia para el SAR. Los valores de precipitación fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.

**Tabla 37. Estaciones meteorológicas de influencia para el SAR**

Estaciones meteorológicas de influencia (SMN)	Precipitación media anual (mm)
Atotonilco, Hidalgo	787.3
Mineral del Chico, Hidalgo	1,148.9
Mineral del Monte, Hidalgo	796.7
Omitlán, Omitlán de Juárez	989.3
Pachuca, Hidalgo	411.9
Presa El Girón	430.4
Real del Monte	870.7

En términos generales, se puede definir a la EUPS como el resultado de multiplicar los factores **R** (Erosividad de la lluvia), **K** (Erodabilidad del suelo), **LS** (factor topográfico o de longitud y el grado de su pendiente), y **C** (Manejo de la cubierta vegetal o uso de suelo y vegetación). El planteamiento metodológico básico para obtener los distintos factores se explica a continuación:

$$E = R * K * LS * C$$

Dónde:

- E= Erosión hídrica
- R= Erosividad de la lluvia
- K= Erodabilidad del suelo
- LS= Factor topográfico o de longitud y el grado de su pendiente
- C= Manejo de la cubierta vegetal o uso de suelo y vegetación

#### Factor R

El factor R es calculado a través de una de las 13 ecuaciones según la regionalización nacional (Cortés, 1991). En este caso la ecuación que aplica para la región del SAR es la siguiente:

$$R = 1.2078P + 0.002276P^2$$

Dónde:

- R= Erosividad de la lluvia
- P= Precipitación media anual (Servicio Meteorológico Nacional)

#### Factor K

Se obtuvo a partir de una tabla de valores definidos por FAO (1980), la cual considera el tipo de suelo y su textura.

#### Factor C

La capa del factor C se obtuvo a través de la aplicación de una tabla de valores propuesta por Renard y col., (1997), a la capa de uso de suelo y vegetación obtenida mediante el método de fotointerpretación.

#### Factor LS

Para obtener el factor topográfico o de longitud y grado de la pendiente se aplicó la siguiente ecuación:

Dónde:

$$LS = (L/22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

LS= Factor topográfico o de longitud y grado de su pendiente

L= Longitud de la pendiente en proyección horizontal

m= Valores en función de la pendiente del terreno

s= Pendiente del terreno en %

Valor de exponente m	Pendiente del terreno
0.5	>5
0.4	3-5
0.2	<3

Ya obtenidos todos los factores simplemente se procede a multiplicarlos para conocer la pérdida de suelo actual estimada. Una erosión ligera o menor a 10 ton/ha/año se puede considerar como un nivel de erosión normal o dentro de los estándares aceptados. Los rangos de erosión planteados para la EUPS se muestran en la siguiente tabla y están dados en ton/ha/año.

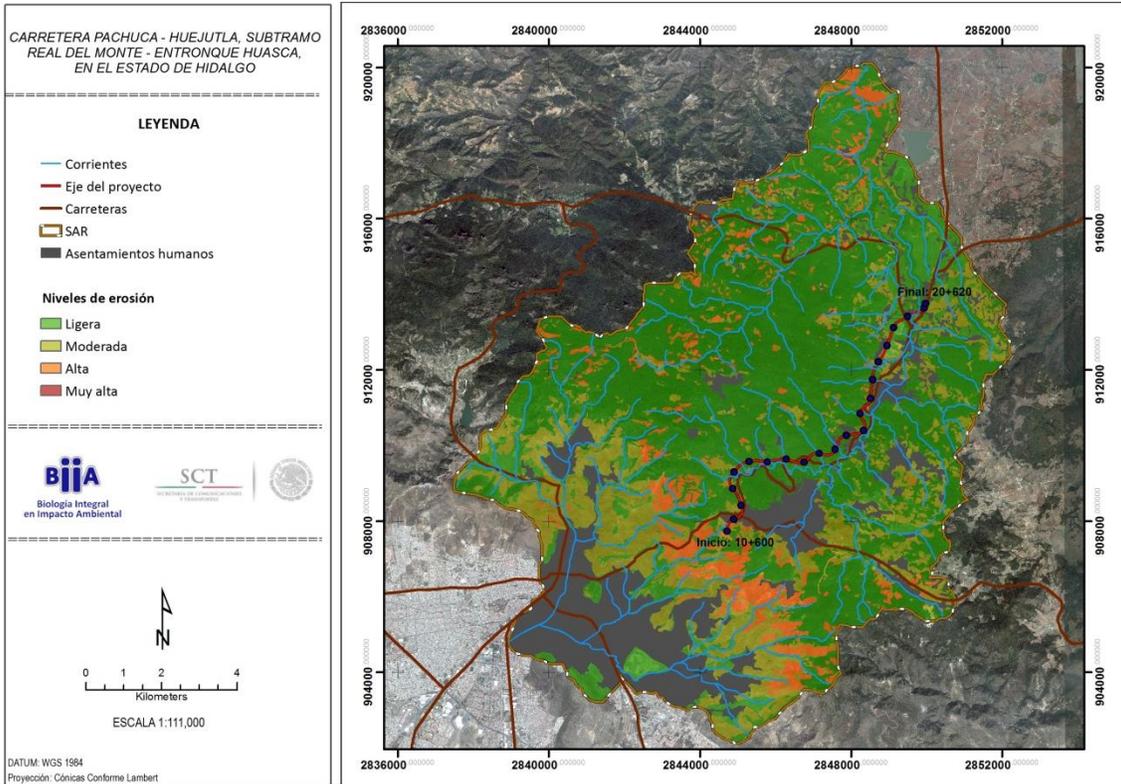
Tabla 38. Rangos de erosión planteados para la EUPS

Niveles de erosión	Rango de valores
Erosión ligera	0 – 10
Erosión moderada	10 – 50
Erosión alta	50 – 200
Erosión muy alta	20 – 500
Erosión extrema	>500

#### ▪ **Resultados**

De acuerdo al modelo de erosión hídrica se detectan a nivel del SAR cuatro grados de erosión, de los cuales el más dominante corresponde a la erosión ligera, seguido de la erosión moderada y la erosión alta. El grado muy alto, aunque aparece registrado resulta imperceptible ya que cubre menos de una hectárea distribuida en pequeños fragmentos de algunos metros cuadrados a lo ancho del SAR, de tal suerte que solo son tres los niveles de erosión significativos. En el mapa siguiente se puede apreciar la distribución espacial de la erosión hídrica actual dentro del SAR.

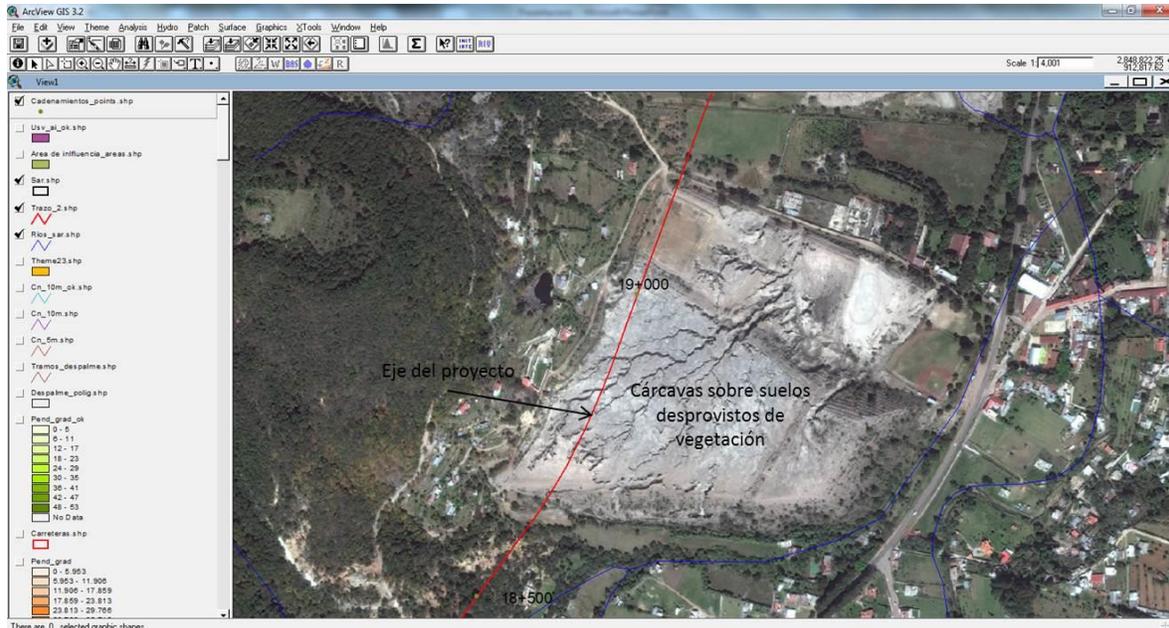
A nivel del eje del proyecto, en su parte inicial, se observa que la erosión es ligera y moderada. Después pasa a través de una superficie de asentamientos humanos para continuar en casi toda su extensión sobre zonas que presentan una erosión ligera. De hecho es importante resaltar que casi todo el trazo pasa por áreas donde el nivel de erosión es ligero, aunque más importante es aclarar que esta condición está dada por la densa cubierta vegetal que ofrecen los bosques templados de la región. En otras palabras, la regulación de la erosión en casi todo el trazo se debe a la presencia de bosques saludables y su eliminación conduciría a un incremento considerable en la pérdida de suelo, material que sería arrastrado aguas abajo provocando alteración ecológica e hidromorfológica sobre los cauces de ríos y arroyos.



**Imagen 43. Condición actual de la erosión hídrica a nivel del SAR**

Pero la regulación de la pérdida de suelo no es el único servicio ambiental que el bosque ofrece al controlar el agua de las precipitaciones. Por ejemplo, la presencia del bosque promueve la infiltración del agua al subsuelo y evidentemente es el principal regulador del ciclo hidrológico proveyendo agua en calidad y cantidad a las poblaciones humanas de la región, ya sea como agua obtenida directamente de ríos y arroyos, o bien, como agua de acuíferos. También al mantener la erosión al mínimo, los suelos se regeneran y se auto-fertilizan de manera que el bosque se mantiene saludable y funcional permitiendo el desarrollo de incontables especies de flora y fauna, además de otras formas de vida silvestre.

De toda la longitud del proyecto se detectó una superficie entre los cadenamientos 18+600 y 19+200 con problemas severos de erosión. Se observó la formación de cárcavas de algunos metros de profundidad y de longitudes considerablemente grandes, que es posible observar en la siguiente fotografía aérea. Los valores de erosión registrados para esta zona (según el modelo de erosión) van de las 2 a las 49 toneladas/hectárea/año. Sin duda esta superficie requiere la intervención inmediata del hombre para estabilizar las cárcavas y evitar tanto que aumenten sus dimensiones como que el material sea transportado hacia las partes más bajas. Esta recomendación se hace extensiva de ser aprobado el proyecto. De hecho las áreas adyacentes al eje del trazo son zonas ideales para ser rehabilitadas como medida compensatoria. En la siguiente imagen se aprecia claramente la dimensión del problema y la urgencia en rehabilitar dicha zona como una superficie verde asociada, al desarrollo urbano.



**Imagen 44. Cárcavas encontradas al costado del eje del proyecto**

En el presente grupo de fotografías se muestra en estado actual de la zona con mayores problemas de erosión, misma que requiere una atención inmediata.



Condición actual del grado de erosión entre los cadenamientos 18+600 y 19+200

#### **IV.4.3 Estimación del estado de conservación ecológica en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en corrientes que cruzan el eje del proyecto**

Existen diversos métodos físicos y químicos para determinar la calidad del agua de ríos y arroyos con resultados muy confiables, aunque requieren altos gastos para su aplicación. Otra alternativa interesante que ofrece resultados aceptables es el uso de bioindicadores, es decir, ciertos grupos biológicos que presentan una alta sensibilidad a los contaminantes del agua. Entre los principales indicadores biológicos más destacados se pueden mencionar a los macroinvertebrados acuáticos, el fitoplancton, las diatomeas y los peces entre otros. De estos grupos, los macroinvertebrados son quizás los que presentan un mayor uso y aceptación por quienes monitorean aguas dulces, ya que presentan las siguientes ventajas (Roldan, 1999):

1. Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de coleccionar
2. Relativamente fáciles de identificar si se comparan con otros grupos menores

3. Son sedentarios en su mayoría y reflejan las condiciones locales
4. Poseen ciclos de vida largos
5. Son apreciables a simple vista
6. Se pueden cultivar en el laboratorio
7. Varían poco genéticamente
8. Responden rápidamente a los tensores ambientales

En este contexto, se han desarrollado numerosos índices usando macroinvertebrados acuáticos, tal es el caso del Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), creado en Inglaterra por Hellawell (1978), y que ha sido adaptado en numerosos países de Europa y América por su fácil aplicación, mediante protocolos de muestreos sencillos (Barbour y col., 1999) y por requerir la identificación de los organismos solo a nivel de familia.

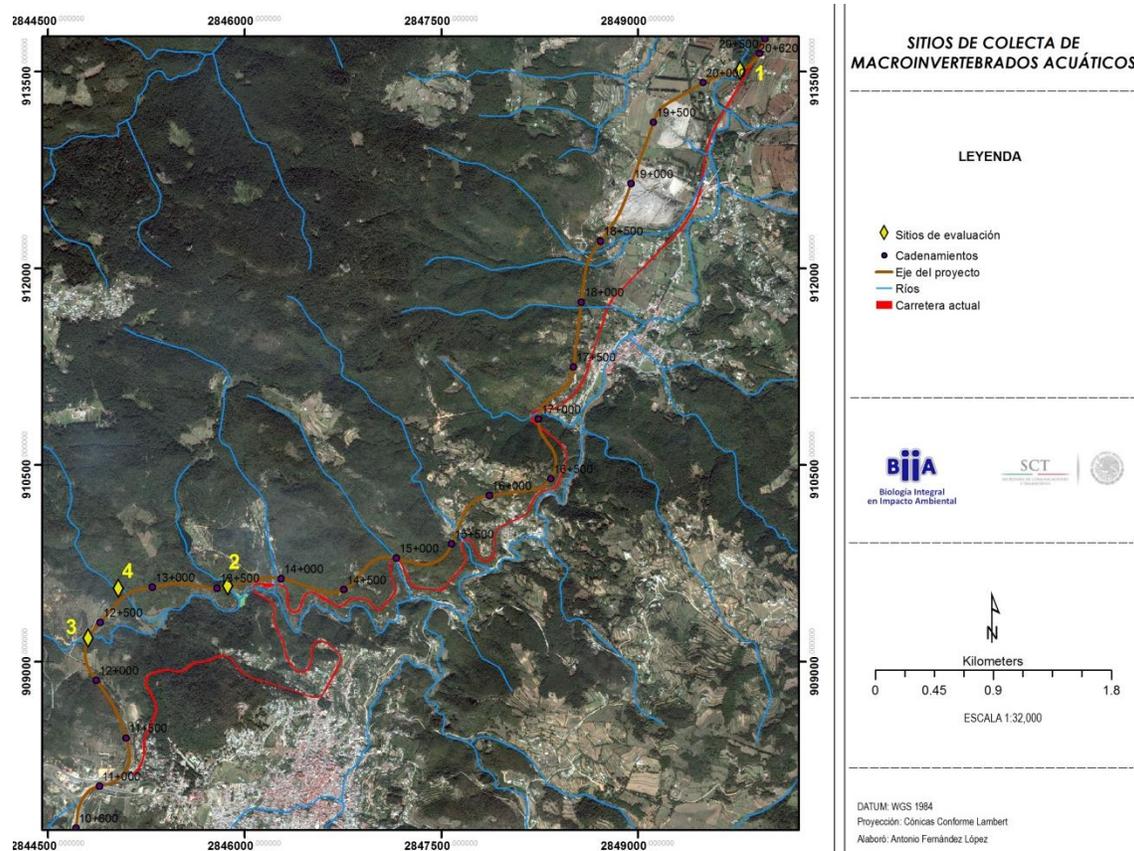
**a) Metodología**

Para determinar la condición ecológica del área de estudio a través de indicadores biológicos, se seleccionaron tres tramos de tres arroyos perennes de montaña y un tramo del río principal como sitio de referencia. Las características generales de cada corriente se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 39. Características generales de cada corriente

Corriente	Orden	Ubicación aprox.	Condición visual del tramo evaluado
Arroyo	1	12+300	Orillas con vegetación herbácea y arbustiva. Secciones rocosas. Agua clara pero con presencia moderada de algas.
Arroyo	2	12+800	Orillas con vegetación herbácea, arbustiva y arbórea y rocas. Agua clara con corriente moderada.
Arroyo	1	13+600	Orillas con vegetación herbácea y arbustiva. Agua clara con presencia moderada de algas.
Río principal	3	20+300	Lecho mayormente rocoso. Orillas con presencia de hierbas, arbustos y abundantes árboles. Agua moderadamente oscura. Olor moderadamente desagradable. Presencia de basura y descargas de aguas residuales.

La ubicación espacial de los sitios de colecta de macroinvertebrados acuáticos se muestra en el siguiente mapa:



**Imagen 45. Sitios de recolección de macroinvertebrados acuáticos**

Para el presente estudio se seleccionaron como indicadores biológicos a los macroinvertebrados acuáticos, de los cuales se obtuvieron las abundancias, la riqueza de familias, el índice de diversidad de Shannon, además de los Índices Bióticos BMWP (Hellowell, 1978) e índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera) (Carrera y Fierro, 2001). Estos índices se utilizan para determinar la calidad del agua por contaminación orgánica. Requiere la identificación de los organismos a nivel de familia. El estudio se llevó a cabo en tres etapas: 1) muestreo en campo (colecta); 2) identificación de macroinvertebrados; y 3) análisis de resultados.

▪ Muestreo en campo (colecta).

Se tomaron muestras durante 30 minutos en tramos de 10 metros en cada una de las corrientes. El procedimiento fue realizado por dos colectores revisando todos los microhábitats potenciales como la vegetación flotante, sumergida o enraizada; troncos y rocas sumergidas; suelo y sedimentos del fondo del agua.



**Imagen 46. Colecta de macroinvertebrados**

La colecta se realizó con pinzas de presión delicada, guantes de látex, frascos con alcohol al 70% perfectamente etiquetados y redes de cuchara de aproximadamente 25 centímetro en su lado más largo con una abertura aproximada de 2 mm. Para las muestras de sedimento, se colocaron las redes a contracorrientes mientras se agitaba el agua y suelo del lecho de cada corriente evaluada. En las siguientes imágenes se muestran algunas etapas y características de la colecta.



Colecta de macroinvertebrados en: 1) rocas sumergidas; 2) sedimento del cauce; 3) hojarasca sumergida; 4) vegetación acuática herbácea



Habitáculos y mudas de insectos acuáticos pegadas a rocas sumergidas

Insectos acuáticos sobre un tronco sumergido en un arroyo

▪ Identificación de macroinvertebrados

Una vez que se realizaron las colectas de macroinvertebrados acuáticos, se procedió a la identificación a nivel de familia como lo indica el Índice biótico BMWP, utilizando para este efecto un estereoscopio Swift de 20x a 40x, procedimientos de macrofotografía y literatura especializada (Burch y Cruz-Reyes, 1987; Bouchard, 2004). A cada grupo de invertebrados se le asignó los valores de tolerancia según los utilizados por Reyes (2012) y Rosas y col., (2014) en el índice BMWP, el cual maneja una escala de 1 a 10, donde las familias más sensibles a los contaminantes presentarán los valores más altos (10 o cercanos a éste), mientras que las familias más resistentes a los contaminantes orgánicos presentarán los valores más bajos (1 o cercanos a éste). De esta manera, se estimó la calidad o nivel de contaminación orgánica del agua, mediante la suma de los valores asignados a las familias registradas por sitio de muestreo. Los rangos de calidad del agua se muestran en la siguiente tabla de acuerdo al Índice Biótico BMWP:

**Tabla 40. Rangos de calidad del agua**

Clase	Rango de valores	Calidad del agua
I	>120	Aguas muy limpias
	101 - 120	Aguas limpias o no alteradas de modo sensible
II	61 - 100	Aguas con algunos efectos evidentes de contaminación
III	36 - 60	Aguas contaminadas
IV	16 - 35	Aguas muy contaminadas
V	<16	Aguas fuertemente contaminadas

Para el Índice EPT (Carrera y Fierro, 2001) se sumaron las abundancias de las familias presentes de los grupos EPT y se dividieron entre la abundancia total de todas las familias de macroinvertebrados acuáticos

colectados en cada sitio de muestreo y se multiplicó por 100, de esta forma se obtiene un valor porcentual que permite estimar la calidad del agua usando la siguiente tabla:

Calidad del agua	
75% - 100%	Muy buena
50% - 74%	Buena
25% - 49%	Regular
0% - 24%	Mala

- Análisis de datos

La riqueza de macroinvertebrados acuáticos (diversidad alfa) se presentó como el número total de familias registradas durante las colectas. Por otro lado, se estimó la diversidad Beta a través del Índice de Similitud de Bray-Curtis, que presenta una escala de 1 a 0, donde 1 representa una similitud completa entre sitios, mientras que 0 (cero) corresponde a una disimilitud total entre sitios. Para estimar la diversidad de familias se contabilizaron todos los individuos recolectados para cada familia registrada, y se aplicó el índice de diversidad de Shannon. El programa utilizado para los cálculos ecológicos fue PAST 3. Los resultados se presentaron para una mayor claridad a través de gráficas, tablas e imágenes.

**b) Resultados**

- Composición y diversidad taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos

Se colectaron para las cuatro corrientes de agua evaluadas, un total de 402 individuos de macroinvertebrados acuáticos distribuidas en 23 familias, más dos grupos identificados únicamente a nivel de clase, sumando 25 grupos familia-clase (*a partir de aquí se usará el término familias para referir al total o parte de los grupos de invertebrados registrados*). El sitio o corriente 4 fue el más abundante con una suma de 200 ejemplares en 14 familias. Para el sitio 3 se registraron 11 familias con un total de 97 ejemplares, mientras que para el sitio 2 los registros ascendieron a 61 ejemplares de 14 familias. Finalmente para el sitio 1, los 44 ejemplares registrados distribuidos en cinco familias, indican que se trata del sitio con la menor abundancia y menor riqueza de familias.

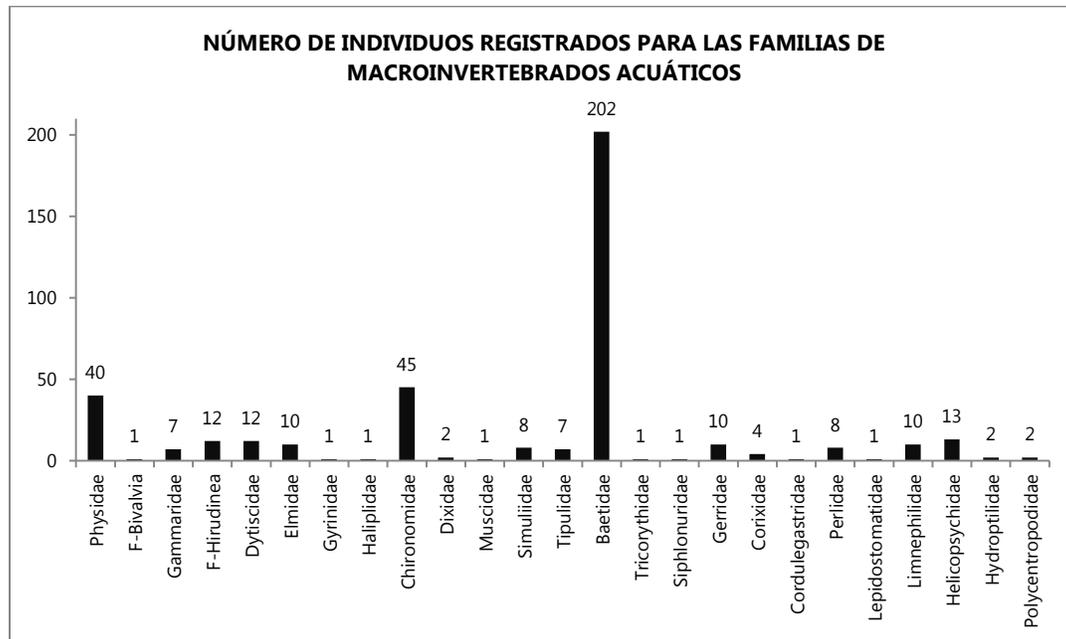
Esta riqueza y abundancia de especies tienen una estrecha relación con las condiciones de calidad del agua. Así por ejemplo, el sitio 1 muestra una importante contaminación por descargas de aguas residuales y basura, a pesar de que el tramo evaluado presenta una cobertura vegetal densa asociada a las márgenes del río. Este hecho sin duda ha reducido la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos, así como la abundancia de las mismas. Caso contrario, el sitio 4 presentó 14 familias y un total de 200 ejemplares, es decir, la riqueza de familias es considerablemente más alta, así como la abundancia de las mismas, y esto se relaciona con el nivel de calidad visual que presentan las aguas de este arroyo de montaña. Aquí las aguas son claras, libres de contaminación aparente, además de presentar una importante cubierta vegetal herbácea, arbustiva y arbórea.

Tabla 41. Riqueza y abundancia de especies de macroinvertebrados

Clase	Orden	Familia	No. Ind./sitio				Total de ind./familia
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	
Pulmonata	Limnophila	Physidae	11	8	20	1	<u>40</u>
Bivalvia	--	--		1			1

Crustacea	Amphipoda	Gammaridae		7			7
Hirudinea	--	--	2	8		2	12
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae		7	4	1	12
Insecta	Coleoptera	Elmidae		4	6		10
Insecta	Coleoptera	Gyrinidae			1		1
Insecta	Coleoptera	Haliplidae			1		1
Insecta	Diptera	Chironomidae	27	1	14	3	<u>45</u>
Insecta	Diptera	Dixidae		1	1		2
Insecta	Diptera	Muscidae				1	1
Insecta	Diptera	Simuliidae	2			6	8
Insecta	Diptera	Tipulidae				7	7
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	2	14	31	155	<u>202</u>
Insecta	Ephemeroptera	Tricorythidae		1			1
Insecta	Ephemeroptera	Siphonuridae				1	1
Insecta	Hemiptera	Gerridae			8	2	10
Insecta	Hemiptera	Corixidae			4		4
Insecta	Odonata	Cordulegastridae				1	1
Insecta	Plecoptera	Perlidae		4		4	8
Insecta	Trichoptera	Lepidostomatidae		1			1
Insecta	Trichoptera	Limnephilidae			7	3	10
Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae				13	13
Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae		2			2
Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae		2			2
No. ind./sitio			44	61	97	200	402

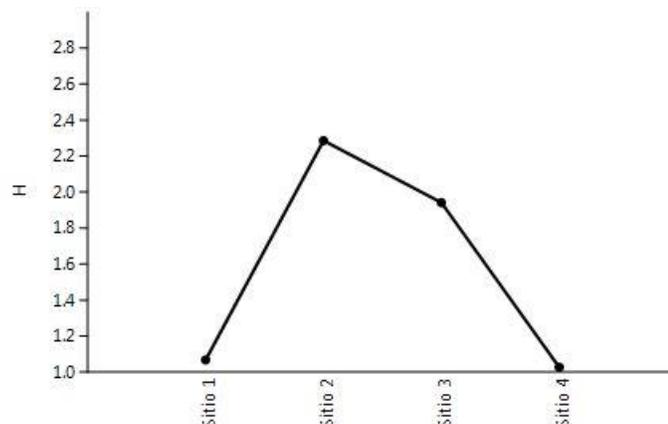
De las 25 familias reportadas, Baetidae fue considerablemente la más numerosa con un total de 202 ejemplares colectados, seguida de Chironomidae y Physidae con 45 y 40 ejemplares. En contraste, ocho familias solo presentaron un individuo, entre ellas se pueden citar a Gyrinidae, Muscidae y Lepidostomatidae. Las familias restantes presentaron abundancias entre 13 y 2 individuos. En la gráfica siguiente se puede apreciar de manera comparativa las abundancias registradas para las 25 familias presentes en las cuatro corrientes.



**Gráfica 40. Individuos registrados por familia de macroinvertebrados**

En términos de diversidad, los cálculos de Shannon indican que el sitio 2 es el más diverso con un valor de 2.286, seguido del sitio 3 que obtuvo un valor  $H' = 1.942$ . Los sitios menos diversos corresponden a las corrientes 1 y 4.

La primera se explica por el bajo número de familias encontradas, mientras que para la corriente 4, a pesar de ser una de las más ricas en familias, su valor de equidad es el más bajo, y esto se debe a que una familia de las 14 reportadas, presenta más del 75% de los ejemplares colectados para dicho sitio.



**Gráfica 41. Índice de Shannon**

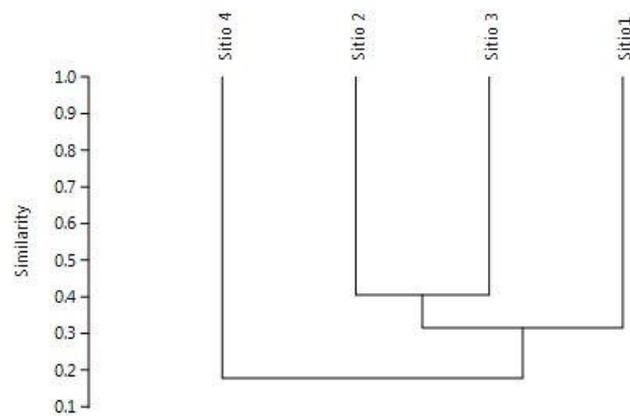
De hecho los valores más altos de equidad les corresponden a los sitios 2 y 3, los cuales también obtuvieron las puntuaciones más altas de diversidad. En general, estos dos sitios se pueden catalogar como moderadamente diversos, mientras que los sitios 1 y 4 se describen como zonas de baja diversidad. Debe entenderse que el Índice de Shannon le da demasiado peso al nivel de equidad o proporcionalidad de las abundancias entre las especies encontradas, de tal suerte que una especie considerablemente abundante puede alterar los valores resultantes de diversidad, de tal modo que se vuelve imprescindible mencionar que la riqueza de especies es uno de los parámetros más importantes en los análisis ecológicos.

Tabla 42. Índice de Shannon y equitatividad

Sitios	Shannon (H')	Equitatividad (J)
1	1.068	0.663
2	2.286	0.866
3	1.942	0.809
4	1.027	0.389

El Índice de Bray-Curtis muestra el nivel de similitud entre la composición de familias de cada sitio de muestreo. En el siguiente cluster se observa que los sitios 2 y 3 forman el grupo más estrecho con un nivel de similitud de 0.405, es decir, existe un grado de recambio de especies moderado comparado con los sitios 1 y 4, que forman grupos más independientes, por ejemplo, los sitios 1 y 2 presentan un nivel de similitud de 0.247, mientras que los sitios 1 y 4 demuestran al mayor nivel de disimilitud, lo que los hace sitios casi completamente distintos en términos de la composición de macroinvertebrados acuáticos.

Este hecho se fundamenta en la calidad que presenta el agua de cada uno de los sitios. El sitio 1 muestra grupos de macroinvertebrados con una mayor tolerancia a contaminantes de tipo orgánico, mientras que el sitio 4 se compone de familias muy poco tolerantes a la contaminación.



Gráfica 42. Índice de Bray-Curtis

Los valores cuantitativos del Índice de Similitud de Bray-Curtis se muestran en la siguiente tabla. En cursiva y subrayado se indica el valor más alto de similitud que corresponde a los sitios 2 y 3.

Tabla 43. Valores cuantitativos del Índice de Similitud de Bray-Curtis

	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Sitio 1	1	0.247	0.382	0.081
Sitio 2	0	1	<u>0.405</u>	0.176
Sitio 3	0	0	1	0.276
Sitio 4	0	0	0	1

c) **Análisis de la calidad del agua con base en los índices bióticos BMWP (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera)**

- **Índice BMWP**

En general, los resultados obtenidos muestran una importante variación en la calidad del agua entre el sitio 1 respecto a los restantes. Para el sitio 1 se obtuvo un valor de 17 que lo ubica en el extremo de la Clase IV, o sea, aguas muy contaminadas. Para el sitio 2 se tiene un valor de 75, ubicándose en la Clase II, que se refiere a aguas con ligeros efectos de contaminación que pudieran no ser tan evidentes, o bien, pudiera haber cierto deterioro en los ecosistemas riparios. Para el sitio 3 el valor de calidad es de 43 colocándose en la Clase III que se refiere a aguas moderadamente contaminadas. Y finalmente para el sitio 4 su valor de calidad es de 73 o Clase II.

**Tabla 44. Valores de tolerancia por sitio de muestreo y clase de macroinvertebrado**

Clase	Orden	Familia	Tolerancia			
			<i>Sitio 1</i>	<i>Sitio 2</i>	<i>Sitio 3</i>	<i>Sitio 4</i>
Pulmonata	Limnophila	Physidae	3	3	3	3
Bivalvia	--	--		5		
Crustacea	Amphipoda	Gammaridae		6		
Hirudinea	--	--	3	3		3
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae		4	4	4
Insecta	Coleoptera	Elmidae		5	5	
Insecta	Coleoptera	Gyrinidae			3	
Insecta	Coleoptera	Haliplidae			4	
Insecta	Diptera	Chironomidae	2	2	2	2
Insecta	Diptera	Dixidae		4	4	
Insecta	Diptera	Muscidae				4
Insecta	Diptera	Simuliidae	4			4
Insecta	Diptera	Tipulidae				5
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	5	5	5	5
Insecta	Ephemeroptera	Tricorythidae		5		
Insecta	Ephemeroptera	Siphonuridae				10
Insecta	Hemiptera	Gerridae			3	3
Insecta	Hemiptera	Corixidae			3	
Insecta	Odonata	Cordulegastridae				8
Insecta	Plecoptera	Perlidae		10		10
Insecta	Trichoptera	Lepidostomatidae		10		
Insecta	Trichoptera	Limnephilidae			7	7
Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae				5
Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae		6		
Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae		7		
	Índice BMWP		17	75	43	73

### Corriente 1

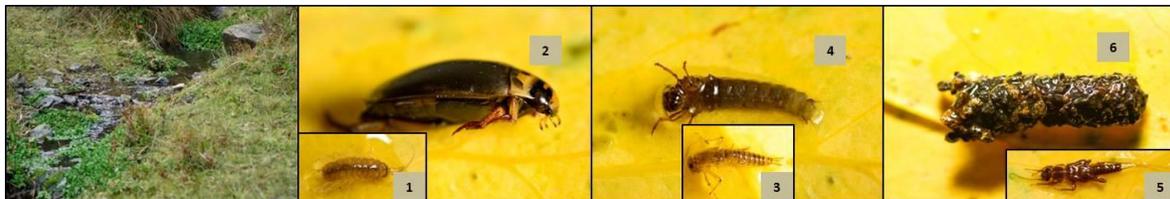
La corriente 1, que corresponde al río principal, presenta la menor calidad en sus aguas con un valor de 17 según el índice BMWP, clasificándolo como un río con aguas muy contaminadas. Y efectivamente, a pesar de ser un río que presenta una cobertura vegetal aceptable en sus márgenes, aunque de forma discontinua, se observó una fuerte contaminación por descargas de aguas residuales, basura y en menor medida por efecto de las deposiciones del ganado. De los cinco grupos de macroinvertebrados colectados, su valor de tolerancia a la contaminación se encuentra moderadamente alto, de 3 a 5, es decir, las familias registradas soportan bastante bien el nivel de contaminación actual. Mejorar las condiciones del agua es una tarea fundamental en términos ecológicos y parte de ello es mantener en buen estado la calidad del agua de los arroyos tributarios, además de darle un tratamiento a las aguas residuales que generan algunas poblaciones, como la de Omitlán.



Corriente 1: 1) Baetidae; 2) Hirudinea; 3) Physidae; 4) larva de Chironomidae; 5) Pupa de Chironomidae

### Corriente 2

Este arroyo de primer orden presentó la calidad más alta del Índice BMWP. Se trata de un arroyo pequeño que hacia la parte alta del mismo se localizan algunas viviendas, una represa y algunas áreas deforestadas, no obstante las fuentes de contaminación son ligeras lo cual se pueden catalogar sus aguas con algunos ligeros efectos de contaminación. En este sitio se registraron seis familias consideradas como indicadoras de la buena calidad del agua, de tal forma que la apariencia física de algunas secciones de este arroyo se deben más bien a una alteración en la vegetación ribereña, que bien puede ser corregida mediante trabajos de revegetación con especies autóctonas.



Corriente 2: 1) Gammaridae; 2) Dytiscidae; 3) Baetidae; 4) Polycentropidae; 5) Perlidae; 6) Habitación de Trichoptera

### Corriente 3

Esta pequeña corriente presentó en la época del muestreo (febrero del 2015) un flujo muy bajo en sus aguas, de tal forma que se creaban remansos y crecimiento de algas. Es importante mencionar que muchas familias de macroinvertebrados acuáticos prefieren aguas bien oxigenadas para estar presentes, por lo que su incidencia podría ser temporal en este arroyo. No obstante, a pesar de clasificarse este arroyo, según el Índice BMWP, como de aguas contaminadas por su puntuación obtenida (43), se comenta que se encontraron dos familias que habitan aguas moderadamente limpias, además del reconocimiento visual del arroyo, que se observó con agua transparente, aunque con crecimiento de algas (presencia de contaminación orgánica).

La principal fuente de contaminación en esta zona pudiera estar asociada a las actividades de pastoreo, es decir, a las deposiciones del ganado que usan el arroyo como abrevadero. Las zonas aledañas a esta corriente son buenos sitios para rehabilitar en caso de ser aprobado el proyecto.



Corriente 3: 1) Dytiscidae; 2) Corixidae; 3) Baetidae

#### Corriente 4

Este arroyo de montaña de segundo orden, es el arroyo muestreado con mayor caudal en época de secas, a excepción del río principal (Río General). Según el Índice BMWP la calidad del agua es de muy baja contaminación, de hecho las condiciones visuales del arroyo (agua clara, sin malos olores, buena cobertura vegetal, etc.) muestran que es posible que en época de lluvias se encuentren otros grupos de macroinvertebrados acuáticos. De las familias encontradas se puede comentar que cuatro presentan un alto nivel como bio-indicador de la calidad del agua, ya que los valores de tolerancia para estos oscilan entre 7 y 10 puntos.

Básicamente las posibles fuentes de contaminación orgánica están asociadas al pastoreo, ya que aguas arriba se pueden observar algunos pastizales inducidos. Por otra parte se comenta que este arroyo es uno de los mejor conservados en términos de la cobertura vegetal asociada a su zona de escurrimiento.



Corriente 4: 1) Cordulegastridae; 2) Helicopsychidae; 3) Limnephilidae

#### ▪ **Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)**

Para el Índice EPT, se encontraron valores variables en las diferentes corrientes. Para el sitio o corriente 1 su condición se describe como mala, es decir, presenta un valor muy bajo, alcanzando apenas el 4.55%. Los sitios 2 y 3 presentan una condición regular en sus aguas con porcentajes que de 39.3% y 38.2%. Y para el sitio 4 la condición de sus aguas se califica como muy buena al alcanzar un valor porcentual del 88%.

Tabla 45. Índice EPT y condición de calidad del agua

Sitio	Índice EPT	Condición
1	4.55%	Mala
2	39.34%	Regular
3	38.22%	Regular
4	88%	Muy buena

De acuerdo a los resultados arrojados por ambos índices bióticos, se comprueba su importancia como elementos fundamentales y eficaces para estimar las condiciones de la calidad del agua en ríos y arroyos, que a su vez, dichos resultados fungen como herramientas para la gestión de las tierras. Por ejemplo, se observó que la condición de la agua de los arroyos de alta montaña presentan valores de calidad aceptables, y esto se debe fundamentalmente a que gran parte de la superficie asociada a sus diferentes unidades de escurrimiento se encuentra con una importante cubierta vegetal de carácter natural y pura, a pesar de haber detectado algunas fuentes de contaminación, pequeñas, pero evidentes, que al final pueden ser paliadas con actividades de rehabilitación de ecosistemas.

El sitio 1, que además funciona como referencia, demuestra el impacto a la diversidad de los ecosistemas acuáticos, al obtener los valores más bajos en los índices aplicados. Este impacto a la calidad del agua, como ya se comentó se refiere principalmente a las descargas de aguas residuales, aunque también el pastoreo, la agricultura y la deforestación en general repercuten en su condición actual.

La construcción de la nueva carretera sin duda traería consigo un incremento en el impacto ambiental, tanto al factor agua como a la biodiversidad en general, incluyendo todos los servicios ambientales que de por sí, el bosque continua ofreciendo a los habitantes del SAR. Invariablemente la aparición de nuevas carreteras resulta un detonante del mal desarrollo económico y social de las comunidades involucradas, es decir, la aparición de nuevas viviendas en las cercanías a la carretera, nuevos negocios, nuevos caminos secundarios para comunicar a pequeñas localidades, son el resultado habitual de un mal manejo de las tierras. La oferta de agua podría verse comprometida por dos funciones básicas, un incremento en la escorrentía y una baja en la infiltración del agua hacia el subsuelo. También se incrementarían los niveles de erosión y la biodiversidad se vería afectada de forma negativa al reducir los hábitats adecuados y al dejar zonas aisladas de los parches de vegetación principales.

No obstante en el capítulo VII se realizan algunas propuestas o alternativas, que podrían mitigar parcialmente los daños generados, y que además compensarían la falta de enfoque ecológico del presente proyecto.

#### **IV.4.4 Diagnóstico ambiental en base al análisis cartográfico del SAR**

El cambio de uso del suelo y vegetación, o en general el cambio de tipos de cobertura del terreno es, en mayor medida, consecuencia de la interacción de las actividades humanas con el medio natural. Dichos cambios indican el impacto de las actividades económicas y el desarrollo de las comunidades humanas sobre el territorio y sus recursos, y permiten identificar problemas relativos a la sustentabilidad de las actividades humanas.

Parte primordial para entender los procesos de cambio es la identificación espacial y la cuantificación de los cambios, esto contribuye a la caracterización del territorio y a la ubicación de áreas de atención prioritarias, así como al establecimiento de políticas correctivas y a la formulación de los planes de acción respectivos para el mejor manejo de los recursos.

Se ha considerado a la vegetación como uno de los indicadores más importantes de las condiciones naturales del territorio, y no sólo de las naturales como clima, suelo y agua sino también de las influencias antrópicas recibidas. El análisis de los cambios producidos a la cobertura vegetal (deforestación, degradación, revegetación, etc.), considerando básicamente aquéllos ocasionados por las actividades antrópicas, es un elemento fundamental en la caracterización del paisaje y el soporte de las comunidades faunísticas.

Por lo que se decidió realizar los análisis del material cartográfico disponible<sup>2</sup> y utilizarlo como indicador del estado de la calidad ambiental como sigue:

En base a la cobertura de uso de suelo y vegetación INEGI del año 2012 (serie V), se realizó una agrupación de las comunidades, en base al estado de conservación, es decir la Calidad Ambiental (CA), que representa cada una, posteriormente de determinaron las siguientes categorías en relación a la CA.

**Tabla 46. Escala de calidad ambiental para análisis cartográfico**

ESCALA DE CA	VALOR NUMÉRICO
Muy alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy baja	1

Estas categorías fueron asignadas a cada una de los usos de suelo y vegetación.

Para el SAR se consideraron presentes 4 categorías (Alta, Media, Baja y Muy Baja) asignadas de la siguiente manera:

**Tabla 47. Asignación de categoría ambiental para el SAR**

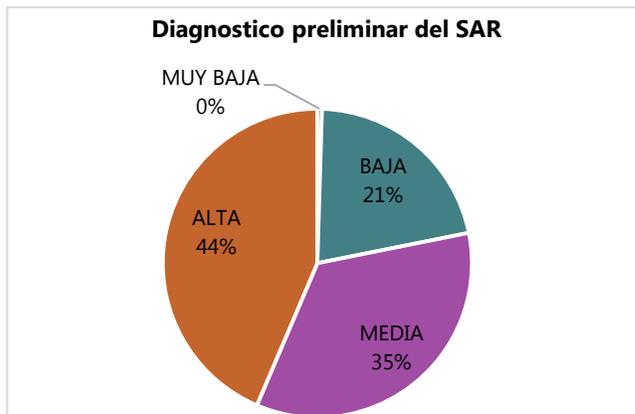
Numero identificador	Uso de suelo y tipo de Vegetación (presentes en las capas 2005 y 2012 INEGI.)	Potencial de hábitat para Herpetofauna	Potencial de hábitat para Ornitofauna	Potencial de hábitat para Mastofauna	Naturalidad de la vegetación	Cobertura de la vegetación	Ausencia de antropización del área	Valor promedio Cuantitativo	Valor promedio cualitativo
1	Agricultura de temporal anual	3	4	4	2	2	1	3	Media
2	Agricultura de temporal anual y permanente	3	4	4	2	2	1	3	Media
3	Agricultura de temporal permanente	3	4	3	2	2	1	3	Media
4	Agricultura de temporal semipermanente y permanente	2	4	1	2	2	1	2	Baja
5	Asentamientos humanos	3	4	3	1	1	1	2	Baja
6	Bosque de Encino	4	4	4	5	5	4	4	Alta
7	Bosque de Oyamel	3	4	3	5	5	4	4	Alta
8	Bosque de Pino	3	4	4	5	4	4	4	Alta
9	Bosque Mixto de Encino-Oyamel	3	4	4	5	5	4	4	Alta
10	Bosque de Pino-Encino	3	4	4	5	5	4	4	Alta
11	Bosque de Táscate	4	4	3	4	3	3	4	Alta
12	Cuerpo de Agua	4	3	2	4	1	2	3	Media
13	Desprovisto de vegetación	1	1	2	2	1	1	1	Muy baja

<sup>2</sup> Los mapas de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI de las SERIES IV y V años 2005 y 2012 respectivamente..

13	Matorral Desértico Rosetófilo	4	4	4	5	3	3	4	Alta
14	Pastizal cultivado	3	3	3	1	1	1	2	Baja
15	Pastizal inducido	3	3	3	1	2	1	2	Baja
16	Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	3	3	3	4	3	2	3	Media
17	Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Oyamel	3	3	2	3	3	2	3	Media
18	Vegetación secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate	4	3	3	3	3	2	3	Media
19	Zona Urbana	3	3	3	1	1	1	2	Baja

En un inicio se realizó el recorte (*CLIP*) de la capa de uso de suelo y vegetación, con el polígono del SAR, posteriormente con las categorías definidas y las comunidades agrupadas se realizó el trabajo cartográfico por medio del comando *DISSOLVE* de la herramienta *GEOPROCESSING WIZARD* en ArcView 3.2 se procedió a agrupar los usos de suelo y vegetación del SAR en las categorías antes mencionadas y se generó una nueva capa con las zonas denominadas **Alta, Media, Baja y Muy Baja** en relación a la calidad ambiental (CA).

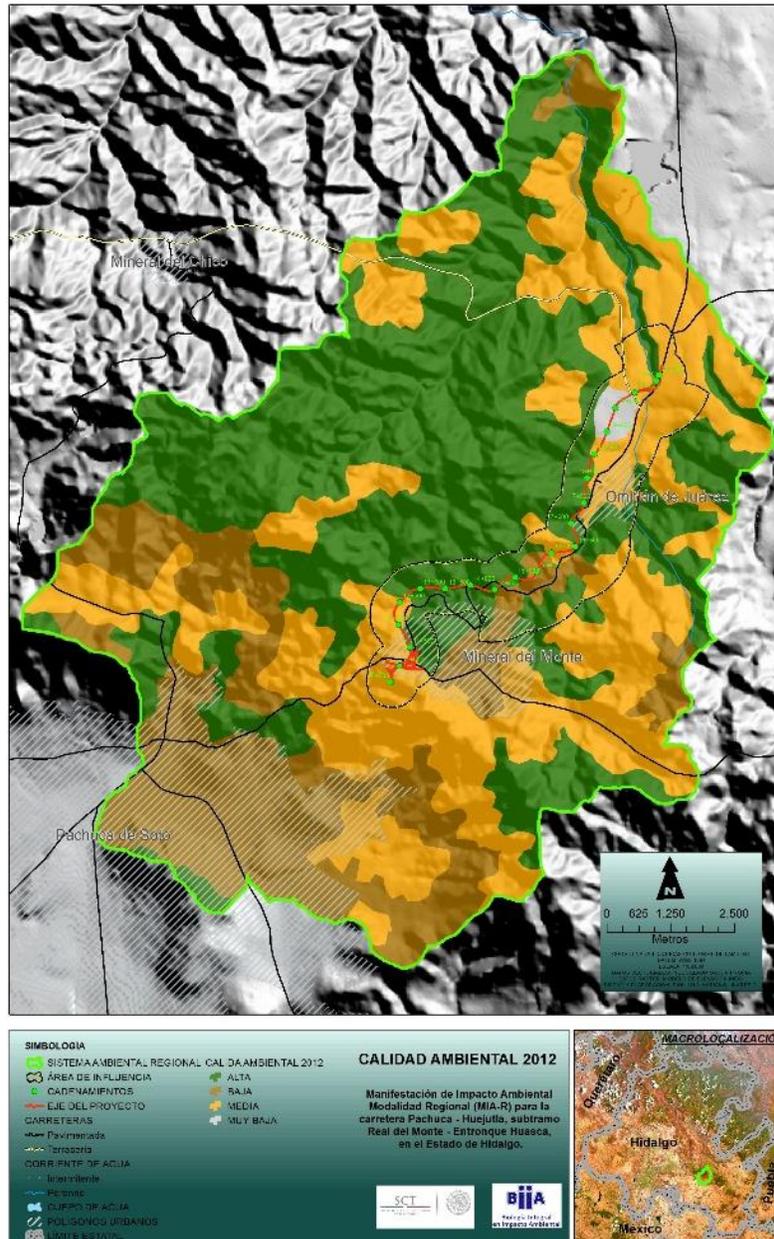
**IV.4.2.1 Resultados primarios del Diagnóstico Ambiental en base al análisis cartográfico.**



Gráfica 43. Diagnóstico ambiental del SAR

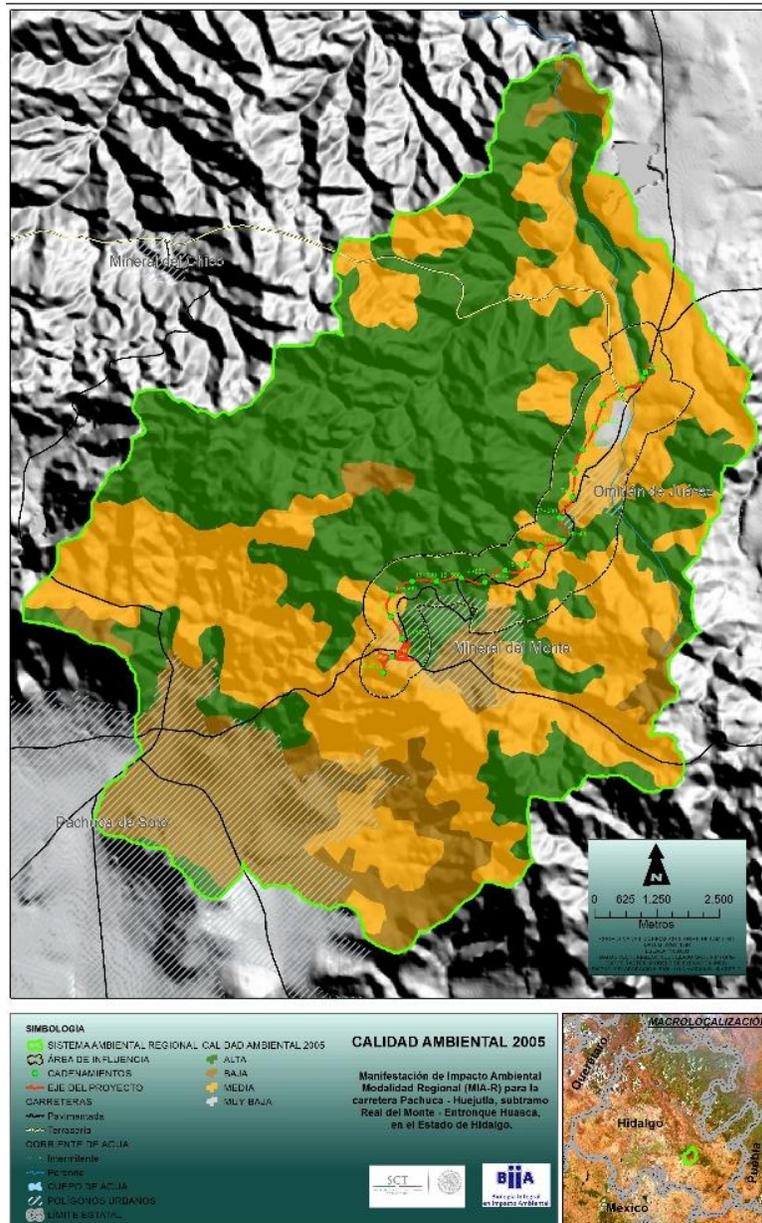
Tabla 48. Categoría de calidad ambiental

Categoría de calidad ambiental (CA)	Superficie (HA)
MUY BAJA	69.633
BAJA	3126.842
MEDIA	5055.278
ALTA	6378.472



**Imagen 47. Análisis en base a SIG de la calidad ambiental (2012) del SAR**

Una vez obtenidas las capas con la CA asignada se realizó el análisis de la capa de CA 2005, siguiente imagen, a la cual se le aplicó el mismo trabajo de edición cartográfica, contra la de CA 2012, con el fin de detectar la proporción de cambio de las dos fechas.



**Imagen 48. Análisis en base a SIG de la calidad ambiental (2005) del SAR**

En el programa *IDRISI SELVA*, se importaron las imágenes vectoriales, se rasterizaron, y se les aplicó el comando *CROOSTAB*, esto con el fin de detectar el cambio entre las capas de CA 2005 y 2012, obteniendo una nueva capa denominada *croostab 2005-2012* con 4 tipos de cobertura, el comando *croostab* permite generar tanto el mapa de cambios como una matriz de transición que muestra, numéricamente, los cambios sufridos en el periodo.

De esta manera es posible obtener la matriz de probabilidad de transición, la cual señala en términos relativos (%) la posibilidad que tiene una categoría de CA de mantener su condición o de cambiar a otra categoría. Esto se logra comparando la superficie original de la primera fecha con la obtenida para la nueva fecha con sus respectivas transiciones (Bocco *et al.* 2001).

Su expresión matemática es:  $P_{ij} = S_{ij}(2005's) / S_j (2012's)$ . Donde  $P_{ij}$  es la probabilidad de transición,  $S_{ij}$  es la superficie del elemento  $ij$  de la matriz de transición de CA en el 2005 y  $S_j$  la superficie de la clase de cobertura/CA  $j$  en el año de 2005. Así, para cada categoría de CA  $j$ ,  $\sum P_{ij} = 1$ .

Con esto se obtuvo formalmente el mapa de diagnóstico ambiental en base a los procesos y dinámica de cambio de la Calidad Ambiental 2005-2012

**IV.4.2.2 Diagnostico ambiental en base a la proporción de cambio**

Según Pérez *et al* (2000), el coeficiente de Kappa ( $K'$ ) toma valores de -1.0 cuando hay un cambio total del paisaje, de cero que denota cambios del 50% y de 1.0 indicando que no hubo cambios en el paisaje (en este caso en las coberturas comparadas).

Para el análisis se tiene un índice de 0.8968 lo cual indicaría que existió un cambio menor a nivel de SAR con respecto a las coberturas analizadas de CA en el periodo 2005-2012.

En la siguiente tabla cada número en las filas y columnas corresponde como sigue:

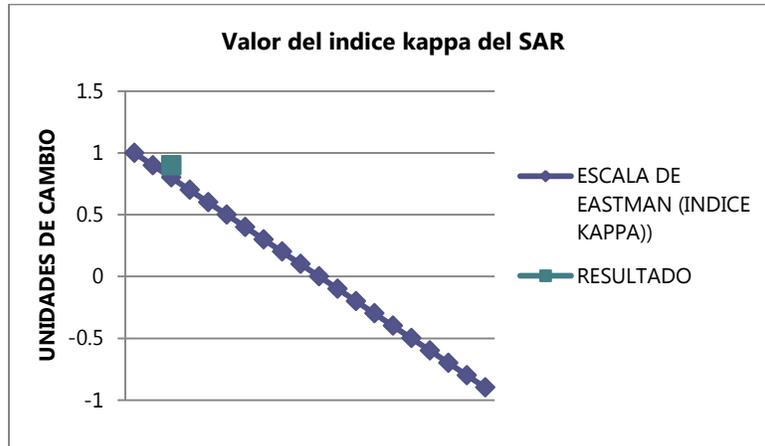
- MUY BAJA=1
- CA BAJA=2
- CA MEDIA = 3
- CA ALTA= 4
- FONDO DE LA IMAGEN= 0

La tabla del comando CROSSTAB muestra una matriz de interacciones entre las diferentes coberturas de CA, donde se muestra porcentualmente lo que una categoría cambio a otra categoría.

**Tabla 49. Tabulación Cruzada proporcional**

	0	1	2	3	4	Total
0	0.4482	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4482
1	0.0000	0.0007	0.0000	0.0017	0.0003	0.0026
2	0.0000	0.0000	0.0841	0.0304	0.0035	0.1180
3	0.0000	0.0009	0.0057	0.1738	0.0102	0.1907
4	0.0000	0.0000	0.0023	0.0162	0.2221	0.2406
Total	0.4482	0.0016	0.0922	0.2221	0.2360	1.0000

**Coeficiente total Kappa ( $K'$ )= 0.8968**



Gráfica 44. Valor del índice de Kappa del SAR

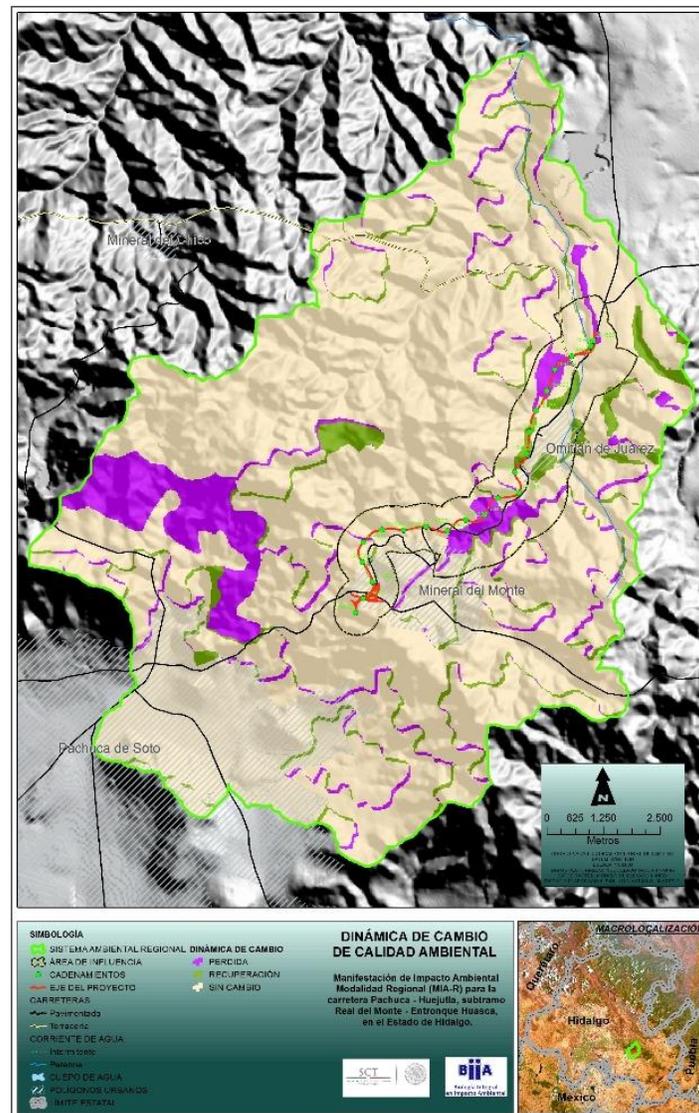
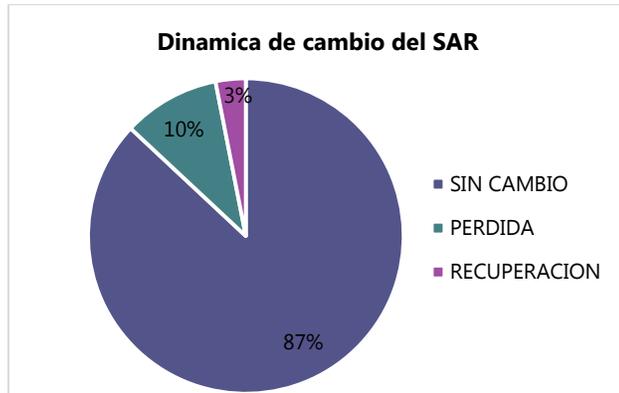


Imagen 49. Dinámica de cambio de calidad ambiental

Dinámica de cambio: Las leyendas nos muestran los tipos de cambio detectados en el SAR en un periodo de 24 años. Con cambios como:

- Recuperación: Proceso de cambio de CA Baja a Media o Alta y Media a Alta.
- Sin Cambio: Áreas que permanecen con la misma categoría.
- Perdida: Proceso de cambio de CA Media y Alta a Baja y Alta a Media.



Gráfica 45. Superficie (%) de la dinámica de cambio.

▪ **Procesos de cambio de CA en el SAR.**

Los procesos de cambio de CA presenta 13 clases, los cuales fueron agrupados en tres grandes categorías, de las cuales el proceso sin cambios en la cobertura de CA es el predominante (87%), porcentualmente observamos un cambio del 12% con un 10% de índole negativa lo cual coincide con el análisis del índice Kappa el cual presenta un 11% aprox. de cambio y un 89% sin cambios aparentes lo cual nos indicaría que el SAR no ha sufrido cambios importantes en 7 años. El proceso de pérdida ha sido principalmente por el cambio de CA Media a CA Baja, con un 8.73%, por el otro lado el porcentaje más relevante de recuperación es de 1.62% y está dado por el proceso de CA Media a CA Alta.

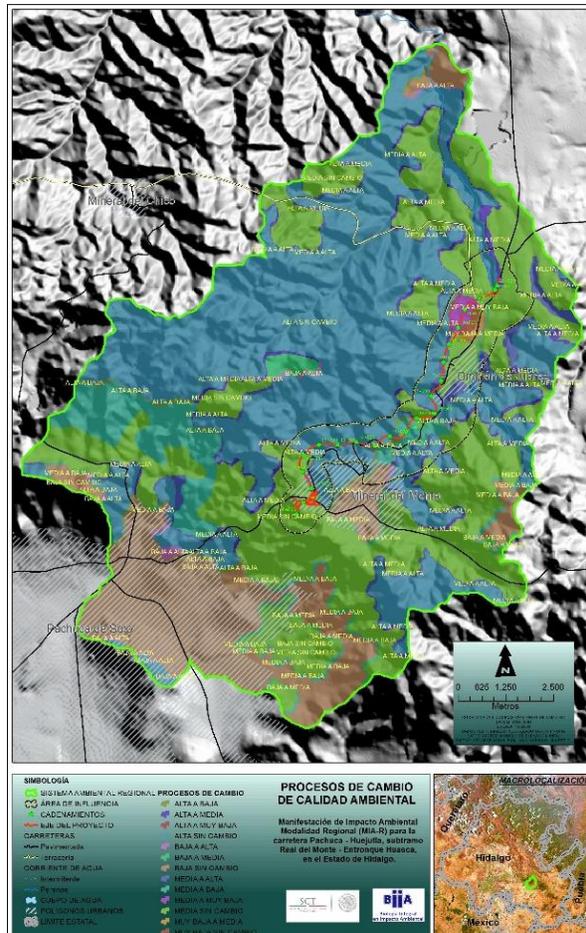


Imagen 50. Proceso de cambio de calidad ambiental (para mayor detalle consultar anexo)

En la siguiente tabla se muestran los 9 procesos detectados en el SAR.

**Tabla 50. Procesos de cambio de CA en el SAR**

Proceso	Dinámica	Superficie	Porcentaje (%)
MUY BAJA SIN CAMBIO	SIN CAMBIO	18.030	0.23076486
MEDIA A MUY BAJA	PERDIDA	44.353	0.56767132
ALTA A MUY BAJA	PERDIDA	7.392	0.09460975
BAJA SIN CAMBIO	SIN CAMBIO	2108.592	26.9877391
MEDIA A BAJA	PERDIDA	682.701	8.73784805
ALTA A BAJA	PERDIDA	33.445	0.42806049
MUY BAJA A MEDIA	RECUPERACION	24.971	0.31960229
BAJA A MEDIA	RECUPERACION	72.931	0.93343938
MEDIA SIN CAMBIO	SIN CAMBIO	442.092	5.65830828
ALTA A MEDIA	PERDIDA	9.466	0.12115475
BAJA A ALTA	RECUPERACION	16.407	0.20999218
MEDIA A ALTA	RECUPERACION	126.840	1.62341735
ALTA SIN CAMBIO	SIN CAMBIO	4225.928	54.0873922



**Gráfica 46. Superficie (Ha) de los procesos de cambio**

Una vez realizado el análisis retrospectivo se puede observar lo siguiente:

Se observa una modificación a nivel de Calidad ambiental de un 13% en un periodo de 7 años el cual muestra un SAR ligeramente modificado. En cuanto a la dinámica de cambio observamos que existen procesos que corresponde a la expansión de la frontera urbana y agrícola principalmente, ya que se observa un incremento de la superficie con categoría CA Media y CA Baja (zonas agrícolas y asentamientos humanos/zona urbana respectivamente).

Finalmente realizando una comparación con el análisis elaborado por Valdez-Lazalde *et al.* (2011) en el trabajo titulado "ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO EN LA CUENCA DELRÍO METZTITLÁN (MÉXICO) USANDO IMÁGENES DE SATÉLITE: 1985-2007" donde se menciona lo siguiente: ...Se observan

*las diversas tendencias de cambio: 1) aumento en los diferentes usos del suelo (AR (Agricultura de riego) , AT (agricultura de temporal) y ASH (Asentamientos humanos)) y vegetaciones consideradas degradadas (MTE (Matorral erosionado) ), y 2) disminución en los tipos de vegetación conservada (B (Bosque) y MT (Matorral)). Los resultados de este trabajo son consistentes con los reportados en la literatura, mostrando una tendencia general de degradación de los recursos naturales (Ramírez, 2001; Velázquez et al., 2002; Gómez et al., 2006; Reyes et al., 2006; Pinedo et al., 2007) y un aumento en los usos antrópicos del suelo (García et al., 2002; Arriaga, 2009).*

Podemos concluir que los resultados del análisis a nivel de la Cuenca del Río Metztlán, (Subcuenca del Río Meztlán de acuerdo a INEGI) que limita la mayor parte Oeste del SAR de nuestro proyecto, coinciden con los análisis elaborados a nivel SAR, permitiendo saber que existe antecedentes históricos de disturbio en el SAR debido al crecimiento de la frontera urbana y agropecuaria; sin embargo es notable que poco más del 50% de la superficie del SAR se mantiene con CA Alta y sin cambio en el intervalo analizado, resaltando estas superficies como áreas que deben priorizarse en el cuidado de los múltiples factores Bióticos y Abióticos que integran el sistema.

V. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	2
V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	2
V.1.1 Matriz de identificación de impactos	2
V.1.2 Matriz de valoración de impactos	4
V.2 Identificación de impactos	5
V.3 Análisis de escenarios y valoración de impactos	9
V.3.1 Análisis Sin medidas de mitigación	9
V.3.2 Análisis Con medidas de mitigación	13
V.4 Resultados	16

## V. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

### V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para identificar y caracterizar los impactos ambientales tanto benéficos como adversos, se utilizaron dos métodos de matrices complementarias entre sí. La primera es una matriz de interacción con la que únicamente se identifican los impactos probables; la segunda matriz evalúa dichos impactos y los caracteriza de acuerdo al beneficio o perjuicio ejercido tanto sobre el área de influencia como el SAR del proyecto. Estos métodos se describen más ampliamente a continuación:

#### V.1.1 Matriz de identificación de impactos

Con esta matriz se identifican los impactos en base a la interacción entre componentes del sistema ambiental y las actividades a realizar para el desarrollo del proyecto. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Se definen los componentes para cada categoría a evaluar: Ecosistemas, Contaminación ambiental, Aspectos estéticos y Aspectos de interés humano.
- Se enlistan las actividades a realizar para el proyecto de acuerdo al programa de trabajo presentado en el capítulo II y a la información proporcionada por el promovente.

La matriz quedó integrada por las cuatro categorías mencionadas, 48 componentes ambientales y las actividades de instalación, mostrados en las tablas siguientes:

Tabla 1. Categorías, subcategorías y componentes del SAR

ECOSISTEMAS		CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	
Vegetación	Vegetación Forestal Vegetación Preferentemente Forestal Vegetación No forestal Especies de Importancia Ecológica	Agua	Derrame de sustancias químicas Arrastre de material o sedimentos Modificación de causas
Fauna	Anfibios - Pérdida de hábitat Reptiles - Pérdida de hábitat Aves - Pérdida de hábitat Mamíferos - Pérdida de hábitat Ocurrencia de atropellamientos - Anfibios Ocurrencia de atropellamientos- Reptiles Ocurrencia de atropellamientos - Aves Ocurrencia de atropellamientos – Mamíferos	Suelo	Capacidad agrológica Erosión Relieve/topografía Drenaje superficial Compactación Estabilidad de taludes Residuos sólidos Residuos sólidos peligrosos
Ecosistemas	Interrupción del desplazamiento de especies pequeñas Interrupción del desplazamiento de especies grandes Interrupción de desplazamiento de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Sonora/ Lumínica	Ruido diurno Ruido nocturno Intrusión lumínica
Servicios ambientales	Ciclo del agua Autodepuración del agua Sumidero de CO <sub>2</sub>	Atmósfera	<i>Ver características organolépticas</i>
Características	Calidad perceptible del aire	Socioeconó	Densidad poblacional

organolépticas	Calidad perceptible del agua	mico	Disponibilidad de servicios urbanos
Paisaje	Fondo escénico		Actividades comerciales
	Singularidad o rarezas		Generación de empleos
	Actuaciones humanas		Vías de comunicación
	Color		Seguridad de la población
Sensaciones	Admiración		Seguridad de los trabajadores
	Aislamiento/Soledad		
	Integración con la naturaleza		

**Tabla 2. Etapas y actividades para el proyecto**

<b>Preparación del Sitio</b>	
Instalación de obras provisionales	
Desmonte	
Despalme	
<b>Construcción</b>	
Troncal	Túneles
Excavación para OD menor	Excavación en portales
Instalación de drenaje menor	Concreto lanzado, colocación de marcos
Excavación en cortes	Banqueo, colocación de concreto y marcos
Acarreos	Excavación central y lanzado de concreto
Terracerías	Desbordes laterales y colocación de concreto
Pavimentación	Banqueo, perfilado y colocación de concreto
Instalación de drenaje longitudinal	Construcción de trabes
PIV	Viaductos
Colocación de subestructura	Excavaciones y cimentación
Colocación de superestructura	Subestructura (pilas, apoyos, cabezales)
Colado de losa	Superestructura (dovelas, losa)
Construcción de accesos	Pavimentación
<b>Abandono del Sitio</b>	
Limpieza del sitio	
Retiro de Maquinaria	
<b>Operación y mantenimiento</b>	
Operación	
Conservación rutinaria	
Conservación periódica	

Para formar la matriz se colocaron las actividades en forma horizontal y los componentes de forma vertical. Posteriormente se procede a llenar la matriz marcando con un 1 la casilla donde se identifique una interacción entre actividad y componente, y con un 0 donde no exista interacción.

Los resultados se obtienen de las sumatorias de las interacciones identificadas, obteniendo sumatorias por actividad, por etapa, por subcategoría, o por componente. Estos resultados permiten observar desde que factor presenta el mayor número de interacciones y en relación a que actividad, hasta obtener un resultado ponderado por el número de interacciones en cada componente ambiental.

### V.1.2 Matriz de valoración de impactos

El método utilizado para la valoración de impactos ambientales fue desarrollado por el Instituto Batelle-Columbus. Este método fue desarrollado en los años 70's a petición de la Oficina de Rehabilitación, a partir de que el Congreso de Estados Unidos hizo obligatorio que toda agencia federal evaluara los impactos ambientales no económicos de sus proyectos.

Como se menciona anteriormente, este método divide al sistema ambiental en cuatro categorías: Ecología, Contaminación Ambiental, Aspectos Estéticos y Aspectos de Interés Humano; que a su vez se dividen en subcategorías y componentes. Uno de los aspectos importantes del método es la transformación de valores de medida de los componentes, como mg/l, m, kg o hectáreas, en unidades normalizadas con las cuales se puede comparar el estado ambiental del sitio en estudio en tres escenarios: "con" y "sin" el proyecto y "con el proyecto y con medidas de mitigación".

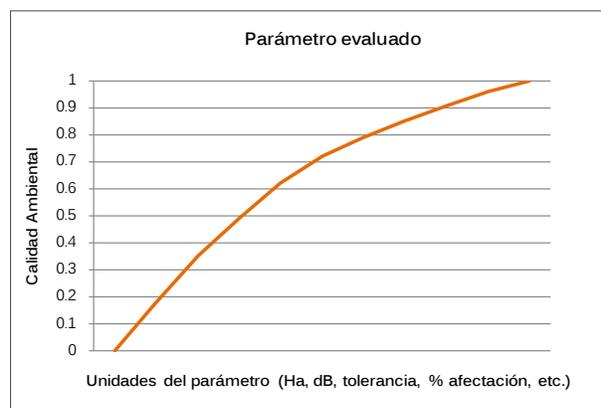
Otro resultado del método son las "señales de alerta" las cuales indican elementos del ambiente que requieren mayor atención por el grado de afectación que presentan; en el caso de las señales de alerta resultantes de la evaluación de la alternativa "con proyecto y con medidas de mitigación", éstas indican los impactos residuales que persistirán a pesar de la aplicación de las medidas de mitigación propuestas.

En este caso, el método de Batelle-Columbus fue adaptado a las características del proyecto; se utilizaron las cuatro categorías mencionadas anteriormente, cada una fue dividida en subcategorías ambientales, las cuales a su vez fueron divididas en 46 componentes a evaluar, obtenidos de la matriz de identificación de impactos descrita anteriormente.

Una vez determinados los componentes a evaluar, fue necesario transformar los valores con los que cada uno es medido (Ha., m., dB, etc.); que en algunos casos son valores referentes a los límites máximos de concentraciones permitidos de sustancias en el ambiente y en otros como en el paisaje, son valores subjetivos, a valores normalizados en el rango de 0 a 1, donde 0 indica una muy mala calidad del componente y 1 una muy buena calidad.

Se utiliza para esto los llamados "valores de función", en general estos siguen la estructura de la gráfica mostrada a continuación.

Como paso siguiente se procedió a dar a cada componente un valor relativo, llamado "peso", de acuerdo al juicio y experiencia de un grupo de especialistas, para finalmente con estos datos obtener el impacto ambiental.



Gráfica 1. Función de transformación

Se verá si dicho impacto es benéfico o adverso en base a la diferencia entre el impacto "sin" proyecto y "con" proyecto, utilizando la ecuación siguiente:

$$EI = \sum (Vi)1 wi - \sum (Vi)2 wi$$

Dónde:

EI = es el impacto ambiental

(Vi)1 = valor normalizado de 0 a 1 para el componente i, con proyecto.

(Vi)2 = valor normalizado de 0 a 1 para el componente i, sin proyecto.

wi = peso relativo del componente i.

El cambio neto entre el Impacto ambiental “sin proyecto” y “con proyecto” indicará la característica benéfica (+) o adversa (-) del impacto generado sobre el componente evaluado. Como siguiente paso, se localizan las señales de alerta en los impactos adversos, las cuales son la representación porcentual de este cambio neto.

Las señales de alerta son clasificadas en tres tipos: menor, cuando presentan un porcentaje del 0 al 33.3% en cuyo caso requerirán medidas de mitigación generales; menores, cuando presenten un porcentaje del 33.3 al 66.6% y mayores cuando el porcentaje sea del 66.6 al 100%, en los últimos casos se requerirán medidas de prevención y mitigación más específicas.

**Tabla 3. Clasificación de impactos**

Señal de alerta	Clasificación del impacto	Acción
0 – 33.3 %	Menor 	Medidas generales
33.3 – 66.6 %	Medio 	Medidas específicas
66.6 – 100 %	Mayor 	Medidas específicas

Una vez determinadas las medidas de mitigación y prevención adecuadas a aplicar para cada componente afectado, se vuelven a calcular las señales de alerta (porcentaje de cambio) comparando los escenarios “sin proyecto” y “con proyecto y con medidas de mitigación”; esta vez, las señales de alerta encontradas indicarán los impactos residuales provocados por el proyecto propuesto.

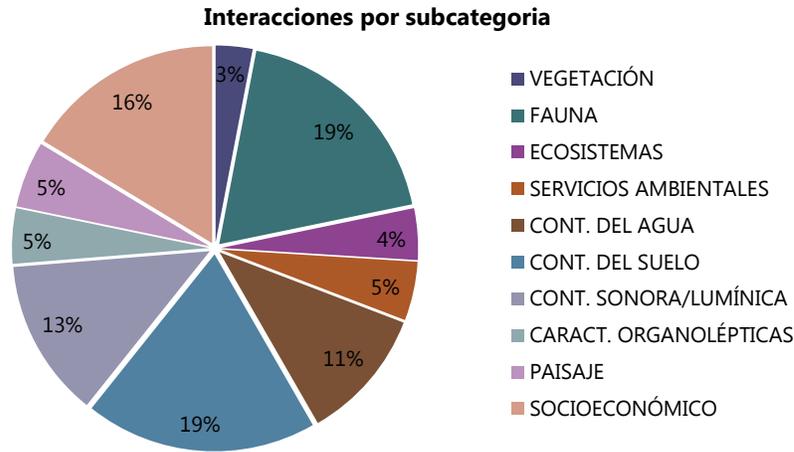
## V.2 Identificación de impactos

Se observa que de los 48 componentes incluidos en la matriz de identificación, sólo 41 muestran una interacción actividad/componente, es decir, se identifican 41 impactos que en este punto aún no se determina si son de tipo positivo o negativo. La matriz resultante se muestra en la tabla siguiente.





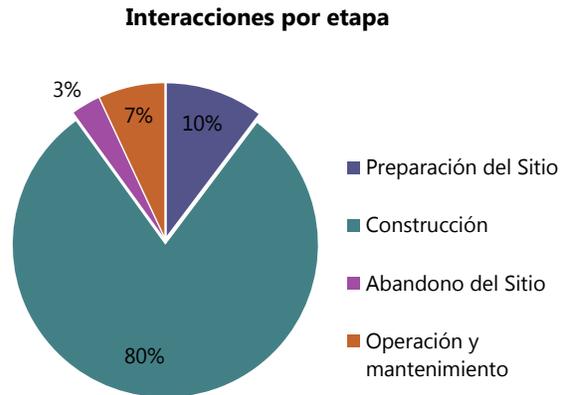
Los 41 impactos identificados, se grafican en primer lugar en base a la subcategoría en la que se presentan, obteniendo lo siguiente:



**Gráfica 2. Distribución de interacciones por subcategoría**

En la gráfica se observa que el mayor número de interacciones lo reciben las subcategoría de fauna y suelo, ambas con un porcentaje de 19%, esto indica que son los componentes que serán más intervenidos en las distintas actividades a realizar. De acuerdo a los porcentajes de distribución obtenidos, le sigue la subcategoría socioeconómico con 16% de las interacciones, la contaminación al suelo (13%), la contaminación sonora (13 %) y la contaminación al agua (11%). El resto de las subcategorías presenta menos del 6% de las interacciones, incluyendo a la vegetación con un 3% ya que el impacto en sus componentes únicamente se genera en la actividad de desmonte y despalme.

Para complementar el análisis anterior se obtiene la gráfica de distribución de impactos en base a las actividades a realizar en cada etapa en las que se presentan las interacciones, la cual se muestra a continuación.



**Gráfica 3. Distribución de interacciones por etapa**

Se observa que la mayor parte de los impactos se presentan en la etapa de construcción y en la de preparación del sitio, ya que es en éstas, donde se realizan las actividades más importantes para llevar a cabo la realización del camino y de la instalación de sus distintas obras requeridas, actividades en las que destacan el desmonte y despalme, el movimiento de material y el uso de maquinaria.

En la preparación del sitio los impactos se generan por las actividades de desmonte y despalme afectando subcategorías como la vegetación (de tipo forestal, preferentemente forestal y no forestal), la fauna (ocurriendo desplazamientos y atropellamientos), el suelo, el paisaje, etc.; mientras que en la etapa de construcción los impactos son dados por la operación de maquinaria y equipo, la generación de residuos y también el movimiento de materiales; lo anterior afecta a subcategorías como el suelo, la calidad del aire y la fauna (atropellamientos).

Durante la etapa de operación y mantenimiento se encuentran también interacciones con la fauna ya que pueden llegar a ocurrir atropellos de algunas especies de herpetofauna y mamíferos, principalmente en las zonas más conservadas del trazo, así mismo con la realización del proyecto se considera la creación de un efecto barrera para la fauna. En esta etapa también se localizan impactos a los aspectos de interés humano, como la generación de empleos temporales y la mejora de la infraestructura carretera.

En este paso aún no se determina el tipo de impacto: positivo o negativo, sin embargo de forma general se puede determinar que las subcategoría más afectadas de forma negativa por la ejecución del proyecto podrían ser las que presentan mayor número de intersecciones como son Fauna y Suelo.

### **V.3 Análisis de escenarios y valoración de impactos**

Para realizar la valoración del impacto con la metodología de Batelle – Columbus, se utilizan los 41 componentes resultantes con alguna interacción en las actividades a realizar para la instalación del proyecto.

Como primer paso se realiza la evaluación relacionando los casos “sin proyecto” y “con proyecto y sin medidas de mitigación”; de la cual obtendremos como resultado el Cambio neto en la cual indica el porcentaje de cambio entre los escenarios analizados para cada componente, y el signo que obtiene cada valor indica el tipo de impacto ya sea negativo o positivo; y las Señales de Alerta, las cuales indican la magnitud del impacto. Como se muestra en las siguientes tablas de resultados por categoría.

#### **V.3.1 Análisis Sin medidas de mitigación**

##### ***V.3.1.1 Ecología***

De acuerdo al análisis de la categoría, en la columna de Cambio neto se observa que los impactos son de tipo negativo, mientras que en la columna de Señales de Alerta se destacan 8 componentes con impactos de magnitud Alta y 10 componentes con impactos de magnitud media.

Dentro de los de magnitud alta tenemos a las subcategorías de:

**Vegetación:** Se observa un impacto de magnitud Alta para la vegetación forestal y preferentemente forestal, como resultado de la actividad de desmonte requerida en una superficie de 21.182 Ha. (20.058 de vegetación forestal y 1.129 Ha. de vegetación preferentemente forestal) para la construcción de las distintas obras del camino, dicha superficie está compuesta por especies de Bosque de Encino, Bosque de Oyamel; mientras que la vegetación no forestal es de 18.907 Ha (herbáceas).

A nivel AI la superficie con vegetación forestal a afectar ocupa un 42.81% del Área de influencia (636.29 ha), pero considerando que la afectación es únicamente dentro de la Línea de ceros se afectará un 3.19% de dicha superficie, dentro de la cual se identificaron especies de las familias Cupressaceae, Gentianaceae, Asparagaceae, Cactaceae, Bromeliaceae, Asteraceae y Fagaceae, de las primeras 4 mencionadas se identificaron algunas especies de gran importancia ecológica, encontrándose listadas en la NOM-059-

SEMARNAT-2010; como son *Cupressus lusitanica* y *Gentiana spathacea* en la categoría Pr (Protección especial), *Dasyllirion acrotrichum* y *Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps* en categoría A (Amenazada)

Aunque el impacto a la subcategoría de *Especies de importancia ecológica*, se califica en la parte alta de la escala de impactos medios (65), es un impacto relevante debido a que dichas especies tiene un papel importante en el ecosistema y serán afectadas al realizar el desmonte, por lo que son contempladas en las medidas de prevención.

Fauna: De acuerdo con la identificación de impactos la subcategoría de fauna es la que más intersecciones representa en sus distintos componentes los cuales serán afectados directa o indirectamente en todas las etapas del proyecto, desde un inicio y hasta que esté en operación el camino la herpetofauna (reptiles y anfibios) se verá afectada principalmente por la pérdida de su hábitat, la probabilidad de sufrir atropellos durante la operación de la maquinaria; en el caso de aves y mamíferos el impacto es de magnitud media ya que estos son capaces de desplazarse a una mayor velocidad por lo que la posibilidad de que ocurra este impacto es menor, sin embargo una vez construido el camino serian de los impactos más frecuentes afectando principalmente a las poblaciones de anfibios, reptiles y algunos mamíferos pequeños que son más susceptibles debido a su bajo nivel de desplazamiento. En el caso de las especies de tamaño mediano y grande, este efecto puede ser menor, así como para las aves, sin embargo al encontrarse en la zona algunas especies de importancia ecológica, este impacto fue clasificado como Alto.

Dentro de las especies de fauna identificadas se registraron 5 con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de los cuales tenemos 4 especies en la categoría de Protección especial (Pr) (*Sciurus oculatus*, *Barisia imbricata*, *Sceloporus grammicus* y *Plestiodon lynxe*) y 1 especie Amenazada (A) (*Oporornis tolmiei*).

Finalmente la construcción de la carretera creará una barrera geográfica artificial que por sus características será casi infranqueable para la mayor parte de las especies de mamíferos, reptiles y anfibios, restringiendo así los desplazamientos de algunas especies.

Sumidero de CO<sub>2</sub>: este impacto va de la mano con la afectación a la vegetación forestal, ya que sin vegetación presente se reducirá la captura del carbono en la superficie de afectación directa.

**Tabla 5. Evaluación de impactos sin medidas - Ecología**

ECOLOGÍA		SIN PROYECTO	CON PROYECTO	CAMBIO NETO S/MEDIDAS	SEÑALES DE ALERTA
Especies y poblaciones	Vegetación forestal	14	2.1	-11.9	85
	Vegetación preferentemente forestal	14	3.5	-10.5	75
	Vegetación no forestal	12	3.6	-8.4	70
	Especies de importancia ecológica	14	4.9	-9.1	65
Fauna	Anfibios - Pérdida de hábitat	12	3.6	-8.4	70
	Reptiles - Pérdida de hábitat	12	3	-9	75
	Aves - Pérdida de hábitat	12	5.4	-6.6	55
	Mamíferos - Pérdida de hábitat	12	4.2	-7.8	65
	Ocurrencia de atropellamientos Anfibios	12	4.8	-7.2	60
	Ocurrencia de atropellamientos Reptiles	13	5.2	-7.8	60
	Ocurrencia de atropellamientos Aves	12	7.8	-4.2	35
	Ocurrencia de atropellamientos Mamíferos	13	5.58	-7.15	55
	Interrupción de desplazamiento de fauna especies pequeñas	14	2.8	-11.2	80
	Interrupción de desplazamiento de fauna especies grandes	14	6.3	-7.7	55
	Interrupción de desplazamiento de especies en la NOM 059	14	3.5	-10.5	75

Servicios ambientales	Ciclo del agua	12	6	-6	50
	Autodepuración del agua	12	6	-6	50
	Sumidero de CO <sub>2</sub>	12	4	-8	66.67

### V.3.1.2 Contaminación ambiental

En general, la calidad ambiental del sitio del proyecto es media, de acuerdo a las metodologías de diagnóstico aplicadas y descritas en el capítulo IV. A lo largo de la trayectoria se pueden apreciar sitios altamente deteriorados o modificados por efecto de las actividades antropogénicas; no obstante es posible también observar superficies bien conservadas de vegetación natural con una fuerte dominancia de bosques de encino.

La modificación al relieve se observa como un impacto de magnitud Alto, debido a la modificación de las pendientes naturales, principalmente en las zonas donde se deberán de realizar los cortes; a pesar de que la afectación será únicamente dentro de la Línea de ceros del proyecto y sólo en algunos tramos; para el caso de la compactación se contempla el tránsito de maquinaria de construcción apisonando áreas que no estén destinadas a la superficie de rodamiento del proyecto. Aunado a este impacto tenemos en magnitud media pero de alto rango a la Erosión, este impacto no es considerado alto ya que de acuerdo a la visita de campo realizada se observaron sitios erosionados en forma de cárcavas profundas, mismos que requerirán de actividades específicas para evitar posibles daños estructurales al cuerpo carretero.

Por su parte se espera también la generación de residuos urbanos generados por los trabajadores, restos de material de construcción y residuos peligrosos como material impregnado con aceites y combustibles originados del funcionamiento de la maquinaria de construcción. Estas emisiones son temporales, ya que se esperan durante el tiempo que dure la obra, sin embargo también podrán suceder aunque en menor magnitud cuando sean requeridas actividades de mantenimiento.

Se contempla también dentro de la subcategoría de contaminación del agua, con una magnitud media (pero en el rango más alto) contemplado por las afectaciones causadas por el derrame de sustancias químicas, el arrastre de material o sedimentos y modificación de causas, principalmente en las actividades de acarreos y construcción de los túneles, PIV y los viaductos, considerando cualquier descarga contaminante, o residuo que pueda llegar a los escurrimientos naturales, que se encuentren dentro del AI o del SAR.

**Tabla 6. Evaluación de impactos sin medidas – Contaminación ambiental**

CONTAMINACION AMBIENTAL		SIN PROYECTO	CON PROYECTO	CAMBIO NETO S/MEDIDAS	SEÑALES DE ALERTA
Contaminación del agua	Derrame de sustancias químicas	14	4.9	-9.1	65
	Arrastre de material o sedimentos	12	4.2	-7.8	65
	Modificación de causas	12	7.8	-4.2	35
Contaminación atmosférica	<i>Ver características organolépticas</i>				
Contaminación del suelo	Erosión	9.6	4.2	-5.4	56.25
	Relieve/topografía	9.6	3	-6.6	68.75
	Drenaje superficial	9.6	7.2	-2.4	25
	Compactación	9.6	6.6	-3	31.25
	Estabilidad de taludes	9.6	6	-3.6	37.5
	Residuos sólidos	9.6	4.8	-4.8	50
	Residuos sólidos peligrosos	12	4.8	-7.2	60
Contaminación	Ruido diurno	5.4	2.7	-2.7	50

sonora/lumínica	Ruido nocturno	5.4	4.05	-1.35	25
	Intrusión lumínica	6	4	-2	33.33

### V.3.1.3 Aspectos estéticos

Las actividades emisoras de contaminación al aire o al agua se realizan principalmente en la etapa de construcción por lo que tendrían una duración definida, esto hace que sean valoradas como un impacto medio. Entre las emisiones al aire se encuentra la emisión de polvo y partículas, generación de gases de combustión por vehículo y maquinaria utilizados, así como por el movimiento de material, sobre todo durante las actividades del despalme, la conformación de terracerías y las excavaciones de las distintas obras a construir. Entre las emisiones al agua se encuentran aguas de uso sanitario y residuos (material edáfico, residuos sólidos) arrastrados a los escurrimientos naturales y cuerpos de agua.

**Tabla 7. Evaluación de impactos sin medidas – Aspectos estéticos**

ASPECTOS ESTÉTICOS		SIN PROYECTO	CON PROYECTO	CAMBIO NETO S/MEDIDAS	SEÑALES DE ALERTA
Características organolépticas	Calidad perceptible del aire	9.6	5.4	-4.2	43.75
	Calidad perceptible del agua	9.6	6	-3.6	37.5
Paisaje	Singularidad o rarezas	5.5	3.3	-2.2	40
	Actuaciones humanas	5	3.225	-1.775	35.5
	Color	5	3	-2	40

El paisaje es considerado un impacto Medio, ya que de acuerdo a lo observado a lo largo de la trayectoria del proyecto y dentro del AI, actualmente el sitio se encuentra fragmentado con diversos elementos de conservación y deterioro, atravesando por zonas que han sido intervenidas por actividades antropogénicas, presencia de asentamientos humanos, terrenos de cultivos y pastizales inducidos, también se pueden observar terrenos desprovistos de vegetación y vegetación secundaria. En cuanto a elementos de orden natural, básicamente pasa por superficies forestales de bosque de encino y algunos pequeños fragmentos de bosque mixto de encino-oyamel.

La ejecución del proyecto traería consigo un vasto cumulo de problemas ambientales, que degradarían en forma considerable la calidad visual del paisaje, tanto por la dimensión en el ancho de la carretera, como por los cortes sobre terrenos en alta pendiente. Otro aspecto negativo, se presentara en la funcionalidad del paisaje como conector de parches en los ecosistemas conservados.

### V.3.1.4 Aspectos de interés humano

El proyecto atraviesa por los municipios de Pachuca de Soto, Mineral del Monte y Omitlán de Juárez, los cuales cuentan con atractivos naturales considerando con esto un alto potencial para el desarrollo de las actividades turísticas. El potencial que tiene el sector turístico se ha encontrado y desarrollado en los últimos años, por lo que proyectos de infraestructura como el presente contribuyen al desarrollo de los objetivos del crecimiento turístico en la zona; en este caso principalmente Mineral del Monte o también conocido como Real del Monte ya es un pintoresco pueblo donde se respira auténtico aire de provincia, y se fusiona con los vestigios de nuestra cultura mestiza e influencia inglesa.

Es por lo anterior que los componentes de esta categoría presentan impactos positivos; en primer lugar la construcción de la vía de comunicación contribuirá al desarrollo social y económico regional, aunque por ser un efecto que podrá verse en un mediano o largo plazo el impacto se clasifica como menor. La

generación de actividades comerciales (compra/venta de material de construcción, arrendamiento de equipo, maquinaria, sanitarios portátiles, etc.) y la generación de empleos también son impactos positivos pero de magnitud menor, por ser de tipo temporal tanto durante la instalación del proyecto como en el caso de requerir actividades de mantenimiento durante la etapa de operación.

**Tabla 8. Evaluación de impactos sin medidas – Aspectos de interés humano**

ASPECTOS DE INTERÉS HUMANO		SIN PROYECTO	CON PROYECTO	CAMBIO NETO S/MEDIDAS	SEÑALES DE ALERTA
Socioeconómico	Actividades comerciales	6	10.2	4.2	70
	Generación de empleos	6	10.2	4.2	70
	Vías de comunicación	5.5	8.8	3.3	60
	Seguridad de la población	11	7.7	-3.3	30
	Seguridad de los trabajadores	11	3.85	-7.15	65

Los impactos negativos encontrados en esta categoría son menores, por ser también de tipo temporal; el primero se refiere a la seguridad de la población durante la etapa de preparación del sitio y construcción, principalmente donde se realizaran la construcción de los entronques “Mineral del Monte” ubicado en el km 11+020 y el de “San Miguel Regla” en el km 20+357; así como en los sitios donde la trayectoria del proyecto intersecta con la carretera actual, encontrándose con los riesgos de transitar en un tramo con obras en curso. De forma contraria al entrar en operación, el camino construido presentara dimensiones de un camino tipo A4 y A4s.

El segundo impacto negativo menor es también temporal y se localiza en la etapa de preparación del sitio y construcción, debido a los riesgos que presenta los trabajadores en las actividades de construcción donde se incluye el manejo de maquinaria pesada.

### **V.3.2 Análisis Con medidas de mitigación**

#### **V.3.2.1 Ecología**

Con las medida de mitigación propuestas para las subcategorías de vegetación y fauna se logra disminuir la magnitud de los impactos negativos Altos, y como se observa en la tabla siguiente los impactos residuales tienen una magnitud Media; no sólo disminuye la magnitud de los impactos Medios sino que los impactos menores también reducen su puntuación, como resultado del conjunto de actividades de mitigación y prevención.

Las actividades propuestas son descritas en el capítulo VI, sin embargo se pueden mencionar entre ellas el rescate y reubicación de especies de las familias Cupressaceae, Gentianaceae, Asparagaceae, Cactaceae Bromeliaceae, Fagaceae, Orchidaceae y Pinaceae, así como la reforestación con especies nativas de las familias Cupressaceae, Fagaceae y Pinaceae, en una superficie de 1.571 Ha, la cual se propone sea fuera de la LC pero dentro del AI.

Para la fauna se propone el rescate y reubicación de individuos, así como un monitoreo para ubicar los sitios y obras de drenaje utilizados para el cruce del camino y de esta forma adaptarlas para mejorar su funcionamiento.

El efecto agregado de estas actividades se observa en la disminución del impacto generado a los servicios ambientales, ya que estos están fuertemente ligados a la conservación de la cobertura vegetal.

**Tabla 9. Evaluación de impactos con medidas - Ecología**

ECOLOGÍA		SIN PROYECTO	C/PROYECTO Y C/MEDIAS	CAMBIO NETO C/MEDIAS	SEÑALES DE ALERTA/ RESIDUALES
Especies y poblaciones	Vegetación forestal	14	5.6	-8.4	60
	Vegetación preferentemente forestal	14	5.6	-8.4	60
	Vegetación no forestal	12	4.8	-7.2	60
	Especies de importancia ecológica	14	5.6	-8.4	60
Fauna	Anfibios - Pérdida de hábitat	12	4.8	-7.2	60
	Reptiles - Pérdida de hábitat	12	6	-6	50
	Aves - Pérdida de hábitat	12	8.4	-3.6	30
	Mamíferos - Pérdida de hábitat	12	7.2	-4.8	40
	Ocurrencia de atropellamientos Anfibios	12	4.8	-7.2	60
	Ocurrencia de atropellamientos Reptiles	13	5.2	-7.8	60
	Ocurrencia de atropellamientos Aves	12	7.2	-4.8	40
	Ocurrencia de atropellamientos Mamíferos	13	7.8	-5.2	40
	Interrupción de desplazamiento de fauna especies pequeñas	14	8.4	-5.6	40
	Interrupción de desplazamiento de fauna especies grandes	14	9.8	-4.2	30
	Interrupción de desplazamiento de especies en la NOM 059	14	7	-7	50
Servicios ambientales	Ciclo del agua	12	7.2	-4.8	40
	Autodepuración del agua	12	7.2	-4.8	40
	Sumidero de CO <sub>2</sub>	12	4.8	-7.2	60

### V.3.2.2 Contaminación ambiental

En el caso de esta categoría, los puntos de emisión contaminantes son fácilmente identificados, lo que permite la propuesta de actividades preventivas factibles de realizarse y que como se observa en la columna de señales de alerta, son efectivas para la disminución del impacto, siempre y cuando sean realizadas en tiempo y forma.

De manera específica para en la subcategoría de suelo es recomendable realizar la estabilidad de taludes, la estabilización de cárcavas y la revegetación en la zona donde se realizaron los cortes, con la finalidad de proteger al suelo de futuras afectaciones principalmente donde atraviesa la carretera.

Entre las actividades propuestas se encuentra la del manejo adecuado de todo tipo de residuos, el correcto almacenaje de material de construcción, la instalación de sanitarios portátiles, el mantenimiento de maquinaria y equipo, y la impartición de pláticas de conservación ambiental a los trabajadores, entre otras.

**Tabla 10. Evaluación de impactos con medidas – Contaminación ambiental**

CONTAMINACION AMBIENTAL		SIN PROYECTO	C/PROYECTO Y C/MEDIAS	CAMBIO NETO C/MEDIAS	SEÑALES DE ALERTA/ RESIDUALES
Contaminación del agua	Derrame de sustancias químicas	14	7	-7	50
	Arrastre de material o sedimentos	12	6	-6	50
	Modificación de causas	12	6	-6	50
Contaminación atmosférica	<i>Ver características organolépticas</i>				
Contaminación del suelo	Erosión	9.6	6	-3.6	37.5
	Relieve/topografía	9.6	4.8	-4.8	50
	Drenaje superficial	9.6	4.8	-4.8	50
	Compactación	9.6	6	-3.6	37.5

	Estabilidad de taludes	9.6	7.2	-2.4	25
	Residuos sólidos	9.6	6	-3.6	37.5
	Residuos sólidos peligrosos	12	6	-6	50
Contaminación sonora/lumínica	Ruido diurno	5.4	4.5	-0.9	16.67
	Ruido nocturno	5.4	3.6	-1.8	33.33
	Intrusión lumínica	6	6	0	0

### V.3.2.3 Aspectos estéticos

Los componentes visuales del paisaje afectados por el proyecto, presentan una mejora al contemplar que sean llevadas a cabo las medidas de prevención y mitigación propuestas para las categorías anteriores, tales como el manejo de residuos y la disminución de la emisión de gases de combustión. Así mismo las actividades para la conservación y restauración de la vegetación ofrecen un medio de amortiguamiento para la afectación al paisaje producido por la apertura del camino.

**Tabla 11. Evaluación de impactos con medidas – Aspectos estéticos**

ASPECTOS ESTÉTICOS		SIN PROYECTO	C/PROYECTO Y C/MEDIAS	CAMBIO NETO C/MEDIAS	SEÑALES DE ALERTA/ RESIDUALES
Características organolépticas	Calidad perceptible del aire	9.6	6	-3.6	37.5
	Calidad perceptible del agua	9.6	6	-3.6	37.5
Paisaje	Singularidad o rarezas	5.5	4.4	-1.1	20
	Actuaciones humanas	5	4	-1	20
	Color	5	4	-1	20

### V.3.2.4 Aspectos de interés humano

En este caso los componentes de interés humano que son elementos socioeconómicos del área del proyecto, presentaron impactos positivos aún sin medidas de mitigación, respondiendo a los propios objetivos del proyecto y no se considera que requieran alguna medida de mitigación directa.

En todo caso las actividades propuestas para prevenir las afectaciones a los componentes de las categorías anteriores favorecen la interacción del proyecto con el ecosistema en el que se inserta.

Por su parte para los impactos negativos encontrados, se proponen medidas de seguridad tanto para los trabajadores, como para los usuarios durante el tiempo que duren las etapas de Preparación del sitio y construcción del proyecto; con lo que se logra prevenir la ocurrencia de accidentes.

**Tabla 12. Evaluación de impactos con medidas – Aspectos de interés humano**

ASPECTOS DE INTERÉS HUMANO		SIN PROYECTO	C/PROYECTO Y C/MEDIAS	CAMBIO NETO C/MEDIAS	SEÑALES DE ALERTA/ RESIDUALES
Socioeconómico	Actividades comerciales	6	10.8	4.8	80
	Generación de empleos	6	10.8	4.8	80
	Vías de comunicación	5.5	6.6	1.1	20
	Seguridad de la población	11	8.8	-2.2	20
	Seguridad de los trabajadores	11	8.8	-2.2	20

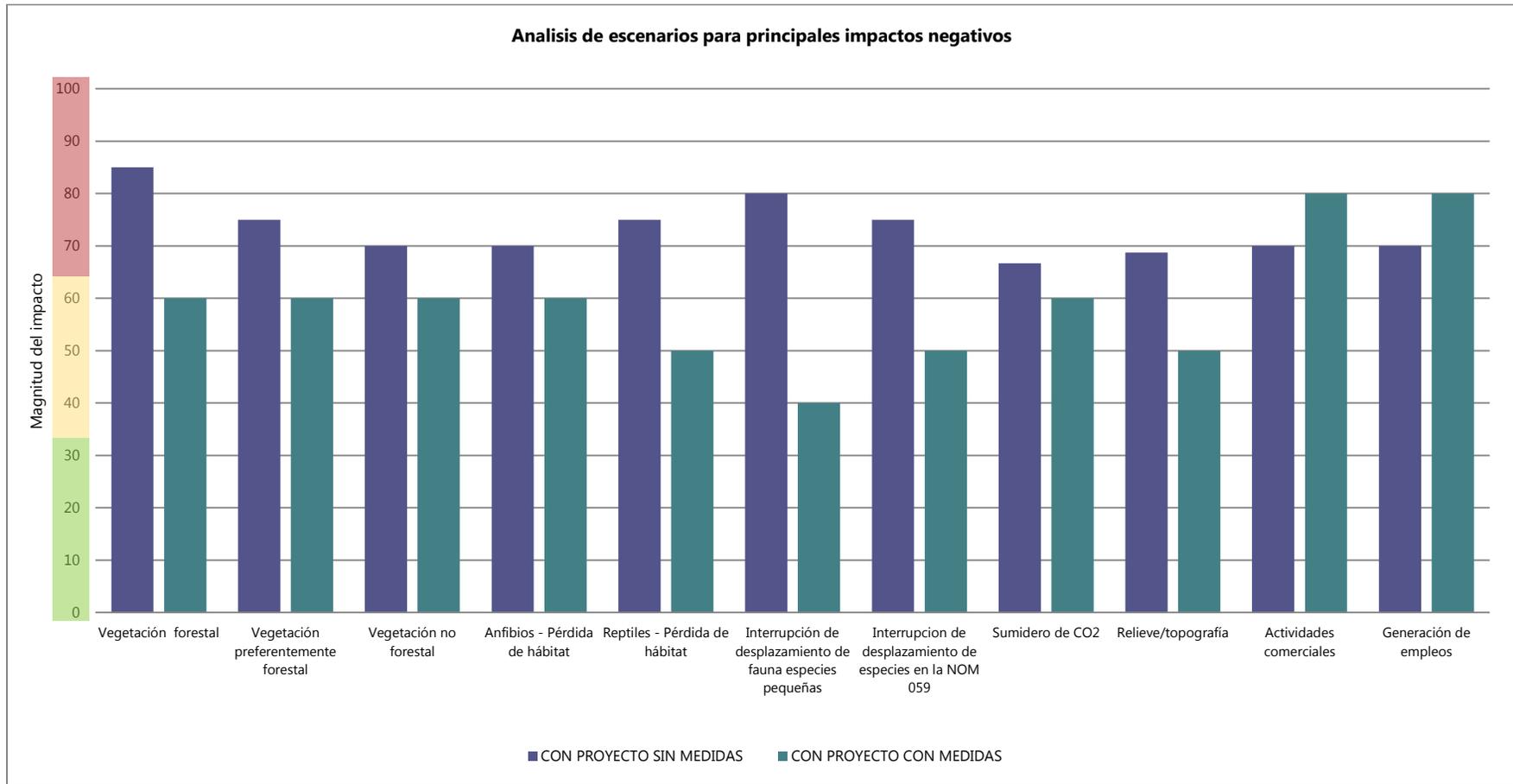
## **V.4 Resultados**

De los 48 componentes considerados para el SAR, son 41 los que se identifica que sin implementar medidas de ningún tipo, serán afectados por el proyecto: el 86% presenta un impacto negativo y el 14 % un impacto positivo, los impactos positivos se ubican mayormente dentro de los componentes socioeconómicos.

Al analizar la magnitud de los impactos identificados, se encuentra que el 66% de los componentes recibe un impacto Medio, el 27 % es de impacto Mayor y el 7 % recibe un impacto Menor.

Los impactos negativos de magnitud Alta se ubican en la categoría de ecología, en los componentes de la fauna y vegetación, así como los relacionados a éstas como la interrupción de desplazamiento de especies ya sean pequeñas o grandes. Algunos otros componentes como suelo y la generación de residuos también tienen una magnitud menor-alta; y por parte de los impactos positivos encontrados, son pocos los componentes afectados y de magnitud menor.

Cuando se consideran en la evaluación de los impactos las medidas preventivas y de mitigación propuestas en el capítulo VI, se logra reducir la magnitud de todos los impactos negativos Altos, lo cual se muestra en la gráfica siguiente donde se seleccionan algunos de los principales impactos para mostrar la reducción de la magnitud al contemplar las medidas de mitigación.



Gráfica 4. Comparación de escenarios para principales impactos negativos

VI. ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	2
VI.1 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN	2
VI.1.1 Estrategias de mitigación para impactos negativos	2
VI.1.2 Estrategias generales de mitigación	4
VI.1.3 Impactos residuales	10
VI.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	10
VI.2.1 Programa de seguimiento y monitoreo	11
VI.3 INFORMACIÓN PARA FIJAR MONTOS DE FIANZAS	15

## **VI. ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

### **VI.1 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN**

Para identificar y evaluar los impactos ambientales, se identificaron los componentes que presentaron cambios al insertar el proyecto, se puso especial atención a los cambios con valor negativo y se calculó el porcentaje de cambio presentado (señales de alerta) lo cual arrojó información sobre la severidad del impacto.

En este caso, los impactos negativos de magnitud Alta se ubican en la categoría de ecología, en los componentes de la fauna y vegetación, así como los relacionados a éstas como la interrupción de desplazamiento de especies de fauna. Algunos otros componentes como suelo y la generación de residuos también tienen una magnitud menor-alta; la metodología indica que para los impactos menores se proponen medidas de mitigación generales y para los clasificados como medios y altos se proponen medidas de mitigación especiales o puntuales, por lo que es de esta forma como se presentan las propuestas en este capítulo.

Así también para la propuesta de estas medidas de prevención y mitigación se consideran las estrategias y criterios ecológicos que se presentan en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Hidalgo así como los criterios ecológicos aplicables del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Valle Pachuca-Tizayuca.

Las medidas propuestas se definen brevemente como sigue:

- a. Medidas preventivas (Pr). Estas acciones evitan efectos previsibles de deterioro en el ambiente.
- b. Medidas de remediación (Re). Estas acciones tienen como fin contrarrestar los efectos negativos provocados por las actividades del proyecto.
- c. Medidas de rehabilitación (Rh). Son programas de conservación y cuidado que se deberán llevar a cabo una vez terminado el proyecto para conservar la estructura y funcionalidad del SAR.
- d. Medidas de compensación (Cm). Estas medidas no evitan la aparición del efecto, pero contrapesa de alguna manera la alteración del factor, son aplicadas a impactos irrecuperables e inevitables.
- e. Medidas de reducción (Rd). Con la aplicación de estas medidas los daños que se puedan ocasionar al ecosistema serán mínimos.

#### **VI.1.1 Estrategias de mitigación para impactos negativos**

Se presentan las medidas de mitigación específicas propuestas para los impactos identificados como negativos de magnitud media, que en este caso se encuentran dentro de la categoría de ecología y componentes de la fauna y vegetación, y los relacionados a ellas como la pérdida de hábitat, los atropellamientos y la interrupción del desplazamiento de especies de tamaño pequeño y grande como la herpetofauna y mamíferos.

En general estos impactos ya se presentan en la zona del proyecto como consecuencia del camino actual, y con su ampliación se incrementa su magnitud calificándolos como medios con la metodología utilizada.

V.1.1.1 Ecología

Tabla 1. Medidas específicas para impactos mayores - Vegetación

Vegetación
<p><u>Actividad:</u> Rescate y reubicación de individuos de especies de las familias Asparagaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Cupressaceae, Fagaceae, Gentianaceae y Pinaceae; los cuales, serán afectados por la apertura del camino. (<i>Ver programa en el apartado de anexos</i>)</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y encargado de flora</p> <p><u>Duración:</u> Antes de las actividades de preparación del sitio</p> <p><u>Recursos:</u> Material y equipo para colecta, resguardo y reubicación de plantas</p> <p><u>Vinculación:</u> Criterio 5C POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Acciones de reforestación con especies nativas de las familias: Cupressaceae, Fagaceae y Pinaceae. (<i>Ver programa en el apartado de anexos.</i>)</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Compensación</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y encargado de flora</p> <p><u>Duración:</u> se tendrá un periodo de ocho meses para concluir los trabajos de reforestación, seguidos de la medición inicial de sobrevivencia conformando en 10 meses en total.</p> <p><u>Recursos:</u> Material y equipo para colecta, resguardo y plantación</p> <p><u>Vinculación:</u> Criterio Fn02 POERP-T</p>

Tabla 2. Medidas específicas para impactos mayores - Fauna

Fauna
<p><u>Actividad:</u> Rescate y reubicación de herpetofauna</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y encargado de fauna</p> <p><u>Duración:</u> Antes y durante las actividades de preparación del sitio</p> <p><u>Recursos:</u> Material para manejo de fauna</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-059-SEMARNAT-2010, Criterio 5C POEEH, Criterio 43Mae POEEH</p> <p><u>Descripción:</u> La mejor manera de evitar la mortalidad de los anfibios y reptiles durante la ejecución del desmonte es por medio de un rescate directo, para ello, se debe contar con dos profesionistas capacitados en el manejo de las diversas especies de estos grupos (herpetólogos), los cuales realizarán una minuciosa revisión de todos los potenciales refugios que se encuentren en el área de afectación del proyecto, para capturar a todos los organismos que lleguen a observar, posteriormente deberán reubicarlos en sitios de similares o mejores condiciones ambientales en relación al sitio de captura, a una distancia perpendicular del eje del proyecto de por lo menos 500 metros.</p>
<p><u>Actividad:</u> Protección de nidos y rescate de mastofauna</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención y reducción</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y encargado de fauna</p> <p><u>Duración:</u> Antes y durante las actividades de preparación del sitio</p> <p><u>Recursos:</u> Material para manejo de fauna</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-059-SEMARNAT-2010, Criterio 14Ff, 15Ff POEEH</p> <p><u>Descripción:</u> Para estas actividades es necesario contar con un dos profesionistas capacitados en la identificación de aves y en el manejo de mamíferos (ornitólogo o mastozoólogo) para determinar la presencia de nidos activos en el área de afectación directa del proyecto, en el caso de esto ocurra, se deberán proteger y evitar su derribo hasta que se presente el abandono natural de los polluelos, es decir, hasta que alcancen autonomía alimenticia.</p> <p>Por otra parte y en el caso de encontrar mamíferos renuentes a huir del área de afectación del proyecto, se deberá</p>

realizar un esfuerzo para intentar capturarlos, para posteriormente liberarlos a una distancia perpendicular de por lo menos 1 km. del eje del proyecto, pero siempre procurando que sea en sitios alejados de asentamientos humanos.

Actividad: Ahuyentamiento de fauna. El Ahuyentamiento consistirá en el recorrido de una brigada de al menos cuatro personas que caminarán paulatinamente, en toda la superficie solicitada para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, generando ruidos para ahuyentar principalmente aves y mamíferos

Tipo de medida: Reducción

Responsable: Supervisor ambiental y residente de obra

Duración: Previo al inicio de actividades en cada frente de trabajo

Recursos: Equipo de fauna

Vinculación: NOM-059-SEMARNAT-2010,

## VI.1.2 Estrategias generales de mitigación

Las actividades generales de prevención y mitigación, se presentan para los impactos clasificados como menores, los cuales aunque representan una afectación mínima, al ser de efecto negativo es importante seguir algunas medidas para su prevención y mitigación, así como para la mejor integración del proyecto en el ámbito ambiental y social.

### VI.1.2.1 Ecología

**Tabla 3. Medidas generales para Vegetación**

Vegetación
<p><u>Actividad:</u> Limitar la circulación de vehículos a la Línea de ceros.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> ---</p>
<p><u>Actividad:</u> Prohibir el uso de fuego o sustancias químicas para el desmonte, éste deberá realizarse de forma manual.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> personal capacitado, motosierras y herramientas para el desmonte</p> <p><u>Vinculación:</u> Criterio 17Ei,48Ei POEEH, Criterio 57Mae POEEH. Criterio Fo02 POERVP-T</p>
<p><u>Actividad:</u> Remover la vegetación únicamente en las superficies requeridas para la construcción del camino</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Actividades de retiro de vegetación (aproximadamente 12 meses)</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> Criterio 12Ff POEEH, Criterio 1Mae POEEH. Criterio If04 POERVP-T</p>
<p><u>Actividad:</u> Utilizar áreas sin vegetación y con poca pendiente para estacionar la maquinaria o instalar las obras provisionales.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p>

Vinculación: Criterio 1C, 6C POEEH

Actividad: Quedará estrictamente prohibida la extracción de flora silvestre o en su caso la introducción de flora exótica.

Tipo de medida: Prevención

Responsable: Supervisor ambiental

Duración: supervisión y educación ambiental

Recursos: Papelería y material didáctico para una capacitación sencilla

Vinculación: NOM-059-SEMARNAT-2010, Criterio 9Ff POEEH

Tabla 4. Medidas generales para fauna

Fauna
<p><u>Actividad:</u> Concientización ambiental acerca de la importancia de la fauna y flora de la región.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> 1 a 2 meses, dependiendo de la programación que implemente el supervisor ambiental</p> <p><u>Recursos:</u> Papelería y material didáctico para una capacitación sencilla</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-059-SEMARNAT-2010, Criterio 18C POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Quedará estrictamente prohibida la extracción de fauna silvestre o en su caso la introducción de fauna exótica.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> supervisión y educación ambiental</p> <p><u>Recursos:</u> Papelería y material didáctico para una capacitación sencilla</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-059-SEMARNAT-2010, Criterio 9Ff y 11Ff POEEH</p>

### VI.1.2.2 Contaminación ambiental

Tabla 5. Medidas generales para Agua

Agua
<p><u>Actividad:</u> Programación de las actividades de preparación del sitio y construcción evitando la temporada de lluvia, con el fin de evitar arrastre de material a escurrimientos cercanos</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Programación previo inicio de obra</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> --</p>
<p><u>Actividad:</u> Almacenar el material producto del desmonte y despalme en áreas sin vegetación nativa, sin pendiente y lejanas a escurrimientos naturales a fin de evitar arrastre a corrientes de agua</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Durante la actividad de retiro de vegetación y despalme (aprox.12 meses)</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u></p>
<p><u>Actividad:</u> Instalar las obras provisionales en áreas sin o con poca pendiente, sin vegetación y lejanas a escurrimientos</p>

<p>naturales</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> --</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-001-SEMARNAT-1996, Criterio 3Mae POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Instalar sanitarios portátiles en los frentes de trabajo</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Contratación de empresa arrendadora de sanitarios</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-001-SEMARNAT-1996, Criterio 28Ei,41Ei POEEH</p>

Tabla 6. Medidas generales para la calidad perceptible del aire

Calidad perceptible del aire
<p><u>Actividad:</u> Utilizar maquinaria y vehículos en buenas condiciones de operación a fin de minimizar la emisión de gases. Además se recomienda mantenerlas en constante mantenimiento y chequeo.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-041-SEMARNAT-2006</p>
<p><u>Actividad:</u> Evitar llenar los camiones de acarreo de material hasta su máxima capacidad y de ser necesario cubrirlos con lona y humedecer el material</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Reducción</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> durante las actividades de acarreo de material</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> Criterio 19C POEEH</p>

Tabla 7. Medidas generales para protección del Suelo

Suelo
<p><u>Actividad:</u> Realizar despalme únicamente en la superficie requerida para la construcción del camino.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Reducción</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Actividad de despalme</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u></p>
<p><u>Actividad:</u> Limitar el área de tránsito de la maquinaria y vehículos al ancho de la Línea de ceros a fin de evitar un aumento en el área afectada por compactación.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p>

<p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> ---</p>
<p><u>Actividad:</u> Las instalaciones para el almacén de combustibles, lubricantes y residuos peligrosos deben contar con piso impermeable y extintor. Colocar estas instalaciones en áreas sin vegetación, se sugiere localizar espacios para este fin en las áreas con asentamiento humanos cercanos.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Ninguno</p> <p><u>Vinculación:</u> Art 82 del Reglamento de la LGPGIR, Criterio 2C, POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Colocar contenedores rotulados para la disposición de residuos urbanos en los frentes de trabajo y área de oficinas y almacenes; estos residuos deben ser llevados al sitio de disposición final autorizados por el municipio. Se recomienda la separación de los residuos reciclables, de forma que se facilite su disposición final.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Contenedores para residuos urbanos</p> <p><u>Vinculación:</u> LGPGIR, Criterio 2C, 7C, 8C POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Para la disposición temporal de los residuos peligrosos se debe contar con un almacén temporal que tenga las características indicadas en el art. 82 del Reglamento de la LGPGIR, además los recipientes o tambos para su almacén deberán estar rotulados y su transporte y disposición final será realizado a través de una empresa autorizada por la SEMARNAT.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Tambos con tapa rotulados, almacén con suelo impermeable y extintor y la contratación de una empresa autorizada para su manejo</p> <p><u>Vinculación:</u> art. 82 del Reglamento de la LGPGIR, Criterio 2C, 14C POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Los RP's como estopas impregnadas, envases de lubricantes, suelo impregnado, aceite quemado, etc., deberán ser depositados en los recipientes indicados en el almacén temporal, y entregados posteriormente a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su manejo y disposición.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Tambos con tapa rotulados, almacén con suelo impermeable y extintor y la contratación de una empresa autorizada para su manejo</p> <p><u>Vinculación:</u> LGPGIR, NOM-054-SEMARNAT-1993, Criterio 2C, POEEH</p>
<p><u>Actividad:</u> Los sobrantes de mezcla asfáltica deben recogerse y en retornarse a la planta de asfalto, para su reciclado o disposición definitiva.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Herramienta menor</p> <p><u>Vinculación:</u> Art. 69 LGPGIR, NOM-138-SEMARNAT/SS-2003</p>
<p><u>Actividad:</u> Evitar realizar reparaciones mayores de maquinaria y vehículos en el área del proyecto, para esto se recomienda localizar talleres mecánicos propiamente instalados en las localidades cercanas a los frentes de trabajo.</p>

<p><i>Tipo de medida:</i> Prevención  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental  <i>Duración:</i> Todo el tiempo que dure la obra  <i>Recursos:</i> Ninguno  <i>Vinculación:</i> Art. 69 LGPGIR, NOM-138-SEMARNAT/SS-2003,</p>
<p><i>Actividad:</i> Revegetación de taludes  <i>Tipo de medida:</i> Remediación  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental y residente de obra  <i>Duración:</i> Todo el tiempo que dure la obra  <i>Recursos:</i> De acuerdo a los programas de rescate de vegetación y reforestación  <i>Vinculación:</i> Criterio 49 POEEH</p>
<p><i>Actividad:</i> Estabilización de cárcavas por medio de la revegetación estratégica con especies herbáceas  <i>Tipo de medida:</i> Remediación  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental y residente de obra  <i>Duración:</i> ---  <i>Recursos:</i> De acuerdo a los programas de rescate de vegetación y reforestación  <i>Vinculación:</i> ---</p>

Tabla 8. Medidas generales para evitar Ruido e intrusión lumínica

Ruido e intrusión lumínica
<p><i>Actividad:</i> Realizar mantenimiento preventivo vehículos de acarreo, para minimizar la emisión de ruido mayor a los límites permitidos en la normatividad correspondiente; en caso de otra maquinaria o equipo se tomaría como base esta misma normatividad.  <i>Tipo de medida:</i> Prevención  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental, residente de maquinaria  <i>Duración:</i> Etapas de preparación del sitio y construcción  <i>Recursos:</i> Ninguno  <i>Vinculación:</i> NOM-080-SEMARNAT-1994</p>
<p><i>Actividad:</i> Prohibir realizar cualquier tipo de actividad de las etapas de preparación del sitio y construcción durante la noche.  <i>Tipo de medida:</i> Prevención  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental y residente de obra  <i>Duración:</i> Etapas de preparación del sitio y construcción.  <i>Recursos:</i> Ninguno  <i>Vinculación:</i> Cap. VIII de la LGEEPA</p>
<p><i>Actividad:</i> De ser requerida la iluminación en las áreas de instalaciones provisionales se recomienda la iluminación localizada, evitando la intrusión lumínica.  <i>Tipo de medida:</i> Reducción  <i>Responsable:</i> Supervisor ambiental y residente de obra  <i>Duración:</i> Etapas de preparación del sitio y construcción  <i>Recursos:</i> Ninguno  <i>Vinculación:</i> Cap. VIII de la LGEEPA</p>

### VI.1.2.3 Aspectos estéticos

Tabla 9. Medidas generales para características organolépticas

Características organolépticas, paisaje
<p><b>Actividad:</b> Realizar mantenimiento preventivo de la maquinaria y los vehículos de acarreo, para evitar emisión de gases contaminantes mayores a los límites permitidos en la normatividad correspondiente: NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de motores que usan gasolina como combustible y NOM-045-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo en vehículos en circulación a 91ésel</p> <p><b>Tipo de medida:</b> Prevención</p> <p><b>Responsable:</b> Supervisor ambiental, residente de maquinaria</p> <p><b>Duración:</b> Etapas de preparación del sitio y construcción</p> <p><b>Recursos:</b> Taller con instalaciones adecuadas para <u>mantenimiento menor</u>, el mantenimiento mayor debe ser realizado en talleres establecidos en las localidades cercanas.</p> <p><b>Vinculación:</b> NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006</p>
<p><b>Actividad:</b> En la etapa de limpieza del sitio se deberá descompactar el suelo donde se ubicaron las obras provisionales.</p> <p><b>Tipo de medida:</b> Remediación</p> <p><b>Responsable:</b> Supervisor ambiental</p> <p><b>Duración:</b> Construcción y limpieza del sitio</p> <p><b>Recursos:</b> Herramienta menor (palas, carretilla) y personal</p> <p><b>Vinculación:</b> Criterio 9C POEEEH</p>
<p><b>Actividad:</b> Manejo adecuado de residuos urbanos y residuos peligrosos (sólidos y líquidos)</p> <p><b>Tipo de medida:</b> Prevención</p> <p><b>Responsable:</b> Supervisor ambiental</p> <p><b>Duración:</b> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><b>Recursos:</b> Herramienta menor, contenedores.</p> <p><b>Vinculación:</b> Art. 69 LGPGIR</p>
<p><b>Actividad:</b> Establecer un programa permanente de recolección de residuos urbanos dentro del derecho de vía.</p> <p><b>Tipo de medida:</b> Reducción</p> <p><b>Responsable:</b> Organismo operador del camino</p> <p><b>Duración:</b> Operación del camino</p> <p><b>Recursos:</b> De acuerdo al organismo operador</p> <p><b>Vinculación:</b> ---</p>

### VI.1.2.4 Aspectos socioeconómicos

Tabla 10. Medidas generales para aspectos socioeconómicos

Socioeconómico
<p><b>Actividad:</b> Contar con un botiquín de emergencias con el material necesario e indispensable para la protección y curación del personal; identificar el centro de salud más cercano a los frentes de obra, así como las rutas de más accesibles a él o ellos.</p> <p><b>Tipo de medida:</b> Prevención</p> <p><b>Responsable:</b> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><b>Duración:</b> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><b>Recursos:</b> Material de curación básico</p>

<p><u>Vinculación:</u> Reglamento federal de seguridad e higiene y medio ambiente del trabajo</p> <p><u>Actividad:</u> Proveer al personal con equipo de protección personal</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> cascos, guantes, tapones para oídos, casacas, etc., dependiendo de la actividad a realizar</p> <p><u>Vinculación:</u> NOM-017-STPS-2001</p>
<p><u>Actividad:</u> Instalación de sanitarios portátiles.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> contratación de empresa local para este servicio</p> <p><u>Vinculación:</u> Reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente del trabajo</p>
<p><u>Actividad:</u> Colocar señalamientos preventivos, indicando que se están desarrollando trabajos de construcción, en las zonas de los entronques, ya que se contempla que el camino actual siga en uso mientras sean ejecutadas las actividades de construcción.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Material para instalación de señales</p> <p><u>Vinculación:</u> NCSB.CAR.1.07.016/00 Señalamientos y dispositivos para protección en obras</p>
<p><u>Actividad:</u> Establecer un sistema de seguridad en las zonas de los frentes de trabajo, para evitar el paso de personas ajenas al proyecto.</p> <p><u>Tipo de medida:</u> Prevención</p> <p><u>Responsable:</u> Supervisor ambiental y residente de obra</p> <p><u>Duración:</u> Todo el tiempo que dure la obra</p> <p><u>Recursos:</u> Material para instalación de señales</p> <p><u>Vinculación:</u> ---</p>

### VI.1.3 Impactos residuales

Como se indica en el capítulo V, los impactos residuales identificados son de magnitud Alta y Media, y si bien no se consideran medidas de mitigación adicionales a las ya descritas en los incisos anteriores, es de suma importancia el seguimiento de éstas de forma detallada con el fin de reducir en la medida de lo posible los impactos que puede causar la construcción del proyecto.

Estos impactos residuales se refieren principalmente a las modificaciones que generará la construcción del camino en los componentes de suelo y vegetación, los cuales fungen como soporte para otros asociados como hábitat para fauna, servicios ambientales y paisaje.

## VI.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Dentro de las estrategias de mitigación y prevención de impactos, se considera indispensable que durante la ejecución del proyecto se cuente con por lo menos un profesional especialista como supervisor

ambiental que a su vez cuenta con el apoyo de profesionales sectoriales: asesor en manejo de fauna, flora y asesor en aspectos socioeconómicos con el fin de supervisar que las actividades propuestas como medidas de mitigación sean llevadas a cabo correctamente y en los tiempos planeados, que se coordinen de las acciones del personal que participa en la construcción, así como su capacitación, desde la óptica ambiental; y en su momento se tenga la capacidad de toma de decisiones en caso de que las medidas propuestas no funcionen como se han previsto y/o que se detecten impactos que por su naturaleza no sean perceptibles en etapas previas.

Por lo tanto el equipo de profesionales será responsable de la vigilancia y seguimiento del desarrollo de las diferentes actividades contempladas en las de acciones de rescate y reubicación flora, las actividades de rescate y reubicación de herpetofauna, de proporcionar capacitación ambiental y de seguridad e higiene, lo cual está diseñado para mitigar o prevenir los impactos identificados en diversos factores ambientales previendo un pronóstico ambiental amigable hacia el SAR en estudio, tal y como se describe en el capítulo VII.

Será necesario que dicho equipo realice sus trabajos con la suficiente antelación a la ejecución de las tareas por parte del contratista, a fin de controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación, así como facilitar la evaluación de los impactos reales, para adoptar y de ser necesario modificar las medidas de mitigación propuestas para el proyecto.

### **VI.2.1 Programa de seguimiento y monitoreo**

En el caso de este proyecto, el objetivo de la vigilancia y control es verificar si durante el desarrollo del mismo se cumple con las disposiciones de las leyes y reglamentos aplicables en materia de impacto ambiental, contaminación atmosférica, residuos peligrosos, contaminación originada por la emisión de ruido y normas oficiales mexicanas aplicables.

Por otra parte el programa permitirá cuantificar impactos cuya afectación fue difícil prever durante la evaluación del impacto ambiental, para así modificar o establecer las medidas de mitigación adecuadas, en caso de que las ya aplicadas no sean suficientes. Igualmente podrá detectar impactos o alteraciones no previstos en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso, adoptarse medidas de remediación o compensación.

El seguimiento de las actividades de prevención y mitigación deberá soportarse documentalmente con los siguientes instrumentos:

- Bitácora: En esta se especificarán las actividades realizadas durante el día.
- Reporte mensual: En este reporte se señalará el desarrollo de las actividades de la obra, además de señalar la forma en que se llevó a cabo la medida de mitigación del impacto generado.
- Memoria fotográfica: El reporte mensual deberá incluir un anexo fotográfico. Las fotografías que se incluyan deberán avalar y evidenciar la implementación de las medidas de mitigación durante el desarrollo de actividades realizadas en el mes.
- Reporte final: Este se deberá elaborar en manera de evaluación y conclusión del desarrollo de la obra; de ser necesario, se entregará un informe final a las autoridades que así lo requieran.

El supervisor ambiental será responsable del manejo ambiental, seguimiento de la aplicación de las medidas de mitigación, del seguimiento, así como, la evaluación de forma continua de los impactos ambientales. Además será responsable de:

- Dirigir y documentar las inspecciones del medio ambiente.
- Proporcionar apoyo técnico para las actividades del cumplimiento ambiental.
- Organizar y supervisar el rescate y reubicación de flora.
- Organizar y supervisar el monitoreo y reubicación de fauna.
- Preparar los informes requeridos (bitácora, reporte mensual, memoria fotográfica)

La siguiente tabla, pretende proporcionar una base en cuanto a la organización de actividades referentes al plan de manejo ambiental de acuerdo a la calendarización de la instalación del camino y de acuerdo a lo establecido en las diferentes actividades que forman parte del manejo ambiental. Sin embargo el supervisor ambiental debe analizar el conjunto de actividades a realizar y modificar o ajustar la programación presentada.





### VI.3 INFORMACIÓN PARA FIJAR MONTOS DE FIANZAS

Se pretendió obtener los costos de acuerdo a antecedentes encontrados en la literatura y documentos similares y en los casos que fuera viable, se elaboró un presupuesto desglosado, por lo que se obtuvieron costos de acuerdo a elaboración propia y fuentes externas.

De acuerdo a los documentos consultados se presenta la siguiente tabla, la cual muestra el costo de realizar cada actividad y la suma total de estos conceptos dando una cantidad de \$ 80,512,614 M.N.; además, en la última columna se desglosa el costo por kilómetro.

Tabla 12. Información para fijar montos de fianza

Actividades	Costo de 10.02 km (MXN)	Costo por km (MXN)
Ejecución y supervisión de las medidas de mitigación enlistadas en la MIA-R	5,867,575	585,586.33
Acciones para rescate y reubicación de flora	7,041,090	702,703.59
Acciones para monitoreo y reubicación de herpetofauna, mastofauna y monitoreo de nidos activos	5,867,575	585,586.33
Reparación de daños por la incorrecta ejecución de las medidas, programas y acciones ambientales	4,694,060	468,469.06
Total	\$ 23,470,300	

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	2
VII.1 INTRODUCCIÓN	2
VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS	2
VII.2.1 Metodología	2
VII.2.2 Resultados	4
VII.3 ANÁLISIS PREDICTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL A PARTIR DEL MODELO DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL PARA LA ZONA DEL PROYECTO	8
VII.3.1 Metodología	8
VII.3.2 Resultados	8
VIII.4 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL PROYECTO PLANTEADO (ALTERNATIVAS)	10
VII.5 CONCLUSIONES FINALES	13

## **VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

### **VII.1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente los problemas ambientales alrededor del planeta son numerosos, y lamentablemente el ser humano ha actuado como actor principal en el deterioro de los recursos naturales, presentándose daños incluso en los sitios más remotos. Por ejemplo, se han detectado gases contaminantes a gran altura sobre el continente antártico, o bien, sustancias químicas sintéticas en la naturaleza. Por otra parte es muy difícil encontrar bosques, pastizales o cualquier otra comunidad vegetal natural intacta.

Los seres humanos, sin duda, son los más poderosos perturbadores de su propio medio natural, no obstante que su salud y quizá su supervivencia sobre la Tierra depende de las condiciones del mismo. Es claro que este daño corresponde a dos razones fundamentales. La primera es que no hay más opción que explotar el medio natural para la obtención de alimento, minerales, cobijo, y tantas otras necesidades de la vida y del desarrollo humano. Y la segunda razón es el descuido, o la destrucción sin sentido. Demasiadas ciudades continúan vertiendo sus desechos en el aire o el agua, la agricultura suele ser innecesariamente destructiva del suelo, y todos somos culpables en diferentes proporciones como individuos consumidores (Henry y Heinke, 1999).

En un contexto del desarrollo de vías de comunicación los problemas ambientales son igualmente numerosos según la magnitud, naturaleza y ubicación de los mismos. Entre las principales secuelas que va dejando la construcción de una carretera son: mortalidad de fauna a causa de atropellamientos; pérdida y degradación de hábitats; contaminación del suelo, agua y aire; creación de microclimas no siempre favorables; condiciones hidrológicas alteradas y el aumento de actividades humanas en las zonas adyacentes a los cuerpos carreteros (Iuell y col., 2003). A este respecto, es necesario implementar metodologías de aplicación rápida, que permitan pronosticar daños potenciales ante la ejecución de proyectos carreteros con visión de desarrollo económico y social, que ayuden a re-direccionar el sentido lógico de las medidas de mitigación y/o compensación adecuadas para contrarrestar los daños ambientales.

En este sentido, para el presente apartado se han implementado dos metodologías para pronosticar el nivel de viabilidad ambiental que tiene el proyecto de construcción de la carretera, además de integrar una alternativa al presente proyecto, dividida en dos acciones fundamentales, la modificación de ruta y la recuperación estratégica de hábitat de interior.

### **VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS**

#### **VII.2.1 Metodología**

Para la presente metodología se plantearon tres escenarios teóricos que permiten determinar los posibles impactos ambientales que generaría la construcción del proyecto. Para ello se utilizó como información base, los resultados obtenidos en el Diagnóstico Ambiental del Capítulo IV y como información complementaria y de gran importancia, todas las medidas de mitigación y compensación propuestas en el Capítulo VI.

Los factores evaluados corresponden a los ocho utilizados en el Capítulo IV, tomando como guía la matriz de calidad ambiental para la asignación de los valores. La matriz se presenta a continuación:

**Tabla 1. Matriz de calidad ambiental**

Factor ambiental/social/antrópico	Nivel de calidad	Calificación
Geoformas (Evaluar cortes en el terreno, terraplenes, extracción de material, etc.)	Original	5
	Escasamente modificadas	4
	Moderadamente modificadas	3
	Altamente modificadas	2
	Totalmente modificada	1
Suelo (Buscar evidencias de erosión laminar, surcos, cárcavas, suelos desnudos por efecto del hombre, pastoreo, etc.)	Sin erosión aparente	5
	Escasa erosión	4
	Moderadamente erosionado	3
	Altamente erosionado	2
	Extremadamente erosionado	1
Calidad del agua (De no existir cuerpos o corrientes de agua se evalúan posibles elementos que pudieran contaminar las aguas superficiales o subterráneas en época de lluvias)	Sin contaminación aparente	5
	Ligera contaminación	4
	Moderada contaminación	3
	Alta contaminación	2
	Extrema contaminación	1
Cubierta vegetal (Los valores de cobertura cambian en ecosistemas áridos)	Mayor al 100 %	5
	75 - 100 %	4
	50 - 75 %	3
	25 - 50 %	2
	Menor al 25 %	1
Naturalidad de la vegetación (Se puede catalogar una zona desmontada como antinatural)	Vegetación original	5
	Domina la vegetación natural sobre la secundaria	4
	Igual vegetación natural que la secundaria	3
	Domina la vegetación secundaria sobre la natural	2
	Solo vegetación secundaria	1
Hábitats para la fauna silvestre (Analizar el estado de conservación en que se encuentran las comunidades vegetales como estructura, composición, configuración, etc., además de elementos abióticos como cursos y cuerpos de agua, cañadas y potenciales refugios)	Potencial muy alto	5
	Potencial alto	4
	Potencial medio	3
	Potencial bajo	2
	Potencial muy bajo	1
Diversidad biológica observable (De acuerdo al tipo de ecosistema se evaluará en función de lo observable en términos de la cantidad de especies de flora, fauna y otros grupos biológicos)	Alta diversidad	5
	Moderada diversidad	4
	Baja diversidad	3
	Muy baja diversidad	2
	Diversidad casi o aparentemente nula	1
Evidencia de penetración antrópica	Nula	5

(Asentamientos humanos, caminos, brechas, basura, actividades de aprovechamiento de recursos naturales, agricultura, pastoreo, etc.)	Escasa	4
	Media	3
	Alta	2
	Muy alta	1

Los tres escenarios evaluados presentan tres períodos de tiempo distintos. El primero corresponde a un escenario donde no existiera el proyecto, que corresponde a las condiciones actuales del sitio; el segundo escenario se refiere a la ejecución del proyecto sin plantear ningún tipo de medidas mitigatorias o compensatorias; y el tercer escenario plantea la ejecución del proyecto con la respectiva aplicación de medidas de mitigación y compensación.

La evaluación fue realizada por un equipo multidisciplinario con conocimientos suficientes en cada uno de los factores ambientales empleados. Asimismo se mantuvo un alto grado de objetividad en el momento de la asignación de los valores. Finalmente se optó por manejar valores fraccionarios para calificar los diferentes escenarios, a pesar de que la matriz guía maneja números enteros.

## VII.2.2 Resultados

### 1. *Panorama general*

La calidad ambiental para los tres escenarios planteados revela la presencia de valores distintos entre ellos. En un escenario sin proyecto, teóricamente no habría una fuente de impacto que afectara las condiciones actuales de los ecosistemas, exceptuando aquellas actividades que de por sí existen en la actualidad, como la agricultura, el pastoreo, el crecimiento urbano, el impacto de las vías de comunicación a la fauna silvestre, etc. En un escenario con proyecto y sin medidas de mitigación la calidad ambiental sufriría un decremento importante, pasando de un valor de calidad media, a uno de calidad baja, mientras que en un escenario con proyecto y con medidas de mitigación, se podría recuperar cierta parte de la calidad original, aunque los valores de impacto residuales no podrían ser mitigados.

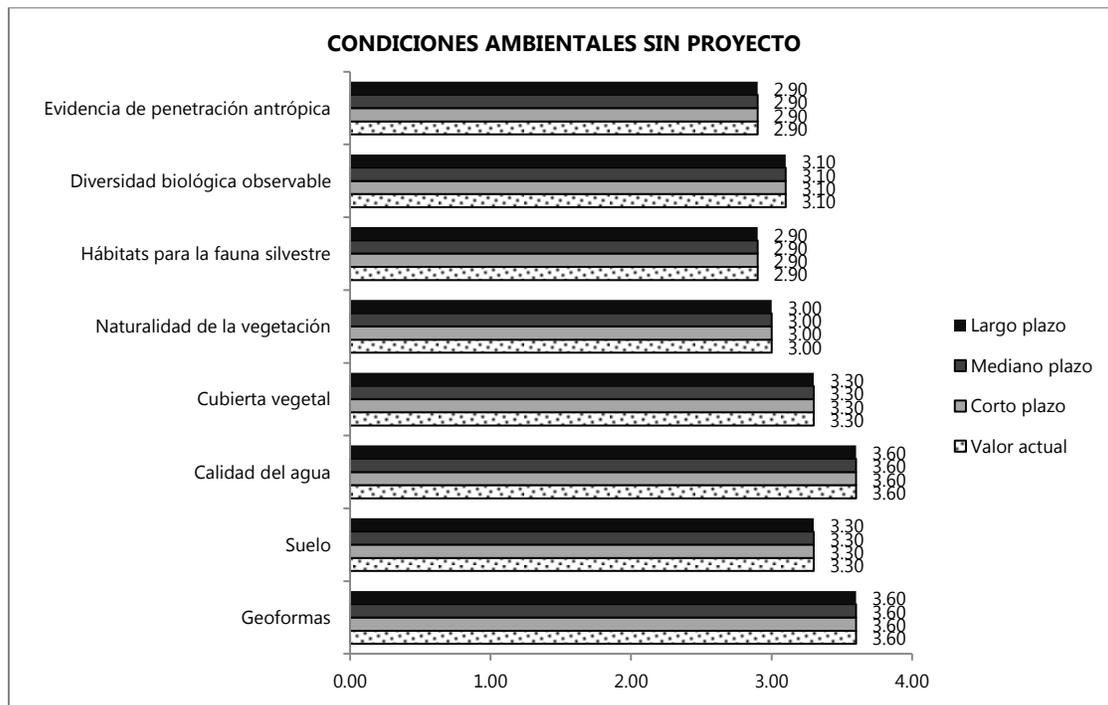
**Tabla 2. Resultados de los tres escenarios por factor**

Factor ambiental/social/ antrópico	Diagnóstico ambiental	Sin proyecto			Con proyecto/sin medidas			Con proyecto/con medidas de mitigación		
	Línea base	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Geoformas	3.6	3.6	3.6	3.6	2.5	2.4	2.3	2.5	2.5	2.5
Suelo	3.3	3.3	3.3	3.3	2.5	2.4	2.3	2.7	2.8	2.9
Calidad del agua	3.6	3.6	3.6	3.6	3.4	3.2	3	3.4	3.4	3.4
Cubierta vegetal	3.3	3.3	3.3	3.3	2	2.1	2.2	2.5	2.7	2.9
Naturalidad de la vegetación	3	3	3	3	2	2.1	2.2	2.2	2.4	2.6
Hábitats para la fauna silvestre	2.9	2.9	2.9	2.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Diversidad biológica observable	3.1	3.1	3.1	3.1	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9
Evidencia de penetración antrópica	2.9	2.9	2.9	2.9	2.5	2.4	2.3	2.6	2.7	2.7
<b><i>Calidad ambiental</i></b>	25.7 Media	25.7 Media	25.7 Media	25.7 Media	19.4 Baja	19.3 Baja	19.1 Baja	20.9 Media	21.7 Media	22.4 Media

Plazos: 1) Corto: 5 años; 2) Mediano: 10 años; 3) Largo: >10 años

## 2. Escenario sin proyecto

Como ya se comentó anteriormente, ante la ausencia del proyecto, los valores ambientales base, pasarían inalterados, de tal suerte que la calidad ambiental del área de estudio se mantendría como en la actualidad a largo plazo. Este resultado evidentemente no considera todos los factores ajenos al proyecto que han, y continúan impactando a los ecosistemas, tales como la agricultura, el pastoreo, las actividades turísticas mal desarrolladas, el crecimiento urbano y todo lo que de él deriva, el impacto a la fauna silvestre por atropellamientos, las emisiones a la atmósfera, etc.



Gráfica 1. Condiciones ambientales sin proyecto

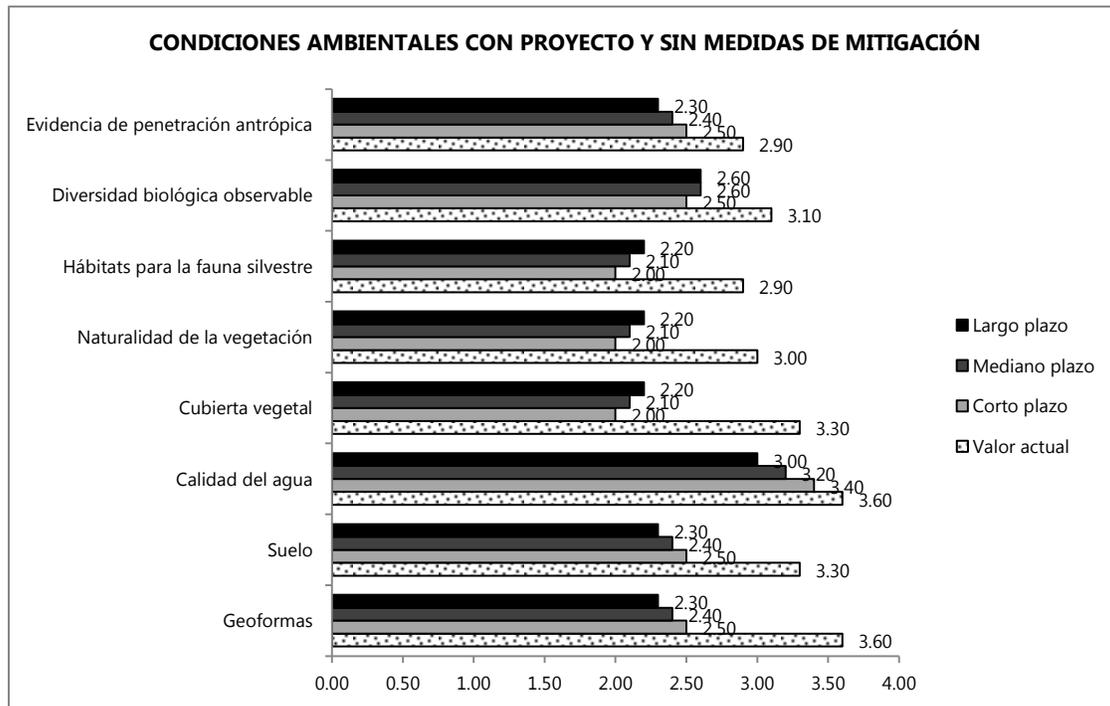
## 3. Escenario con proyecto y sin medidas de mitigación

Un escenario donde fuese aprobado el proyecto y no se aplicara ningún tipo de medida de mitigación o compensación, causaría daños muy altos a los ecosistemas y a su funcionamiento en general. En la gráfica podemos ver como todos los factores se verían afectados considerablemente. En algunos casos el decremento tendría un avance negativo a mediano y largo plazos, como las geoformas al no aplicar actividades de estabilización de taludes, o como el recurso suelo, que sin las medidas apropiadas de manejo provocarían pérdidas importantes de material edáfico año tras año.

En otros casos, se podría ver una ligera mejoría en los valores de calidad de algunos factores, resultado de la regeneración natural. Por ejemplo, la diversidad biológica observable podría tendría un alto impacto a corto plazo, pero a mediano y largo plazos se podría ver una ligera mejoría por efectos naturales, como es el caso de la recolonización de algunas especies que, después de mejorar un poco la calidad de los

ecosistemas adyacentes al eje del proyecto, podrían volverse habitables, aunque las especies más vulnerables o con nichos ecológicos más reducidos no podrían habitar estos ecosistemas de borde.

En otras palabras, resulta completamente no viable la aprobación del proyecto bajo un enfoque de no sustentabilidad, es decir, sin la aplicación de medidas que puedan mitigar parte de los impactos, o medidas que compensen a favor de la ecología el daño residual.



**Gráfica 2. Condiciones ambientales con proyecto y sin medidas de mitigación**

#### 4. Escenario con proyecto y con medidas de mitigación

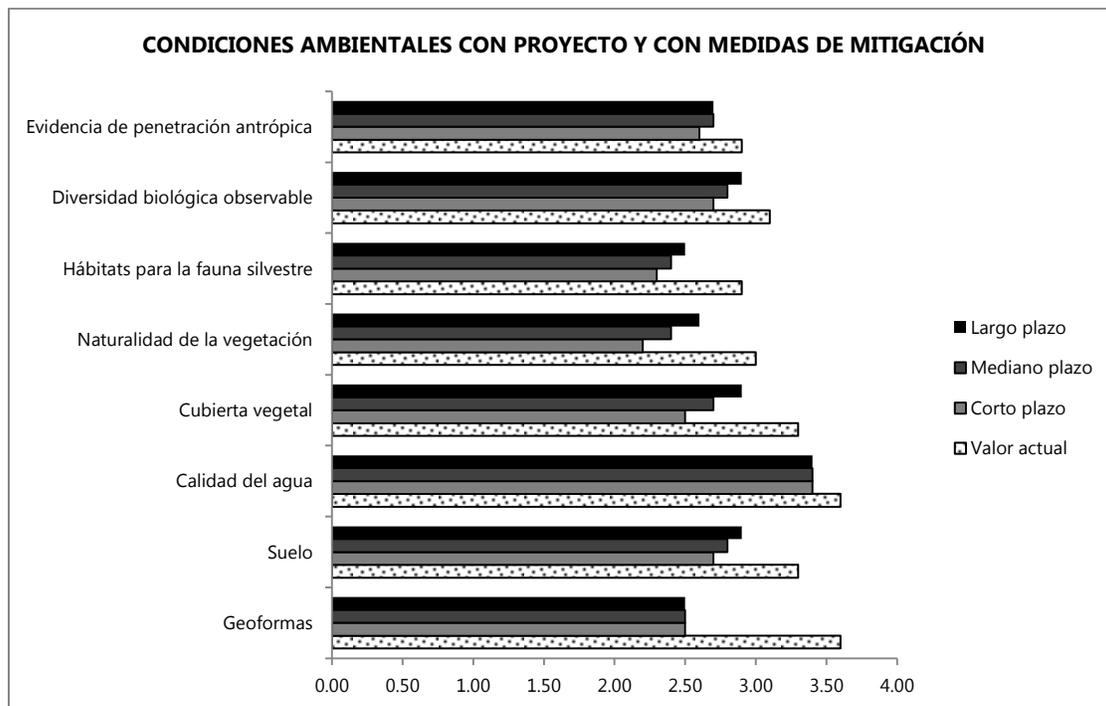
Para el escenario donde el proyecto fuese aprobado bajo las medidas de mitigación pertinentes y algunas otras que puedan compensar ciertos impactos, el panorama no resulta del todo viable. De hecho una parte importante de los impactos no podrían ser mitigados o compensados, por ejemplo, el caso del factor geoformas. En esta situación no existe una manera de compensar los daños residuales que dejaría la alteración de las geoformas por efecto de los cortes sobre terrenos con altas pendientes. Si bien, solo se podrían mitigar parte de los impactos a través de actividades de estabilización y consolidación de taludes, el impacto residual quedaría permanente.

En la gráfica se puede ver, como ningún factor recuperaría su valor original, ni siquiera a largo plazo. Esta situación, con fines de darle una proyección viable al proyecto, implicaría un conjunto de actividades de monitoreo estricto y de carácter compensativo que tendrían que llevarse a cabo a largo plazo. Una de las actividades fundamentales como medida de compensación, es la rehabilitación de zonas degradadas en una proporción mínima de 3:1 a través de actividades de revegetación, única y exclusivamente con especies autóctonas. En este sentido, se debe considerar que los principales ecosistemas a afectar son el bosque de encino y el bosque mixto de encino-oyamel, de tal suerte que estos serían los ecosistemas a recuperar.

Es bien conocida la dificultad (en términos de tiempo y monitoreo) de revegetar con especies de encino, sin embargo, también está comprobado que utilizar especies aloctonas de rápido crecimiento no es la mejor opción pues la susceptibilidad a enfermedades, plagas, baja colonización de fauna silvestre pueden traer mayores problemas a los ecosistemas circundantes. Otra situación es que la rehabilitación de áreas degradadas se tiene que realizar replicando lo que la naturaleza hace en etapas de sucesión vegetal, es decir, primero se debe hacer crecer un estrato herbáceo de ciclos cortos, que proteja el suelo y comience a darle tanto estructura como auto-fertilización. Posteriormente viene el desarrollo de especies leñosas, tanto de porte arbustivo como arbóreo, que tendrá una configuración o arreglo similar al de un bosque natural, en otras palabras, se deben hacer muestreos de referencia para determinar la composición de especies, la estructura, configuración y densidad de las mismas para evitar hacer uso de métodos populares como la siembra en franjas o tresbolillo que pueden promover la entrada de plagas a las parcelas en rehabilitación.

Esta etapa únicamente corresponde a la actividad de revegetación, sin embargo, primero hay que verificar la condición del suelo, pues de acuerdo a su calidad corresponde el nivel de éxito del desarrollo de las plantas. En muchos casos será necesario efectuar actividades de retención y manejo del suelo.

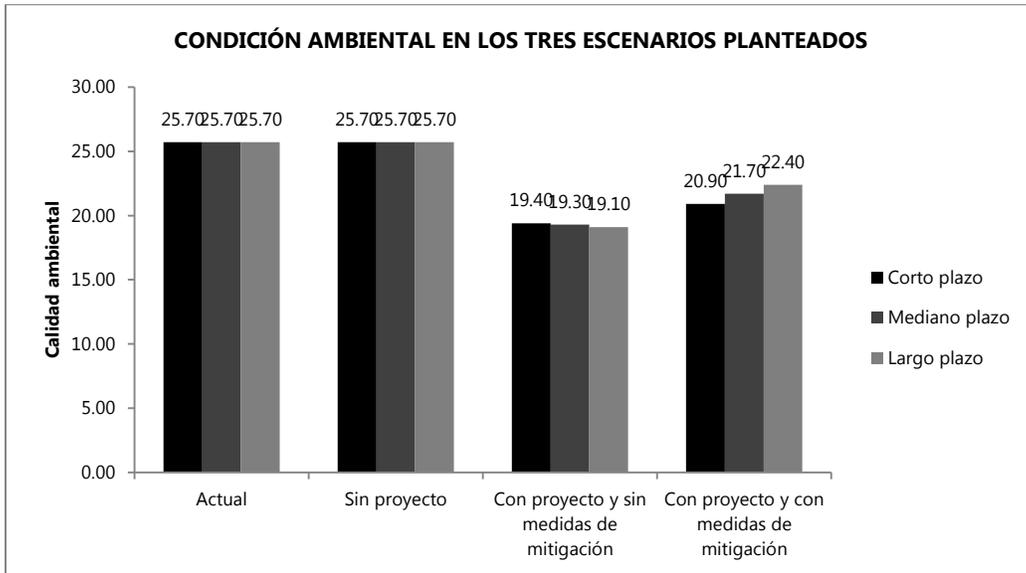
En conclusión el proyecto podría ser viable y condicionado bajo un numeroso sistema de medidas de compensación que garanticen la conservación de los recursos naturales de la región que brinda un abanico de servicios ambientales a miles de habitantes del SAR, donde lamentablemente no están siendo valorados como lo amerita.



**Gráfica 3. Condiciones ambientales con proyecto y con medidas de mitigación**

En la siguiente gráfica se muestran de manera comparativa los distintos escenarios en los que teóricamente se enfrenta el proyecto. Ya se vio que la ausencia del proyecto es la mejor opción para mantener los recursos naturales en la mejor opción de conservación. Sin embargo, también se pueden apreciar los resultados de impacto residual que dejaría el proyecto aun aplicando todas las medidas de mitigación pertinentes, y que en sentido estricto, la viabilidad de la construcción de la carretera estaría

condicionada a un complejo sistema de medidas de compensación con fines de rehabilitación de zonas degradadas, que posiblemente no sea viable en términos económicos.



Gráfica 4. Condición ambiental en los tres escenarios planteados

## VII.3 ANÁLISIS PREDICTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL A PARTIR DEL MODELO DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL PARA LA ZONA DEL PROYECTO

### VII.3.1 Metodología

Como parte de los pronósticos ambientales se retomaron los resultados obtenidos en el Diagnóstico Ambiental del Capítulo IV, respecto al modelo de erosión hídrica actual. Estos resultados se compararon con un nuevo material generado, que permite estimar los niveles de erosión en un escenario teórico donde la vegetación fuera eliminada. El procedimiento metodológico fue el mismo empleado en el Capítulo IV, que puede ser consultado para mayores detalles.

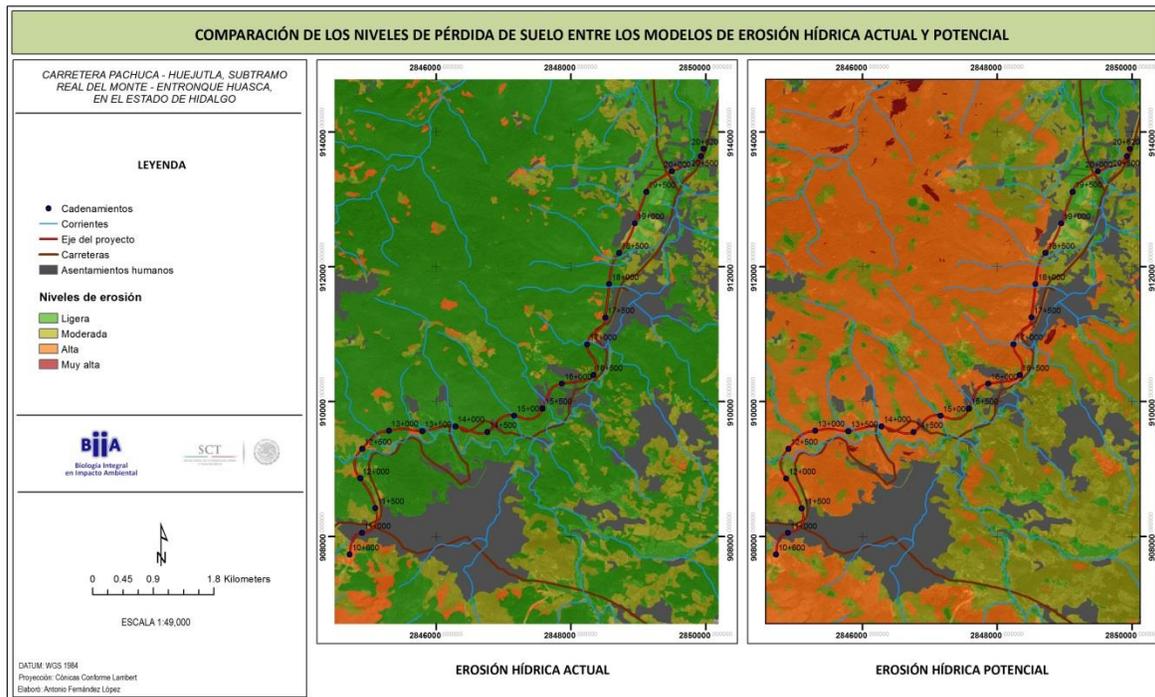
A pesar de que el procedimiento se llevó a cabo a nivel del SAR, se hará hincapié en lo concerniente a las zonas adyacentes al eje del proyecto, que serían las zonas de mayor impacto del proyecto.

### VII.3.2 Resultados

Actualmente se estima que la pérdida de suelo en la zona del eje del proyecto se encuentra mayormente en los niveles ligeros con algunos pequeños fragmentos con erosión que se califica como moderada y alta. De estos resultados se encontró una fuerte relación entre el tipo de cubierta que presenta el suelo y el grado de erosión, por ejemplo, las zonas con erosión ligera (0-10 ton/ha/año) muestran coberturas forestales densas, a excepción de la parte final del trazo que igualmente presenta este nivel de erosión, aunque éste, está dado por el bajo relieve del terreno. Las áreas restantes que presentan mayor pérdida de suelo, tienen una cobertura vegetal reducida parcial o totalmente por efecto del uso que los pobladores le dan a las tierras.

Ahora bien, en un escenario hipotético donde la vegetación fuera eliminada, es decir, el proyecto fuera aprobado, los niveles de erosión potencial se verían incrementados en un grado alarmante, pasando de

una erosión mayormente ligera a un nivel de pérdida de suelo predominantemente alto, que puede ir de las 50 a las 200 ton/ha/año, como se puede apreciar en el siguiente mapa. Estos resultados representan un primer acercamiento sobre la importancia fundamental de los bosques en la retención del suelo, más aún, considerando que el relieve del terreno por donde pasa gran parte del trazo forma un sistema de montañas y cañadas, que ante la pérdida de la cobertura forestal, funcionan como aceleradores de la erosión hídrica.



**Imagen 1. Comparación de los niveles de pérdida de suelo entre los modelos de erosión hídrica actual y potencial**

Es importante entender que para reducir en cierta medida este alto riesgo de erosión, si fuera aprobado el proyecto, se deben considerar algunas medidas de gran importancia, que podrían solamente mitigar cierta parte de los impactos, es decir, un proyecto de esta magnitud, siempre dejará impactos residuales a pesar de las medidas de mitigación propuestas. Algunas consideraciones para mitigar los impactos al recurso suelo son las siguientes:

1. Realizar las actividades de construcción de mayor impacto al suelo en época de secas.
2. Llevar a cabo en tiempo y forma todas las medidas propuestas en el Programa de Suelos que de este proyecto se derive.
3. Todos los taludes en corte que se formen por la construcción de la carretera deben ser estabilizados y consolidados de manera inmediata.
4. Se debe considerar siempre la revegetación, si fuera necesario, de las superficies por encima de todos los taludes para darle mayor estabilidad al terreno.
5. Compensar con actividades de revegetación los daños provocados al recurso suelo, seleccionando prioritariamente terrenos alterados en cuenca alta.

**VIII.4 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL PROYECTO PLANTEADO (ALTERNATIVAS)**

Con base en los resultados obtenidos en el análisis espacial del paisaje (capítulo IV), se hacen en el presente apartado, algunas propuestas con mayor enfoque de sustentabilidad, es decir, se retoma el valor ecológico de los ecosistemas y se amalgama con las ventajas económico-sociales que pudiera traer la construcción de la carretera. Básicamente se analizarán dos estrategias de mejora, la primera correspondiente a una modificación en la trayectoria del trazo propuesto, y la segunda está encaminada a la recuperación de hábitats con la finalidad de crear superficies mayores de hábitat interior, y por ende, promover la presencia de corredores biológicos locales.

1. Modificación en la trayectoria del trazo

El proyecto propuesto para la construcción de una nueva autopista, sin duda carece de una visión ecológica o sustentable, es decir, su justificación está basada en un desarrollo económico y social que reduce a nada la importancia de los recursos naturales en la región. No obstante, analizando la ruta propuesta por el promovente, es posible realizar dos pequeños cambios en el eje del proyecto que permitiría, en un primer tramo, mantener la cubierta vegetal de dos fragmentos de bosque templado que se pueden traducir en una longitud de 750 metros aproximadamente. Esta primera modificación de ruta inicial alrededor del cadenamamiento 11+400 y se reincorpora a la original en el cadenamamiento 12+500.

El segundo tramo pretende conservar una longitud de bosque de encino continuo de alrededor de 500 metros, cambiando la ruta hacia terrenos con una cobertura abierta y con menor calidad ecológica. Este segundo tramo inicia aproximadamente en el cadenamamiento 16+100 y se reincorpora al eje original en el cadenamamiento 16+750. En el siguiente mapa se observa el eje original y el nuevo eje propuesto con los dos cambios de ruta.

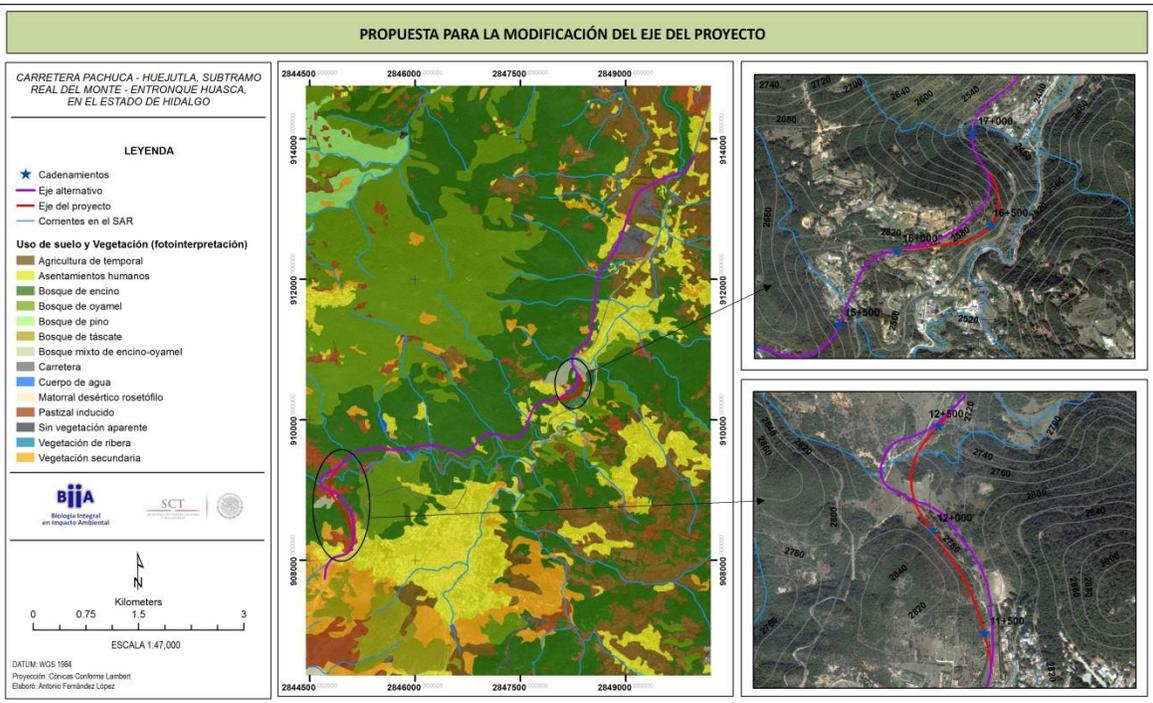


Imagen 2. Propuesta de modificación del proyecto

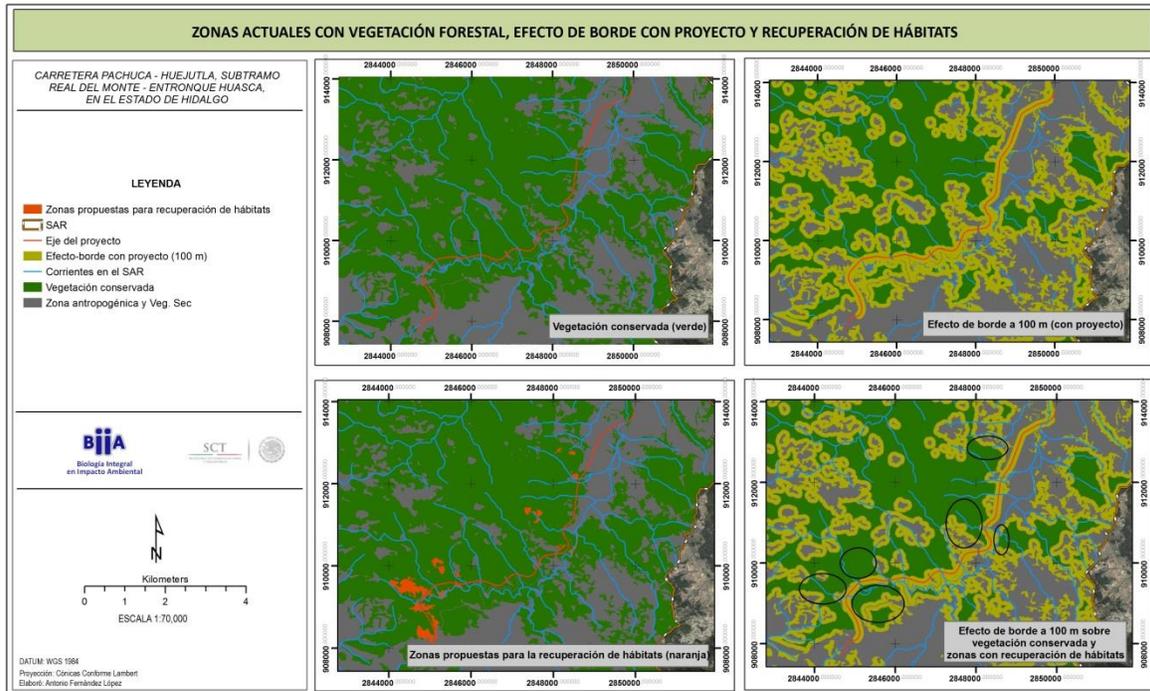
Se hace la aclaración que la presente propuesta no solo se basa en el aprovechamiento de terrenos de menor calidad ecológica para la construcción de la carretera, sino también se hacen los cambios de ruta hacia terrenos de relieve similar o incluso más bajo.

Esta alternativa de ruta sin duda reduciría en cierta medida los impactos hacia los ecosistemas boscosos, aunque los impactos residuales continúan siendo grandes. A este respecto, a continuación se hace una segunda propuesta que puede ser considerada parcialmente, ya que con el cambio de ruta hay tramos que se traslapan con las zonas para rehabilitar como se indica en el siguiente apartado.

## 2. Recuperación de hábitat interior

Actualmente se estima que hay a nivel del SAR, una superficie de 7411 hectáreas de vegetación en aceptable estado de conservación, principalmente de bosques templados. No obstante, esta superficie presenta formas complejas por efecto de la fragmentación que deja el cambio de uso de suelo. No obstante, a pesar de que la superficie conservada es relativamente grande, la superficie de hábitat interior es aquella con las mejores características ecológicas, que en teoría podría ser utilizada por todas las especies de fauna silvestre. El efecto de borde es un conjunto de cambios ambientales en decremento, que se produce por la pérdida de cobertura vegetal, y se potencia cuando los fragmentos de hábitats adecuados (áreas conservadas) presentan formas complejas.

Para la presente superficie de vegetación conservada se aplicó un efecto de borde de 100 hacia el interior, considerando además el eje del proyecto, lo cual nos indica que de las 7411 hectáreas de vegetación conservada, únicamente se cuenta con 2676 hectáreas como superficie de hábitat interior. En este sentido, con el fin de recuperar más hábitat interior, se proponen algunos fragmentos para rehabilitar con técnicas de revegetación monitoreada, que cubren 70.3 hectáreas y que estratégicamente aumentarían la superficie de hábitat interior. La rehabilitación de esta superficie, por la posición en que se ubican, aumentaría la superficie de 2676 hectáreas a 2857.5 hectáreas, es decir, habría un incremento de 181.5 hectáreas de hábitat interior como se puede apreciar en el siguiente conjunto de mapas. En el mapa inferior derecho se observa con círculos las zonas donde habría un incremento importante en la recuperación de hábitat interior.



**Imagen 3. Recuperación de hábitat interior**

La recuperación de hábitats como medida compensatoria es una forma de darle un enfoque de sustentabilidad al proyecto, ya que la naturaleza del mismo es de alto impacto, y requiere por ende, un conjunto de medidas de mitigación y compensación que garanticen la conservación de los recursos naturales.

Es fundamental entender que las medidas de mitigación y compensación (entre ellas las presentes alternativas) están pensadas por los impactos que implica la construcción de la carretera, aunque todas las obras complementarias como puentes (viaductos) y túneles generarían nuevos impactos, ya que dichas obras requieren la apertura de caminos de acceso temporales sobre terrenos, que en muchos casos presentan relieves altos. En suma, los impactos ambientales propios de la carretera, más los daños por la apertura de caminos de acceso para la construcción de las obras complementarias, superarían considerablemente las medidas de mitigación y compensación propuestas. A este respecto, es imprescindible plantear nuevas alternativas dirigidas a la rehabilitación de zonas alteradas, bajo un contexto ambiental estricto.

En las siguientes líneas se comentan algunas de las principales actividades, que de ser aprobado el proyecto, deben ejecutarse al pie de la letra para paliar los impactos ambientales de la construcción de la carretera y considerar el proyecto como ambientalmente viable.

1. Aplicar en tiempo y forma todas las medidas de mitigación que en esta MIA-R se indiquen.
2. Ejecutar de manera estricta todos los programas ambientales que se deriven de este estudio.
3. Considerar el cambio de ruta propuesto en el presente apartado.
4. Rehabilitar las superficies propuestas en el presente apartado para la recuperación de hábitats.

5. Rehabilitar y monitorear en un horizonte de mediano plazo (cinco años), todas las superficies donde se aperturen caminos de acceso para la construcción de obras complementarias.
6. Gestionar superficies adicionales (que puede ser el doble –o más- de la superficie que se destine para la apertura de caminos de acceso) en lugares estratégicos, que serían definidos en su momento para incrementar la superficie de hábitat interior.
7. Dado que la hidrología será impactada en cierta medida, se propone la rehabilitación de ecosistemas riparios. Los tramos a rehabilitar se definirían en su momento, a través de la elaboración de un Programa de Rehabilitación de Riberas.

## **VII.5 CONCLUSIONES FINALES**

El presente proyecto consiste en la construcción del subtramo de 10.02 km Real del Monte - entronque Huasca de la carretera Pachuca – Huejutla, para el cual se proyectan dos secciones tipo en base a la topografía del sitio: A4 y A4s. Así también debido al relieve que se presenta a lo largo de la ruta propuesta, será necesaria la construcción de varias obras complementarias como son: cuatro túneles, seis viaductos, un paso inferior vehicular, así como los entronques de inicio y fin del trazo los cuales son el entronque Mineral del Monte y San Miguel Regla respectivamente. Para realizar el análisis ambiental y social del sitio del proyecto se delimitó un Sistema Ambiental Regional de 14,630.225 Ha y un Área de influencia de 1,476.283 Ha, dentro de la cual se delimita una superficie de línea de ceros de 40.09 Ha.

Para el sitio de estudio se obtuvo una riqueza determinada en 38 familias, 72 géneros y 97 especies, de las cuales, el 6.18% corresponde al grupo de las pteridofitas y plantas afines, el 7.21% a las gimnospermas, en el que resaltan géneros como *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus* y *Pinus*, mientras que la mayor diversidad se concentra en las angiospermas con el 86.60% de los registros; es importante resaltar que dentro de éste último grupo, las monocotiledóneas abarcan el 14.46% siendo las familias Asparagaceae y Bromeliaceae las mejor representadas, en tanto que las dicotiledóneas conforman el 85.54% de las especies, donde Asteraceae, Fagaceae y Cactaceae son las familias mejor representadas por su riqueza específica.

De acuerdo con las especies florísticas reportadas para el presente proyecto, el 28.86 % son endémicas de México, en el que resaltan las familias Cactaceae y Fagaceae con el mayor número de especies de distribución restringida al centro del país; así mismo, se reporta la presencia de cuatro especies incluidas en alguna categoría de protección por la Nom-059-SEMARNAT-2010, como es el caso de *Cupressus lusitanica* y *Gentiana spathacea* las cuales se encuentran sujetas a Protección Especial, además de *Dasyllirion acrotrichum* y *Mammillaria rhodantha ssp. aureiceps* como especies Amenazadas.

El eje del proyecto actual involucra polígonos de vegetación de bosques de encino y bosques mixtos de encino-oyamel; para el primer caso, resaltan comunidades con características fisionómicas y de riqueza específica particulares, lo que permitió su clasificación en tres tipos: encinares bajos, medianos y altos, conformados por polígonos de diferente calidad ecológica, registrándose en los encinares medianos una mayor riqueza específica de especies, principalmente arbóreas, de condición ambiental tanto perennifolia como caducifolia.

Se obtuvieron 410 registros de organismos entre avistamientos directos, rastros y fotografía remota de 70 especies diferentes. Las aves fueron el grupo faunístico más abundante y diverso, con 340 registros de 54 especies; le siguió los mamíferos con 51 registros de siete especies; y finalmente la herpetofauna con 19 registros de nueve especies, de los cuales sólo una especie corresponde al grupo de los anfibios.

De las especies registradas, **cinco están bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 15 presentan algún grado de endemismo**. Éstas son las especies más vulnerables y susceptibles para un programa de rescate.

Pese a que no fueron registradas la mayoría de las especies reportadas para el área del SAR (listado de probable ocurrencia), existen 28 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo y 34 especies endémicas, que además son especies con poblaciones naturalmente poco numerosas que sufrirían un alto impacto por consecuencia de la construcción del proyecto.

La construcción eventual de este proyecto repercutiría seriamente en la integridad ecológica de las poblaciones de fauna silvestre del lugar al tratarse de especies endémicas, de poblaciones naturalmente poco numerosas y asociadas específicamente a los tipos de vegetación presentes en el área de afectación.

El diagnóstico ambiental mostró distintas perspectivas de acuerdo a las metodologías aplicadas. La evaluación en campo revela que la calidad ambiental se encuentra bajo una condición media al recibir un puntaje de 25.67 en una escala máxima de 40 puntos. Se pudieron identificar aspectos negativos de origen antropogénico que han afectado a los ecosistemas durante muchas décadas; no obstante, una parte muy importante a lo largo del eje del proyecto, presenta coberturas vegetales amplias representadas principalmente por bosques templados. Por su parte, el modelo de erosión, muestra que en la actualidad los niveles de pérdida de suelo se mantienen mayormente ligeros, debido principalmente al papel fundamental que juegan la vegetación conservada.

La calidad del agua se estimó con valores aceptables en las corrientes con bajo impacto antropogénico, es decir, las corrientes de alta montaña donde aún se mantienen casi libres de descargas de aguas residuales, siendo la principal fuente de contaminación el pastoreo. Caso contrario, el Río General (río principal) presentó un alto impacto de contaminación orgánica, ya que en su cauce se vierten las aguas residuales que generan algunos miles de habitantes de diferentes localidades en el SAR.

La calidad visual del paisaje muestra todavía un paisaje interesante dominado por bosques templados que se desarrollan sobre terrenos serranos. Esta característica, aunado a la baja utilidad que los pobladores le encuentran al bosque, ha mantenido algunas masas importantes de vegetación forestal. Sin embargo, la presión de desarrollo urbano, se mantiene constante tanto por el crecimiento de la mancha urbana, como por la propuesta de nuevos proyectos de interés social. Por otro lado, el análisis espacial del paisaje demuestra un alto nivel de fragmentación en el SAR, que se relaciona con las actividades agrícolas, de pastoreo y el crecimiento urbano. Este impacto antropogénico desordenado, se traduce en un decremento muy alto de la superficie de hábitats de interior al estimar un efecto de borde de 100 metros hacia el interior de las zonas conservadas. Por tanto, la aprobación del proyecto traería consigo un nivel aun mayor de fragmentación y la pérdida de hábitats adecuados y de interior.

De acuerdo a la identificación y caracterización de los impactos ambientales que se producirían por la ejecución del proyecto, se consideraron 48 componentes que son susceptibles de alguna afectación para el SAR y el AI, de los cuales se identifican 41 interacciones, que sin implementar medidas de ningún tipo, serían afectados, donde el 86% presenta un impacto negativo y el 14 % un impacto positivo, estos últimos se ubican dentro de los componentes socioeconómicos.

El resultado del análisis de la magnitud de los impactos identificados, se observa que el 66% de los componentes recibe un impacto Medio, el 27 % presentan impacto Mayor y el 7 % recibe un impacto Menor. Los impactos negativos de magnitud Alta se ubican en la categoría de ecología, en los componentes de fauna y vegetación, así como los relacionados a éstas como la interrupción en el

desplazamiento de especies de fauna silvestre de talla pequeña principalmente. Algunos otros componentes como el suelo y la generación de residuos también tienen una magnitud menor (en la parte alta de la escala); y por parte de los impactos positivos encontrados, son menos los componentes afectados y de magnitud menor.

Cuando se consideran en la evaluación de los impactos las medidas preventivas y de mitigación propuestas en el capítulo VI, se logra reducir la magnitud de los impactos negativos Altos, esto dado por la correcta ejecución de las medidas de mitigación propuestas.

Las medidas de mitigación propuestas en el capítulo VI pretenden la protección y conservación de los ecosistemas presentes en el trazo del proyecto, por lo que se considera que al ser realizadas en tiempo y forma podrán reducir la magnitud de los impactos negativos; sin embargo dada la dimensión del proyecto y características ecológicas del sitio donde se inserta, estos impactos residuales aún se considera de magnitud media, de acuerdo a la metodología de evaluación utilizada.

De acuerdo a la evaluación de los pronósticos ambientales y nuevas alternativas del proyecto, se observa que el proyecto representa un impacto muy alto a los ecosistemas por la naturaleza del mismo, a pesar de la aplicación de las medidas de mitigación. En este sentido, para darle un giro de viabilidad ambiental el proyecto es necesario plantear un complejo sistema de medidas compensatorias a largo plazo, que permitan la rehabilitación de zonas degradadas y no se pongan en riesgo, la biodiversidad ni los servicios ambientales de los que dependen muchas poblaciones en el SAR.

De acuerdo al Programa de Reforestación se determinó reforestar con plantas nativas de porte arbóreo y con una alta importancia ecológica y biológica, así como de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; las cuales se seleccionaron de acuerdo a la afectación que estas tendrán por el cambio de uso de suelo dentro de la Línea de Ceros (LC) del proyecto.

La familia Fagaceae es la que registró mayor número de especies (10); siendo estas del género *Quercus*. Del total de flora propuesta a reforestar (17 especies), solo una se encuentra enlistada según la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Cupressus lusitanica* (Pr).

Los sitios idóneos para la reforestación son áreas y/o zonas en estado secundario o sin cubierta vegetal; estos pueden localizarse fuera de la LC pero dentro del AI del proyecto. Aunque esta medida es de compensación, la calendarización del programa se diseñó en cuanto al tiempo estimado del proyecto (48 meses), ya que algunas actividades son necesarias implementarlas antes de inicio de obra.

Las técnicas apropiadas para el rescate de flora silvestre son mediante el rescate y reubicación de individuos y recolecta de germoplasma (dentro de la LC del proyecto); estas se seleccionaron tomando en cuenta la importancia ecológica y biológica que llegan a ocupar en los ecosistemas y a especies enlistadas según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La familia Fagaceae es la que registró mayor número de especies (10); siendo estas del género *Quercus*. El estrato arbóreo es el de mayor presencia (17 especies).

Del total de flora a rescatar (28 especies), cuatro se encuentran enlistadas según la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Cupressus lusitanica* (Pr), *Dasyllirion acrotrichum* (A), *Gentiana spathacea* (Pr) y *Mammillaria rhodantha* subsp. *aureiceps* (A).

El sitio conocido ACT (Área de confinamiento temporal), se propone instalarlo cerca de una red de comunicación cercana al área de estudio (localidad o municipio). Los sitios idóneos para la reubicación son

en áreas y/o zonas que mantengan las mismas condiciones ambientales de donde fueron extraídos los ejemplares; por lo que estos sitios deben estar dentro del AI del proyecto y ostentar vegetación forestal. Para que lo planteado se lleve en tiempo y forma, la calendarización del programa esta adecuado a la duración del proyecto (48 meses) de la MIA-R, buscando con esto, cumplir con las medidas de prevención.

## **Bibliografía**

- Álvarez-Zúñiga, E., A. Sánchez-González y S. Valencia-Ávalos. 2010. Los encinos del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. 12 pp.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. and Stribling, J.B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wabeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bart, J., S. Droege, P. Geissle, B. Peterjoh y C. J. Ralph. 2004. Density estimation in wildlife surveys. *Wildlife Society Bulletin*, 32: 1242-1247.
- Begon, M. 1989. *Ecología animal: modelos de cuantificación de poblaciones*. Trillas, México.
- Bennet A. F. 1998. *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, RU, x + 254 pp.
- Bocco G., Mendoza M., Masera O. (2001): La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 44*. 2001, pp. 18-38.
- Bouchard, R.W. 2004. *Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. Identification manual for Students, Citizen Monitors and Aquatic Resource Professionals*. University of Minnesota. Pp. 203
- Burch, J.B. y Cruz-Reyes, A. 1987. Clave genérica para la identificación de Gastrópodos de agua dulce en México. Instituto de Biología. UNAM. México. Pp. 47
- Buckland S., Ron W Summers, David L. Borchers, y L. Thomas. 2006. Point transect sampling with traps or lures. *Journal of Applied Ecology*, 43:377-384.
- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.
- Camarillo-Rangel, J. L., y G. Casas-Andreu. 2001. Anfibios y reptiles del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología* 72:105-123.
- Ceballos, G., y G. Oliva (eds.). 2005. *Los Mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. México, Distrito Federal.
- Ceballos, E., J. Arroyo-Cabrales, y R. A. Medellín. 2005. Lista sistemática de las especies. Pp. 73-95 en: *Los Mamíferos silvestres de México* (Ceballos, G., y G. Oliva, eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. México, Distrito Federal.
- Cecilia, L. Jiménez-Sierra, R., Torres-Orozco B., Corcuera, P. 2010. Biodiversidad, Una alerta. *Epoca*. Universidad Autónoma Metropolitana. III-36.
- Cervantes, F., G. Matamoros & I. Martínez. 1995. Mamíferos silvestres de la unidad de evaluación y monitoreo de la biodiversidad "Ing. Luis Macías Arellano", San Cayetano, Estado de México. *Anales del Instituto de Biología UNAM, Serie Zoología*, 66:233-239.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. Programa de Conservación y Manejo. Parque Nacional El Chico, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 182
- Córdova, A. & J. Rogel. 1998. Usos de la fauna silvestre en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Tesis Ingeniero en Planeación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables. México. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. 74 pp.
- CONABIO-PNUD. 2009. México: Capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México.
- CONANP. 2006. Programa de Conservación y Manejo: Parque Nacional El Chico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 182 pp.
- CONANP. 2007. Estudio previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende re-categorizar el Parque Nacional Los Mármoles como Área de protección de Flora y Fauna. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 89 pp.
- Cortés, T. H. G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- Cynthia, A Designing Better maps, A guide for GIS users.2005, ESRI Press, United States Of America.
- Dourojeanni A. y JouravlevA. 2002. Foro: Agua para las Américas en el Siglo XXI. México.
- Eastman JR (2003) Idrisi Kilimanjaro. **Guide to GIS and image processing**. Clark University, USA. 328 pp.
- Eastman JR (2003) Idrisi Kilimanjaro. **Tutorial**. Clark University, USA. 270 pp.
- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 pp.
- Forman, R. y Alexander, L. ROADS AND THEIR MAJOR ECOLOGICAL EFFECTS. 1998 Harvard University Graduate School of Design, Massachusetts, USA.
- Gallina-Tessaro M.P., González Romero A., Moutal Fua R. C. y Tello Sandoval G.C. 1974. Bases para la reestructuración del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México. 114 pp.
- Hernández-Flores, S.D. y A. E. Rojas-Martínez. 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana. 26(3)563-583, Instituto de Ecología, A.C. México.
- Heathcote. I. W. 1998. Integrated Watershed Management: Principles and Practice. John Wiley & Sons, Inc. Canada. Pp. 407
- Hellawell, J.M. 1978. Biological surveillance of rivers. Water Research Center, Stevenage. Pp. 322
- Henry J.G. y Heinke G.W. 1999. Ingeniería ambiental. 2da. Ed. Prentice Hall, México. Pp. 778
- Huitzil-Mendoza, J.C. Herpetofauna en dos localidades en la región de Zimapan, Hidalgo. Tesis profesional en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 98 pp.

- INE-SEMARNAT. 2000. Áreas Naturales Protegidas de México con Decretos Federales (1899-2000). SEMARNAP, PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México. 395 pp.
- INEGI. 2012. Guía para la interpretación de Cartografía: Uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 132 pp.
- Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J. Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V.B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. Ie Maire, (Eds.). 2003. Fauna y tráfico: Manual europeo para identificar conflictos y diseñar soluciones. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Reserch. COST. Pp. 172
- Jiménez, M. SISTEMAS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, MANUAL DE AUTOAPRENDIZAJE CON ARCGIS 2ª EDICIÓN. 2008, Departamento de Geografía Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Kappelle, M. 2008. Biodiversidad de los bosques de roble (encino) de la América tropical. Primera edición. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica. 331 pp.
- Lazalde V. J.R., Aguirre S. C.A., Perz A. G. (2011): Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007 Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17(3), 313-324, 2011.
- Lianes, R. E. 2008. Estudio del factor vegetación "C" de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada "RUSLE" en la Cuenca del Río Birrís (Costa Rica). Tesis de Ingeniería. Universidad Politécnica de Madrid.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.
- Mancilla, M. 1988. Estudio preliminar de la avifauna en el transecto Zacualtipán-Zoquizoquipan-San Juan Metztlán en el este de Hidalgo, Mexico. Tesis de Licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México. 56 Pp.
- Martínez-Morales, M.A. 2004. Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noreste de Hodalgo, México. Huitzil 5:12-19.
- Martínez-Morales. M.A., Ortiz-Pulido, R., de la Barreda, B., Zuria, I.L. Bravo-Cadena, J. y Valencia-Herverth, J. 2007. Hidalgo. En: Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 49-95.
- Mateo R. J. M. 2007. La geoecología del paisaje como fundamento para el análisis ambiental. Revista Electrónica De Prodema, Fortaleza, V.1, No.1, Pp. 77 - 98
- Medina, J.M. y J. Rzedowsky. 1981. Guía botánico-forestal de la parte alta de la Sierra de Pachuca. En: Guías Botánicas de Excursiones en México. Sociedad Botánica de México, (IV):1-19.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis de ecología vegetal. BOLFOR. Bolivia. 92 pp.
- Navarro-Frías, J., N. Gonzales & S.T. Álvarez-Castañeda. 2007. Los mamíferos silvestres de Milpa Alta, Distrito Federal: lista actualizada y consideraciones para su conservación. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 23(3):103-124.

- Ortiz-Pulido, R. 2010. Avifauna de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 373-391.
- Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. y Menor Toribio, J. (2003): "Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje", *GeoFocus* (Artículos), nº 3, 2003, p. 22-44.
- Pérez M. J.E., Martín M.J, Seva R. (2000): Paisajes amenazados de la cuenca mediterránea. Aplicación del SIG en el análisis de la dinámica de usos del territorio (1956-1998) en la Vall de Gallinera (Alicante España), *MEDITERRÁNEA Época II. N.º 17 SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS UNIVERSIDAD DE ALICANTE*.
- Ramírez-Bautista, A., y X. Hernández-Ibarra. 2004. Sistemática e Historia Natural de algunos anfibios y reptiles de México. Proyecto W013 CONABIO. México, Df.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C.S. Berriozabal-Islas, I. Goyeneche Mayer Goyenechea y J. Castillo-Cerón. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 450 P.
- Rempel R., Elkie P. y Carr A. P. 1999. Patch Analyst User's Manual. A tool for quantifying landscape structure. CNFER, Ontario.
- Romero, F. 2005. *Lynx rufus*. Pp 362-364. In: Ceballos, G. & G. Oliva (Eds). Los mamíferos silvestres de México. Conabio. Fondo de Cultura Económica. México. 986 pp.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoser, D.C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural Research Service, Agricultural Handbook Number 703. USDA. EEUU. 335 pp.
- Reyes E.B.E. 2012. Muestreo de insectos acuáticos para determinar la calidad de los cuerpos acuíferos en la reserva ecológica el Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria.
- Rosete V., Pérez D., Bocco G. (2008): Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 67. 2008, pp. 39-58.*
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. Primera edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México.
- Salinas, E. 2001. Ordenamiento Ecológico Territorial Estado de Hidalgo, *Periódico Oficial del Estado, Tomo CXXXIV No. 14, 2 de Abril del 2001, 473 pp.*
- Servicio Geológico Mexicano. 2011. *Panorama Minero del Estado de Hidalgo*. Panorama Minero de los estados. 437 Pp.
- Troll C. 2003. *Ecología del paisaje*. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica, Número 68: 71-84*
- Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth y F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana. Instituto de Ecología, A.C. México. 24(2) pp. 115-123.*

- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 75:33-53.
- Velazquez A., Mas J. F. Diaz Gallegos., Mayorga Saucedo R., Alcantara P.C., Castro R., Fernandez T., Bocco G. Ezcurra E., Palacio J.L.(2002): Patrones y Tasas de Cambio de Uso del Suelo en México, *Gaceta Ecologica*, Numero 062 Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México, pp. 21-37.
- Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Vite, V.D. 2008. Lista anotada de los anfibios y Reptiles en la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. Tesis profesional en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 100 pp.
- Vitt, L.J., y J.P. Caldwell. 2014. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*, cuarta edición. Academic Press, San Diego. 630 pp.
- Zavala Chávez F. 1995. Encinos Hidalguenses. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 133 p.
- Zavala, C. F. 2007. Guía de los encinos de La Sierra de Tepoztlán, México. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera edición. México. 86 pp.